



2004-06-30

INFORMACJA O PRODUKTACH

Zastrzegamy sobie prawo do błędów w druku oraz w internecie
i prawo do wprowadzania zmian bez wcześniejszego informowania

Nieco teorii z katalogu ELFA

© ELFA AB 2004

Nieco teorii z katalogu ELFA

Spis treści:

Bezpieczniki	3	Transformatory	75
Wylaczniki różnicowo-pradowe	4	Ogniwa, baterie, akumulatory	77
Swiatlo / Zarówki	5	Ogniwa i panele sloneczne	82
Przelaczniki, przekazniki itp.	9	Zasilacze sieciowe	83
Czujniki	12	Technika komputerowa	85
Dmuchawy	14	Transmisja danych	92
Odprowadzanie ciepła	15	Pomiary i sterowanie	94
Pneumatyka	16	Przyrzady pomiarowe	98
Zlacza	18	Mierniki czynników srodowiskowych	105
Wykonawstwo obwodów drukowanych	21	Anteny	109
Obudowy	23	Radiokomunikacja	112
Obudowy typoszeregu 19"	26	Narzedzia warsztatowe	114
Przewody i kable	27	Wyladowanie elektrostatyczne	115
Swiatlowody	34	Wkretaki	116
Elementy indukcyjnje	35	Szczypce i cegi	117
Rezystory	41	Produkty chemiczne	118
Potencjometry	47	Kleje i preparaty ustalajace	119
Kondensatory	49	Lutowanie	120
Diody	55	Owijanie	124
Tranzystory / Tyrystory	57	Zestawy do samodzielnego montazu	125
Elementy optoelektroniczne	60	Tworzywa sztuczne	126
Uklady scalone analogowe	62	Jednostki SI	130
Przetworniki A/D i D/A	64	Jednostki miary	131
Uklady scalone logiczne	66	8-bitowe kody ASCII dla PC	132
Mikroprocesory / Komputery jednoukladowe	70	Promieniowanie elektromagnetyczne	133
Uklady scalone pamieciowe	72	Tabela konwersji cale -mm	134
Lampy elektronowe	74		

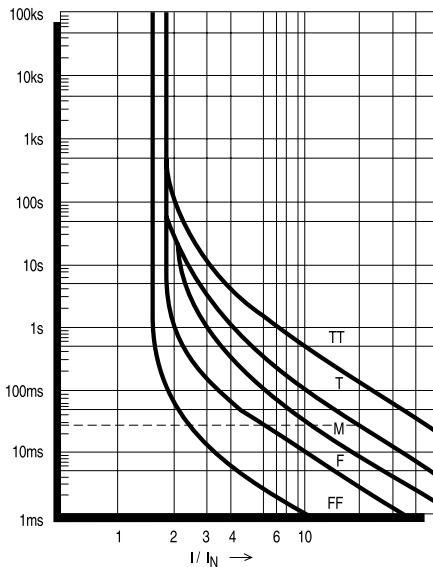
Definicje parametrów

Napięcie znamionowe - to największe trwałe napięcie, oraz jego charakter (zmienne lub stałe), przy którym można stosować dany bezpiecznik.

Prąd znamionowy - to wartość prądu roboczego, do której przystosowany jest dany bezpiecznik. Jest on nieco mniejszy od prądu, jaki może trwale płynąć bez zadziałania bezpiecznika. Różnice między tymi wartościami są zróżnicowane, zależnie od standardu (Np. CSA, IEC, Miti, UL)

Charakterystyka wyłączenia opisuje zależność między szybkością wyłączenia a wartością prądu. Są tu dwie podstawowe grupy: bezpieczniki szybkie i zwłoczne. Wersję szybką stosuje się w szczególnych przypadkach, gdy prąd trzeba przerwać jak najszybciej - np. na wejściu przyrządów pomiarowych. Są one czasem niezbędne ze względów bezpieczeństwa. Bezpieczniki zwłoczne potrzebne są w przypadkach, gdy odbiornik pobiera wysoki prąd w chwili rozruchu, np. silnik przy włączaniu. Zwiększony prąd przy załączaniu pobierają też transformatory, zwłaszcza toroidalne.

Charakterystyki bezpieczników są znormalizowane. W standardzie IEC wyróżnia się typ FF (bardzo szybki), F (szybki), M (dość szybki), T (opóźniony), i TT (zwłoczny). W standardzie UL są np. T-D (opóźniony) i D (zwłoczny). Wśród bezpieczników automatycznych wyróżnia się B (szybki), C (opóźniony) i D (zwłoczny).



Časy zadziałania bezpieczników. I/In jest stosunkiem przepływającego prądu do nominalnego prądu bezpiecznika.

Zdolność łączenia - to najwyższy prąd, jaki dany bezpiecznik może przerwać przy danym napięciu, bez ryzyka wystąpienia przebicia lub stopienia obudowy. Specyfikacja zdolności łączeniowej może obejmować np. wartość prądu przerywania, wartość napięcia roboczego i jego rodzaj (zmienne lub stałe). Zdolność łączeniowa musi być dobrana biorąc pod uwagę warunki ekstremalne. Np. przy zwarciach należy się liczyć z całym prądem jaki może dać źródło.

Wykonanie

Bezpieczniki topikowe występują w wielu wariantach.

Najczęściej spotykane to bezpieczniki w rurkach szklanych i bezpieczniki ceramiczne. W sprzęcie europejskim mają one zwykle wymiary 5x20 mm, a amerykańskim 6,3x32 mm.

Bezpieczniki ceramiczne mają większą zdolność łączeniową.

Istnieje również wiele wersji bezpieczników specjalnych o innych wymiarach i właściwościach.

W niektórych przyrządach, w celu zabezpieczenia układów wejściowych przed przeciążeniem, stosuje się bezpieczniki subminiaturowe. Produkowane są one albo w wersji do wkładania w oprawkę, albo do lutowania - zarówno do montażu tradycyjnego (przewlekane), jak i powierzchniowego.

Bezpieczniki samochodowe są produkowane w dwóch wersjach, jako ceramiczne o wymiarach 6 x 25 mm i z topliwą taśmą metalową w plastikowej obudowie lub bez niej. Bezpieczniki w plastikowej obudowie używane są w nowszych modelach samochodów. Ich zaletą jest dobry kontakt styków oraz zabezpieczenie przed korozją, która powodowała uszkodzenia bezpieczników starszych typów już po kilku latach używania.

Bezpieczniki automatyczne można kasować po zadziałaniu (resetować), dlatego nie muszą być wymieniane. Dla większości zastosowań bezpieczniki muszą być tak skonstruowane, aby kasowanie ich zadziałania nie było możliwe tak długo, jak długo przeciążony jest bezpiecznik. Kasowanie odbywa się ręcznie.

Automatyczne bezpieczniki termiczne konstruuje się tak, aby miały długą żywotność. Produkuje się je o wielu charakterystykach zadziałania. Niektóre bezpieczniki są w ten sposób skonstruowane, że mają szybkie zadziałanie elektromagnetyczne dla prądów, które w znacznym stopniu przekraczają prąd nominalny bezpiecznika. Typy bez tego szybkiego zadziałania są zazwyczaj zwłoczne i dlatego nadają się do stosowania tam, gdzie mamy do czynienia z wysokimi prądami przy załączaniu.

Bezpiecznik termiczny ze względu na swoją zasadę pracy podlega wpływowi temperatury otoczenia. Dlatego nominalna wartość prądu automatycznego zadziałania podawana jest zazwyczaj przy +20 °C. Producent ETA podaje dla swoich bezpieczników następujące współczynniki dla różnych temperatur (wartość nominalna bezpiecznika = prąd zadziałania x współczynnik):

Temp. otoczenia (°C)	-20	0	20	30	40	50	60	70
Współczynnik	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,45	1,65

Wykonane w technologii polimerowej bezpieczniki wielokrotnego użytku. W większości zastosowań niskonapięciowych zastępują zwykłe szklano-rurkowe bezpieczniki. Po zadziałaniu, spowodowanym przeciążeniem prądowym lub przekroczeniem temperatury progowej, po wystygnięciu wracają do wartości niskoomowych. Technika ta jest również używana do ochrony przepięciowej.

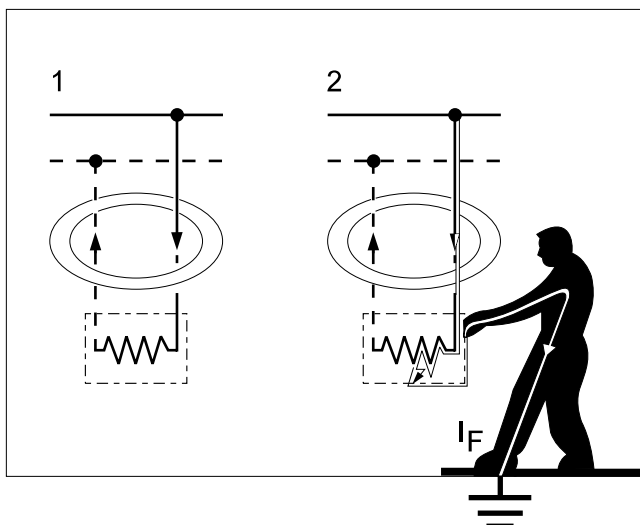
Bezpieczniki polimerowe produkowane są w kilku rodzajach: do montażu przewlekane, powierzchniowe, jest też typ foliowy, przeznaczony do pakietów baterii. Używane są do zabezpieczeń silników, transformatorów, prostowników sieciowych, pakietów baterii, głośników, alarmów, telefonów, przyrządów pomiarowych itp.

Bezpieczniki termiczne reagują na temperaturę otoczenia i przerywają obwód, gdy temperatura przekroczy pewną granicę. Dzięki temu są przydatne do zabezpieczania większości urządzeń elektrycznych lub elektronicznych przed ich przegrzaniem. Są to bezpieczniki topikowe lub z mechanizmem termicznym powracającym samoczynnie do stanu początkowego po ostygnięciu.

Wyłączniki ochronne różnicowo-prądowe

Prądy upływnościowe

Prądy upływnościowe są to prądy, które w wyniku uszkodzenia izolacji w urządzeniach elektrycznych płyną do punktu zerowego układu poprzez przewód zerowy, albo bezpośrednio do ziemi.



I_F = prąd upływnościowy (uszkodzeniowy)

1. Obwód prądowy przed uszkodzeniem.
2. Falszywy obwód prądowy (urządzenie wadliwe)

Ludzie i zwierzęta przy zetknięciu się z wadliwymi, lub znajdującymi się pod napięciem elementami w których płynie prąd elektryczny są narażeni na niebezpieczeństwo najwyższego stopnia.

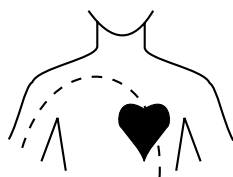
Prądy upływnościowe w formie prądów pełzających, płynących do ziemi przez np. wilgotne części mogą spowodować niebezpieczeństwo pożaru, lub też zniszczenie materiału izolacyjnego.

80 mA



Przy przepływie prądu w czasie dłuższym niż 0,5–1 sek. następuje natychmiastowa śmierć.

30 mA



Nieregularna praca serca i podwyższone ciśnienie krwi.

15 mA



Skurcz mięśni - ręka, która trzyma przewód przewodzący prąd, nie może się otworzyć.

0,5 mA

Brak reakcji.

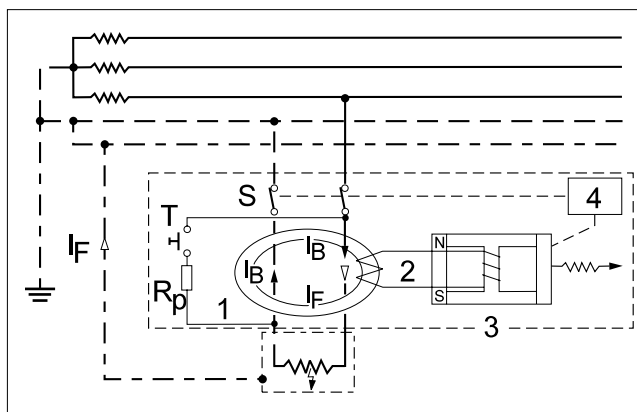
Tak reaguje człowiek na prąd.

Zasada działania wyłącznika różnicowo-prądowego

Działanie wyłączników różnicowych opiera się na prawie Kirchhoffa, według którego suma wpływających prądów do węzła jest równa sumie prądów wypływających z niego. W wyłączniku różnicowym mierzy się te prądy i porównuje ze sobą. O ile sumy prądów nie są równe, tzn. o ile powstał gdzieś prąd upływnościowy, to mechanizm wyłączający przerwie zasilanie wadliwej części układu. Dzieje się to bardzo szybko, zanim nastąpi porażenie ludzi, lub zwierząt i to już przy małych prądach upływnościowych.

Konstrukcja wyłącznika różnicowo-prądowego

Najważniejszymi częściami składowymi wyłącznika różnicowego są: transformator sumujący prądy, wyłącznik elektromagnetyczny i układ styków. Zarówno przewody fazowe, jak i przewód zerowy po stronie wejściowej obiektu chronionego, przechodzą przez transformator sumujący. (1). Patrz rysunek.



Zasada działania wyłącznika różnicowo-prądowego.

Każdy z prądów płynąc swoim przewodem indukuje strumień magnetyczny Φ w transformatorze sumującym. W prawidłowo działającym urządzeniu prąd wpływający i wypływający są tej samej wielkości, dzięki temu w transformatorze następuje zrównoważenie pól magnetycznych.

Jeśli prądy w przewodach będą różnej wielkości, to w transformatorze sumującym powstanie strumień magnetyczny $(\Phi_B + \Phi_F) - \Phi_B = \Phi_F$, spowodowany przepływem prądów $I_B + I_F$ w przewodzie fazowym i odpowiednio I_B w przewodzie zerowym.

Strumień magnetyczny indukuje napięcie we wtórnym uzwojeniu (2), które wywołuje przepływ prądu przez uzwojenie wyłącznika elektromagnetycznego (3).

Ten prąd osłabia pole magnetyczne w wyłączniku elektromagnetycznym na tyle, że kotwica wyłącznika zwalnia i przez mechanizm wyłączający (4) rozwiera główne styki.

Na rysunku widoczny jest przycisk kontrolny (T), który poprzez rezystor (R_p) symuluje prąd uszkodzenia. W ten sposób można sprawdzić w każdej chwili działanie wyłącznika różnicowego.

Światło

Światło i teoria źródeł światła

Elektryczne źródła światła przetwarzają prąd elektryczny na promieniowanie. Bardzo ważne są zależności pomiędzy sprawnością (wydajnością) źródła światła, żywotnością i mocą elektryczną.

Znakowanie źródeł światła

Podobnie jak inne wyroby techniczne źródła światła są oznakowane najistotniejszymi parametrami. Użytkownik może wybrać właściwy typ żarówki na właściwe napięcie odpowiednio do zamierzonego zastosowania. **Lampy żarowe:** napięcie (V - volty), moc (W - waty) albo, dla małych żarówek, prąd (mA - miliampery). **Świetłówki** i inne lampy typu **wyładowczego:** tylko napięcie i moc.

Zależność między powyższymi wielkościami wynika z poniższych zasad.

$$U = R \times I \quad \text{i wzór na moc} \quad P = U \times I$$

gdzie U – napięcie (V), I – natężenie prądu, prąd (A), R – rezystancja (Ω), P – moc (W)

W przypadku obwodów prądu zmiennego, które nie mają czysto rezystancyjnego obciążenia, np. opraw świetlówek, lub silników elektrycznych, należy dodatkowo wziąć pod uwagę jeszcze jeden parametr – współczynnik mocy $\cos\phi$. Wynika on z przesunięcia fazy, które powstaje pomiędzy napięciem i prądem w takim obwodzie. Zależność jest wówczas następująca:

$$P = U \times I \times \cos\phi$$

Wielkości i jednostki techniczne światła

Podstawowe wielkości i jednostki, jeśli chodzi o światło i technikę oświetleniową to:

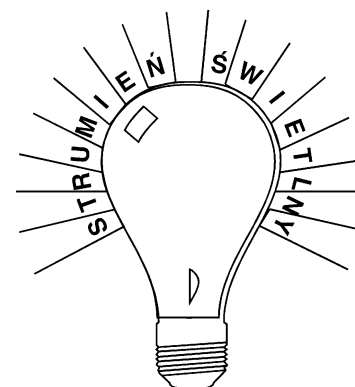
Niektóre wielkości i jednostki techniczne światła.

Wielkość	Symbol	Jednostka
Strumień świetlny	Φ	lm (lumen)
Natężenie światła (światłość)	I	cd (candela)
Natężenie oświetlenia	E	lx (lux)
Luminancja	L	cd/m ²
Sprawność źródła światła	η	lm/W

Wielkości te wykorzystuje się przy opisywaniu opraw i źródeł światła, rozkładzie oświetlenia, skuteczności oświetlenia itd. Ważne jest by przy obliczaniu urządzeń oświetleniowych, a także pomiarach wyniki podawane były zawsze w tych jednostkach.

Strumień świetlny (Φ) – lm

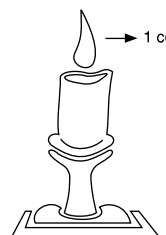
Podaje się w lumenach (lm); jest to całkowite światło, które zostaje wypromieniowane ze źródła światła. Strumień świetlny nie jest jednak jednorodny we wszystkich kierunkach.



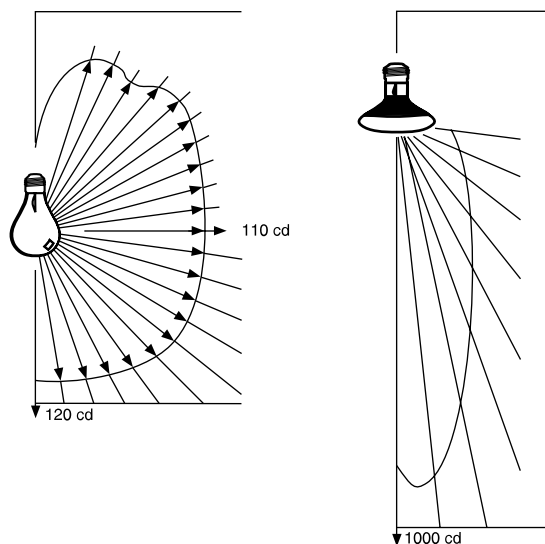
Strumień świetlny jest to całkowite światło wypromieniowane z jego źródła.

Natężenie światła (światłość) (I) – cd

Podaje się w kandelach (cd); jest to światło z jednego źródła światła wysyłane w określonym kierunku.



Dla porównania: 1 kandela jest to natężenie odpowiadające w przybliżeniu światłu wysyланemu przez świecę stearynową o średnicy 25 mm.



Lampa żarowa nie daje takiego samego natężenia światła we wszystkich kierunkach. Standardowa żarówka o mocy 100 W i czasie życia 1000 godzin daje natężenie światła ok. 120 cd wzdłuż swojej osi i ok. 110 cd prostopadle do niej.

Lampa z reflektorem o mocy 100 W i kącie promieniowania 35 stopni daje dzięki odbiciu, prawie całego światła w jednym kierunku, natężenie ok. 1000 cd w kierunku osi lampy.

Natężenie oświetlenia (E) – lx

– podaje się w luksach (lx); jest miarą strumienia świetlnego, który pada na określoną powierzchnię.

Natężenie oświetlenia jest stosunkiem całkowitego strumienia świetlnego F do powierzchni A, na którą pada światło.

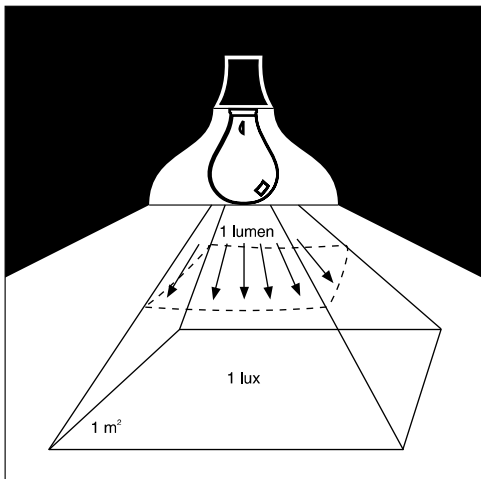
$$E = \Phi/A$$

Przykład: jeżeli powierzchnia A o wielkości 1 m × 1 m (=1 m²)

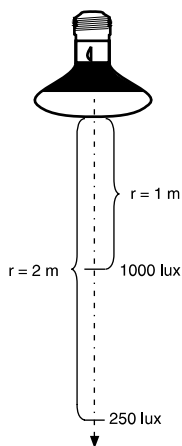
oświetlona jest równomiernie strumieniem świetlnym o wartości 1 lm, to natężenie oświetlenia wynosi :

$$E = \Phi/A = 1 \text{ lm} / 1 \text{ m}^2 = 1 \text{ lx}$$

Powyższy wzór obowiązuje właściwie tylko wtedy, kiedy mamy równomierny strumień świetlny na całej powierzchni. W rzeczywistości zdarza się to bardzo rzadko i dlatego stosuje się na ogół średnią wartość natężenia oświetlenia.



Ilustracja natężenia oświetlenia E.



Natężenie oświetlenia zależy od odległości.

Natężenie oświetlenia zależy od odległości do źródła światła i zmniejsza się ze wzrostem odległości wg określonej zależności. Ponieważ $E = \Phi/A$ och $I = \Phi/\omega$ a $A = \omega \times r^2$ (r jest odległością) to otrzymamy

$$E = I / r^2$$

gdzie E jest natężeniem oświetlenia w lx, I to światłość w cd a r jest odległością w m.

Możemy więc obliczyć natężenie światła w określonym punkcie jeżeli wiemy jaką światłość wysyła źródło w kierunku tego punktu.

Przykład: natężenie oświetlenia przy światłości 1000 kandelii wyniesie:

w odległości 1 m: $E = I / r^2 = 1000/1^2 \text{ lx} = 1000 \text{ lx}$

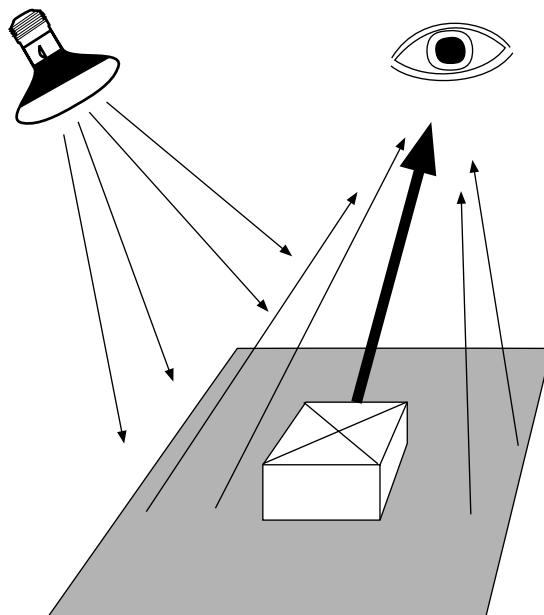
w odległości 2 m: $E = I / r^2 = 1000/2^2 \text{ lx} = 250 \text{ lx}$.

Ta zależność jest m.in. podstawą do obliczania zestawów wielkich reflektorów, urządzeń oświetleniowych zamocowanych na dużych wysokościach, zestawów oświetleń punktowych, itp.

Luminacja (L) – cd/m²

Podaje się w kandelach na m² (cd/m²), lub na cm² (cd/cm²); jest to miara wrażenia wzrokowego, które odbiera oko ze świecącej powierzchni. Luminację określa się jako natężenie światła w odniesieniu do powierzchni świecącej, prostopadłej do kierunku widzenia. Innymi słowy - do natężenia światła odbieranego przez oko patrzące na tę świecąca powierzchnię.

Luminacja powierzchni odbijającej jest zależna od światła padającego i **współczynnika odbicia powierzchni** w kierunku widzenia.



Luminacja to miara wrażenia wzrokowego, które odbiera oko ze świecącej powierzchni.

Określenie to jest bardzo ważne np. w związku z urządzeniami do oświetlenia ulicznego. Czarna nawierzchnia jezdni ma bardzo zły współczynnik odbicia i w związku z tym niską luminację, w przeciwieństwie do jasnej nawierzchni jezdni, która jest dużo lepiej widoczna, dzięki wyższej luminacji. Dobre właściwości odbijające pozwalają na stosowanie mniejszych instalacji oświetleniowych.

Definicja luminacji jest też ważnym czynnikiem przy zagadnieniach oślepienia. Jeśli w polu widzenia istnieją duże różnice luminacji, to może to powodować oślepienie.

Patrząc na reflektor w nocy można ulec oślepieniu, czego nie odczuwamy w słoneczny dzień. Reflektor ma zarówno w nocy jak i w dzień te samą luminację. Jednakże w nocy luminacja otoczenia jest bardzo niska, dlatego **kontrast** będzie duży i **oślepienie** wysokie. W ciągu dnia luminacja otoczenia może być mniej więcej tej samej wielkości jak reflektora, dlatego kontrast będzie mały i zjawisko oślepienia nie wystąpi.

Sprawność źródła światła (η) – lm/W

To jednostka skuteczności źródła światła; sprawność źródła światła podaje informację, jak duża część mocy elektrycznej pobranej przez źródło światła przetwarzana jest na strumień świetlny.

$$\eta = \Phi/P$$

Im większa jest ta wartość, tym bardziej sprawne jest źródło światła. W związku z tą zależnością musimy jednak wziąć pod uwagę żywotność źródła światła.

Porównanie właściwości różnych źródeł światła.

Typ	Moc	Strumień świetlny lm	Sprawność źródła światła lm/W	Żywotność godz. h
Zarówka	60 W	730	12,1	1000
	100 W	1380	13,8	1000
Żarówka halogenowa niskonapięciowa	20 W	350	17,5	2000
Świetlówki kompaktowe	11 W	600	54,5	8000
Świetlówka	36 W	3450	95,8	12000
Lampa rtęciowa	80 W	4000	50	15000

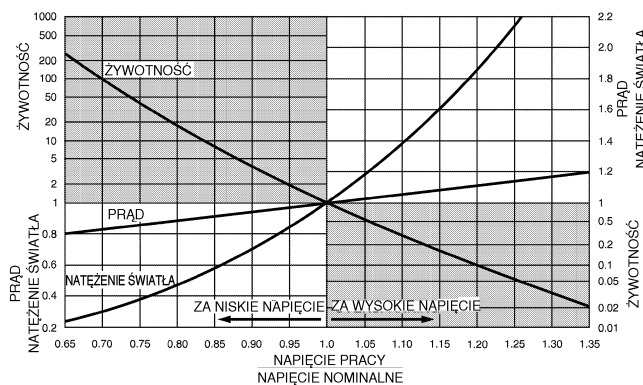
Źródła światła

Żarówki produkowane są z trzonkami wg normy międzynarodowej. Żarówki z gwintem określa się np. E5,5, E6, E10, E14 i E27, gdzie cyfry oznaczają zewnętrzną średnicę gwintu w milimetrach. Żarówki z trzonkiem bagnetowym oznacza się np. BA7, BA9s, BA15s itd. Istnieją również żarówki miniaturowe z cokołem wtykowym stosowane w telefonii, jak również żarówki z wyprowadzeniami drutowymi, montowane w podstawie lub lutowane. Istnieją również żarówki miniaturowe w postaci szklanych rurek i innych rozmaitych wykonaniach.

Zasada działania żarówki polega jak wiadomo na tym, że jej żarnik - przez który przepływa prąd elektryczny - rozgrzewa się do tak wysokiej temperatury, że generuje promieniowanie widzialne, czyli światło. Materiałem stosowanym na żarniki jest wolfram, który ma temperaturę topnienia 3655 K. W zwykłej żarówce żarnik ma temperaturę pomiędzy 1800 a 2500 K. Wyższa temperatura daje jaśniejsze światło, ale jednocześnie skraca czas życia żarówki.

Niektóre zastosowania wymagają lamp o jaśniejszym, tzn. bardziej białym świetle np. przy oświetlaniu dla celów fotografii i filmu. Do tego celu używa się żarówek, których temperatura żarnika zawiera się między 2500 a 2900 K, dlatego też są wypełnione gazem.

Żarówka zużywa do 12 razy więcej prądu w momencie włączania, niż podczas świecenia, tzn. gdy jest już dostatecznie rozgrzana. Czas zadziałania (zaświecenia) jest najkrótszy dla żarówek niskoprądowych. Dla żarówki 0,1 A po 20 ms prąd spada do ok. dwukrotnej wartości nominalnej. Pobór prądu załączania można zmniejszyć stosując podgrzewanie wstępne prądem o wartości nie wywołującej świecenia żarówki.



Pobór prądu przez żarówkę, natężenie światła i żywotność w funkcji napięcia.

Jeśli napięcie pracy żarówki różni się od nominalnego, to zmieniają się też jej właściwości. Z wykresu wynika, że żywotność maleje do 0,05% wartości nominalnej przy przekroczeniu napięcia o 25%, przy czym sprawność źródła światła wzrasta do 2,1 wartości nominalnej. Zwiększa się też temperatura barwy (bielsze światło). W specjalnych zastosowaniach może to być korzystne, w innych - np. w żarówkach wskaźnikowych, do urządzeń, gdzie ważna jest niezawodność - są powody by zmniejszyć napięcie. Tam jednak właściwsze może się okazać zastosowanie diod świecących jako wskaźników.

Poza wartością napięcia, na żywotność żarówki wpływa rodzaj napięcia zasilającego, tzn. stałe czy zmienne. Zasilanie napięciem stałym skraca czas życia żarówki o połowę. Urazy i wibracje także skracają żywotność, co jednak w mniejszym stopniu dotyczy żarówek niskonapięciowych. Podwyższona temperatura otoczenia również skraca czas życia żarówek.

Żarówki halogenowe mają żarnik taki jak w zwykłych żarówkach, ale tu zachodzi ciągły proces chemiczny między wolframem i halogenem. Związek wolframu z halogenem ma postać gazową i jest przezroczysty. W wyniku cyrkulacji ciepła gaz osiada na żarniku, a nie na szklanej obudowie. To powoduje, że strumień świetlny jest stały w czasie całego życia lampy halogenowej.

Sprawność źródła światła jest lepsza niż w zwykłych żarówkach i temperatura barwy światła jest wyższa - ok. 3000 K, co jest korzystne przy oświetleniu dla filmu i fotografii, w projektorach do przezroczcy, oświetlania dzieł sztuki itd. Inną zaletą jest to, że żarówka halogenowa posiada dłuższy czas życia niż zwykła.

Świetlówka ma bardzo wysoką sprawność. Najczęściej jest to 100 lm/W, lub więcej. Dla porównania żarówka halogenowa daje ok. 12-25 lm/W, a zwykła żarówka wolframowa do 18 lm/W przy 2500 - 2900 K, lub też 1-8 lm/W przy 1800 - 2500 K. Czas życia jest ok. sześciu razy dłuższy niż żarówki. Świetlówki produkują się o temperaturze barwy światła między 2900 a 6300 K, oraz dla promieniowania ultrafioletowego.

Świetlówka musi być połączona szeregowo ze statecznikiem, który ogranicza prąd. Statecznik ma również inne zadanie, a mianowicie ma zapewnić dostatecznie wysokie napięcie zapłonu. Dzięki zapłonnikowi neonowemu, przez statecznik - podobnie jak przez oba żarniki lampy - przepływa prąd elektryczny. W chwili przzerwania prądu, nagromadzona energia powoduje powstanie impulsu napięciowego i w ten sposób świetlówka się zapala. Wielkość statecznika musi być dopasowana do mocy lampy. Świetlówki zazwyczaj są produkowane na napięcie 220 V. Dla różnych napięć stosuje się różne stateczniki.

Świetlówka kompaktowa posiada specjalne trzonki, lub ze zwykłym gwintem E27. W tym ostatnim wypadku świetlówka zawiera zawsze układ zapłonowy, tzn. statecznik i zapłonnik.

Świetlówki mają kąt przesunięcia fazy $\cos\phi = 0,4 - 0,5$. Dlatego w instalacjach stałych współczynnik mocy powinien być kompensowany kondensatorem do ok. $\cos\phi = 0,9$.

Lampki LED w oprawkach żarówkowych. Materiał półprzewodnikowy może emitować światło. W chwili gdy elektron w materiale półprzewodnikowym rekombinuje się z dziurą - wyzwala energię. W zwykłych półprzewodnikach krzemowych zamienia się ona na ciepło, ale poprzez zastosowanie innych materiałów półprzewodnikowych i domieszek można otrzymać światło widzialne w różnych kolorach, lub promieniowanie podczerwone. Barwę czerwoną, pomarańczową i żółtą można otrzymać z fosorku arsenku galu (GaAsP),

podczas gdy fosforek galowy (GaP) daje światło zielone i niebieskie. W praktyce światło niebieskie stosowane jest bardzo rzadko ze względu na bardzo niską sprawność, a poza tym oko ludzkie jest mniej czułe na kolor niebieski, w przeciwieństwie do koloru np. pomarańczowego.

Lampki z diodami są zwykle przystosowane do pewnego określonego napięcia zasilania. Istnieją lampki zawierające tylko jedną diodę świecącą o spadku napięcia 2V. Takie lampki muszą być wyposażone w rezystor szeregowy wyliczony według wzoru:

$$\text{Rezystor dodatkowy (k}\Omega\text{)} = \frac{\text{Napięcie zasilania (V)} - \text{Spadek napięcia (V)}}{\text{Prąd (mA)}}$$

Załóżmy, że chcemy zasilić diodę prądem 10 mA z napięcia zasilania 5V. Z wzoru wynika, że taki rezystor będzie miał wartość $(5-2) / 10 = 0,3 \text{ k}\Omega$.

Przy pomocy tego rezystora chronimy diodę świecącą przed nadmierną wartością prądu. Musimy jednak również odpowiednio spolaryzować diodę. Dioda z odwróconą polaryzacją nie świeci, a poza tym zostanie natychmiast zniszczona, jeżeli napięcie będzie wynosiło ok. 5V lub więcej.

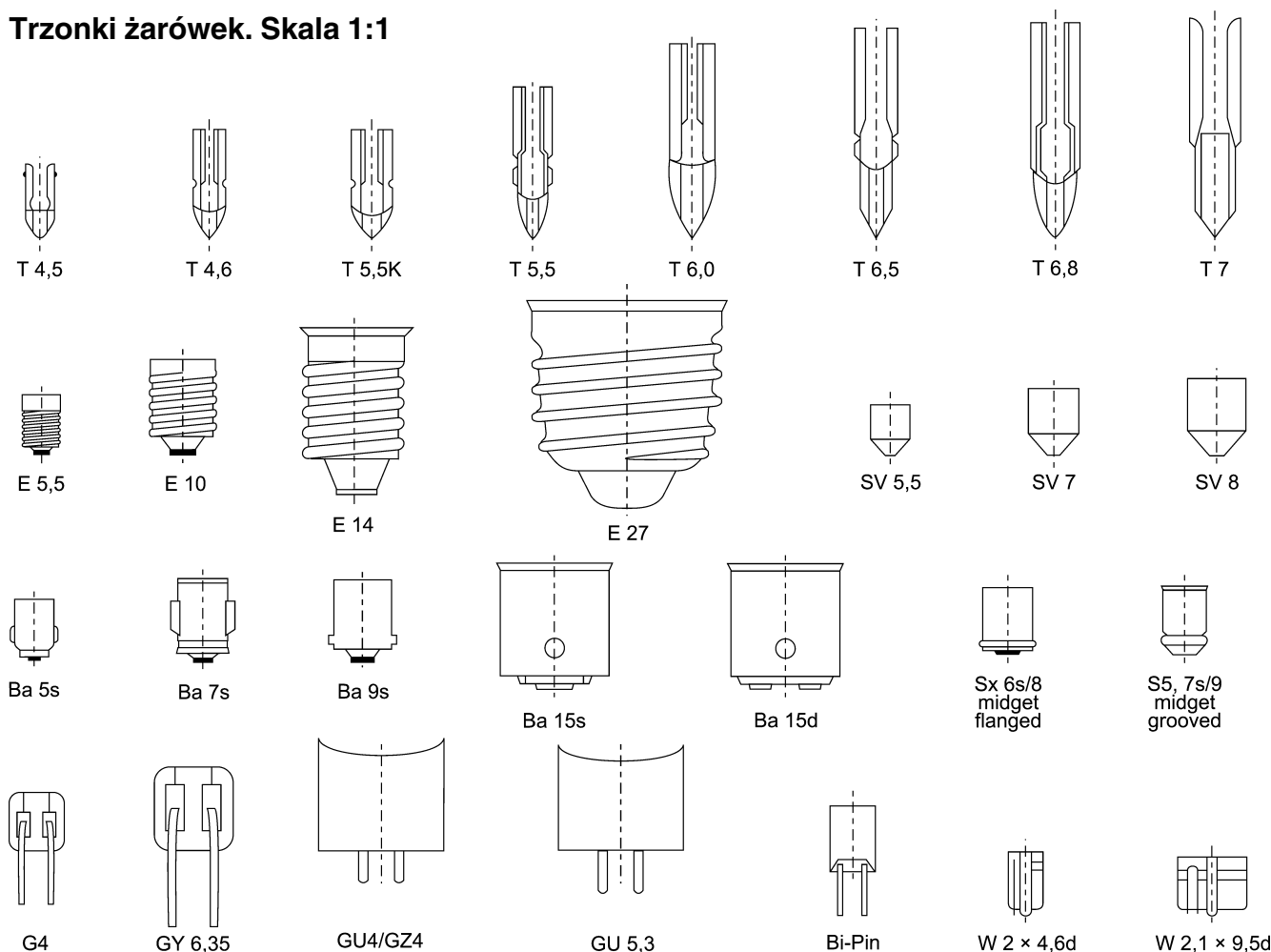
Neonówki. Składają się z dwóch elektrod i obudowy wypełnionej gazem szlachetnym. Kiedy przyłożone napięcie przekroczy pewną wartość, to w wyniku jonizacji gaz zaczyna przewodzić. Również w tym wypadku należy włączyć rezystor szeregowy, aby ograniczyć prąd. Napięcie na samej neonówce będzie wówczas stałe. Wartość napięcia zależy od ciśnienia gazu. Zwykle to napięcie świecenia zawiera się pomiędzy 60 i 150 V. Napięcie zapłonu jest jednakże wyższe. Napięcie zasilania musi być co najmniej równe napięciu zapłonu. Rezystor szeregowy powinien spełniać następujące warunki:

$$\text{Rezystor dodatkowy (k}\Omega\text{)} = \frac{\text{Napięcie zasilania(V)} - \text{Napięcie świecenia(V)}}{\text{Prąd (mA)}}$$

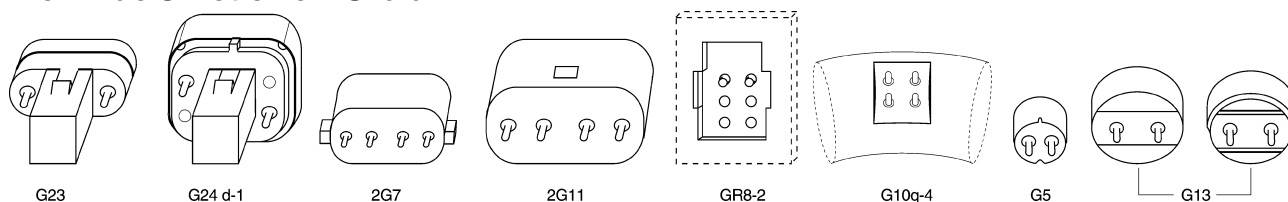
Neonówka dzięki swojej zasadzie działania stosowana jest często jako stabilizator. Stabilizatory neonowe działają w podobny sposób; od lampy neonowej różnią się tylko konstrukcją mechaniczną oraz tym, że napięcie świecenia stabilizatora jest dokładnie określone.

Istnieją również neonówki z wbudowanym rezystorem szeregowym. Wówczas producent podaje napięcie zasilania, a nie świecenia.

Trzonki żarówek. Skala 1:1



Trzonki do świetlówek. Skala 1:2



Przełączniki, przekaźniki itp.

Elementy łączeniowe, albo łączniki, to ogólna nazwa urządzeń służących do łączenia, odłączania lub przełączania obwodów prądu elektrycznego, uruchamianych ręcznie lub zdalnie.

Konstrukcja łącznika, czyli materiały izolacyjne, z których jest zbudowany oraz przerwa międzystykowa jest zależna od napięcia pracy urządzenia. Ważna jest wysokość natężenia prądu. Należy zwrócić uwagę na fakt, że w momencie włączania urządzeń występują duże udary prądowe przy wielu obciążeniach.

Zdolność do przewodzenia prądu (wytrzymałość prądowa) zależy od kształtu powierzchni styków, rodzaju materiału oraz siły dociskającej współpracujące styki. Należy zwrócić uwagę na to, że wytrzymałość prądowa jest różna dla prądu stałego i zmiennego. Ma to bezpośredni związek z możliwością gaszenia łuku powstającego podczas przerywania prądu. Aby zgasić łuk należy rozsunąć styki na odpowiednią odległość, lub zmniejszyć odpowiednio wartość prądu. W przypadku prądu zmiennego natężenie prądu zmniejsza się okresowo do zera, co ułatwia gaszenie łuku.

Prąd przemienny nie powoduje przemieszczania się materiału z jednego styku na drugi. W przypadku prądu stałego niektórzy producenci zaznaczają biegunowość styków. Wtedy jeden styk jest posrebrzony, a drugi wykonany z litego srebra. Polaryzacja ustalona jest w ten sposób, aby materiał wędrował z kontaktu zrobionego z litego srebra do posrebrzanego.

Na materiał izolacyjny przełącznika powinno się zwracać szczególną uwagę gdy ma być on zastosowany w obwodach wysokiej częstotliwości. Wynika to ze strat w materiałach izolacyjnych, które rosną z częstotliwością. Urządzenia stosowane w obwodach prądu wielkiej częstotliwości wymagają używania materiałów ceramicznych lub PTFE. Dla bardzo wysokich częstotliwości, powinny być również odpowiednio kształtowane drogi przewodzenia prądu, a także muszą być dopasowywane i dostrajane impedancje obwodów, aby straty i odbicia sygnałów były jak najmniejsze.

Ze względu na konstrukcję mechaniczną rozróżniamy następujące typy przełączników:

Przełączniki przechylne (dźwigienkowe) wymagają zwykle znacznej siły do przełączania oraz odznaczają się dużym skokiem, ale za to położenia i szybkość przełączania są jednoznacznie określone.

Przełączniki suwakowe nie mają równie jednoznacznych położenia. Używa się ich w obwodach niskonapięciowych i niskoprądowych, np. jako miniaturowe przełączniki w obudowach DIL.

Mikroprzełączniki są idealnym rozwiązaniem w sytuacjach gdy wymagana jest mała siła przełączenia przy niewielkim skoku. Dzięki oryginalnej konstrukcji, droga przemieszczenia styków jest wielokrotnie większa niż odcinek przebyty przez dźwignię wywołującą ten ruch. Istota konstrukcji polega na za-stosowaniu płytki sprężystej dołączonej do styku ruchomego, która może przyjmować tylko dwa położenia skrajne, przemieszczając wraz ze sobą styk. Każde położenie pośrednie jest niestabilne. Dzięki temu uzyskuje się dokładne i jednoznaczne położenia robocze styku, a przy tym czas przełączenia jest bardzo krótki.

Kontaktrony są hermetycznymi przełącznikami czułymi na pole magnetyczne. W rurce szklanej zatopione są styki wykonane z materiału magnetycznego, które pod wpływem przykładanego zewnętrznego pola magnetycznego zwierają się lub rozwierają. Kontaktrony występują jako samodzielne elementy lub w formie przekaźników kontaktronowych.

Przy stosowaniu kontaktronów należy zwrócić uwagę na następujące sytuacje:

- Skracanie lub zaginanie wyprowadzeń kontaktronu powoduje zmniejszenie jego czułości.
- Zaginanie i przeginanie wyprowadzeń może spowodować pęknięcie lub wykruszenie rurki szklanej, w której zatopione są wyprowadzenia. Przy tego typu manipulacjach należy zachować szczególną ostrożność i umieszczać szczypce od strony szkła, tego problemu nie ma w kontaktronach z płaską obudową i płaskimi wyprowadzeniami.

Opis funkcji

SP (Single Pole) = jednobiegunowy. **DP** (Double Pole) = 2-biegunowy. **ST** (Single Throw) = dwustanowy, z wyjściem tylko w jednej pozycji, t.j. zwierny lub rozwierny. **DT** (Double Throw), **CO** (Change Over) = dwupozycyjny przełączny.

Forma A: styk zwierny. **Forma B:** styk rozwierny. **Forma C:** styk przełączny break-before-make. **Forma D:** styk przełączny, make-before-break. Ewentualna cyfra przy oznaczeniu podaje liczbę styków.

Zwierający (make before break): kiedy przełącznik zmienia położenia, najpierw następuje zwarcie z nową pozycją, potem rozłączenie z poprzednią. Oznacza to chwilowe zwarcie ze sobą obu pozycji (jeśli przełącznik nie ma osobnych styków dla obu pozycji).

Nie zwierający (break before make): kiedy przełącznik zmieniając pozycję najpierw rozwiernia poprzednią, potem zwierza nową. Nie ma wówczas zwarcia między dwoma wyjściami. W wielu zastosowaniach istotne jest który z wariantów zostanie wybrany.

Astabilny - chwilowy - samopowracający, (wł.), (wył.), normalnie zwarty (ang. NC), normalnie rozarty (ang. NO). Zwierny, rozwierny - określenia używane dla styków, które mają pewne ustalone położenie wyjściowe i do niego powracają po zwolnieniu przycisku sterującego. Terminu "samopowracający" trzeba używać ostrożnie, gdyż może on również oznaczać, że do położenia wyjściowego powraca sam przycisk, a nie styki. Oznaczenia (wł) i (wył) stosuje się do styków powracających samoczynnie z pozycji roboczej wł. lub wył. Terminy "zwierny" i "rozwierny" informują, jak zmienia się pozycja styku w stosunku do wyjściowej.

Termin "bistabilny" (latching action) oznacza, że przy pierwszym naciśnięciu następuje zmiana położenia styków, które powracają do położenia wyjściowego dopiero po drugim naciśnięciu.

Przełączniki współzależne (działanie grupowe) oznacza to, że kilka przełączników połączonych jest w grupę w taki sposób, że po wciśnięciu któregośkolwiek z nich, inne powracają do położenia wyjściowego.

Przełączniki i styczniki

Są to urządzenia łączeniowe sterowane zdalnie zwykle za pomocą przepływu prądu przez cewkę, która siłą elektromagnetyczną powoduje przemieszczenie styków.

Przełączniki i styczniki dzieli się głównie ze względu na funkcje styków i parametry techniczne cewek.

Funkcja stykowa

Styki mogą być: zwierne (typ A), rozwierne (typ B) i przełączne (typ C)

Konstrukcja mechaniczna styków zależy od mocy maksymalnej, która ma być przenoszona. Moc ta zależy od siły docisku styków, wielkości powierzchni stykowych oraz rodzaju materiału z którego są wykonane. Pełne dane obejmują dopuszczalne wartości napięcia, prądu i mocy przenoszonej.

Dane techniczne cewek

Przełączniki i styczniki mogą mieć cewki aktywujące, przystosowane do pracy z prądem stałym lub zmiennym. Napięcia zasilające są zwykle z zakresu 5-230 V. Przy doborze przekaźnika, ważnym parametrem jest własny pobór mocy przez cewkę przekaźnika. Przy prądzie stałym bezpośrednio zależy to od rezystancji uzwojenia: im jest ona wyższa tym mniejszy będzie pobór mocy.

Na podstawie wartości napięcia zasilającego (U) i rezystancji cewek (R) można wyliczyć moc własną cewki ze wzoru:

$$P=U^2/R$$

Przełączniki specjalne

Przełączniki bistabilne są to przekaźniki, które mają dwa położenia spoczynkowe i pozostają w każdym z nich do momentu przyłożenia impulsu o przeciwnej polaryzacji. W przekaźnikach dwucewkowych jedna z cewek służy do przełączania w jedną stronę, np. do łączenia obwodu, a druga cewka do rozłączania.

Przełączniki półprzewodnikowe składają się najczęściej z części sterującej i części wykonawczej. Zazwyczaj między tymi stopniami stosuje się element izolujący np. transoptor (dioda świecąca - fototranzystor), lub kontaktron. W zależności od rodzaju i wielkości prądu, wyjściowy stopień mocy jest zrealizowany na tranzystorze, triaku, albo na dwóch przeciwnie skierowanych tyrystorach.

Przełączniki kontaktronowe zbudowane są z opisanego wcześniej kontaktronu i cewki elektromagnetycznej.

Ochrona urządzeń łączeniowych

Aby przekaźnik lub przełącznik pracował długo i pewnie, należy bezwzględnie przestrzegać parametrów pracy urządzenia podanych przez wytwórcę. Nie należy przekraczać zalecanych wartości maksymalnego napięcia, prądu i mocy, ponieważ może to znacznie skrócić czas życia urządzenia.

Dane dotyczące styków podaje się z reguły przy założeniu obciążenia rezystancyjnego. Przy obciążeniach o charakterze pojemnościowym i indukcyjnym, maksymalne wartości parametrów przełączanego obwodu powinny być niższe. Obciążenia, które przekaźnik wytrzymuje przy obciążeniu indukcyjnym zwykle zawarte są w szczegółowych danych technicznych.

Obciążenia typu pojemnościowego

Przy włączeniu żarówki, silnika lub obciążenia pojemnościowego np. świetlówki, powstaje silny impuls prądowy, którego wartość przekracza wartość znamionową prądu 10-15 razy. Można temu przeciwdziałać przy pomocy np. dławika lub odpowiedniego termistora włączonego szeregowo z obciążeniem. Ten rodzaj zabezpieczenia można stosować zarówno przy obwodach stałoprądowych jak i zmiennoprądowych.

Obciążenia indukcyjne

Przy wyłączeniu obciążenia indukcyjnego, np. zaworu magnetycznego albo silnika elektrycznego, powstaje impuls przepięciowy, którego wartość może przekraczać wielokrotnie napięcie zasilania. Aby przeciwdziałać powstawaniu tego typu impulsów powodujących zagrożenia dla urządzeń i stanowiące źródło zakłóceń, można używać różnego typu zabezpieczeń, jak iskierniki, warystory, podwójne diody Zenera, diody i dwójniki RC.

Iskierniki typu Compgap (arestery). Iskiernik jest urządzeniem zabezpieczającym przed przepięciami, typu plazmowego. Jeżeli napięcie na iskierniku przekracza wartość znamionową następuje wyładowanie i, w czasie krótszym niż 1 μ s, zmniejsza się jego rezystancja z ok. 10 M Ω do kilku m Ω . Można go używać jako zabezpieczenie zarówno w układach stało- jak i zmiennoprądowych.

Warystory. Przy pewnej wartości napięcia rezystancja zmienia się szybko z bardzo wysokiej na bardzo niską. Warystor absorbuje energię z przebiegów stanów nieustalonych i utrzymuje napięcie na dopuszczalnym poziomie. Występowanie warystora w obwodzie ma jednak niekorzystny wpływ na czas wyłączenia.

Przy napięciach pracy rzędu 24-28V warystor powinno się montować na obciążeniu, a przy napięciach 100-240 V równoległe do styków przekaźnika. Warystory można stosować zarówno w obwodach prądu zmiennego jak i stałego.

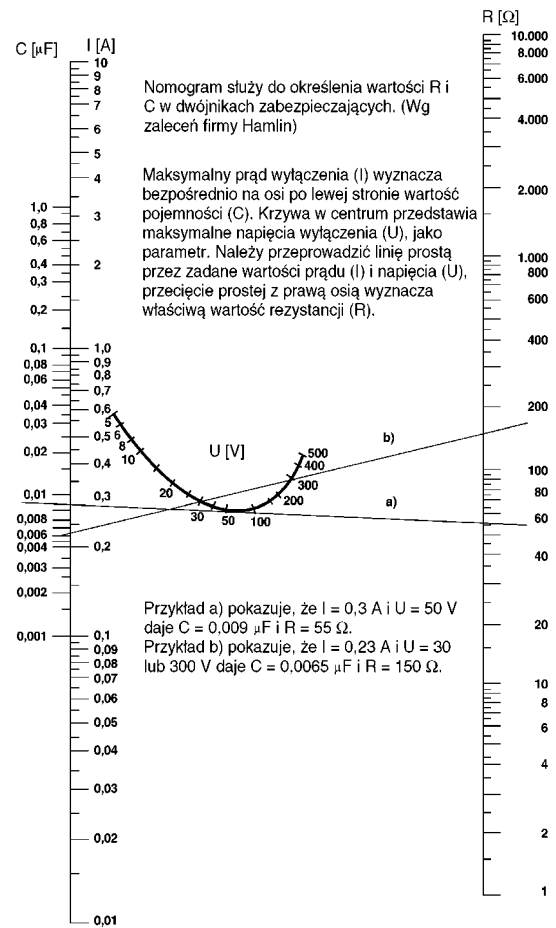
Podwójne diody Zenera. Jako skuteczny element zabezpieczający wykorzystuje się dwie połączone szeregowo, skierowane przeciwnie diody Zenera, włączone równoległe do styków elementu przełączającego lub do obciążeniu. Ze względu na podobieństwo charakterystyk, ich sposób pracy przypomina pracę warystora. Zabezpieczenie nadaje się do prądu stałego i zmiennego.

Dioda. Zwykła dioda, lub specjalna ochronna, włączana jest równoległe do obciążenia. Jeżeli diodę Zenera połączy się szeregowo ze zwykłą diodą, wówczas takie zabezpieczenie będzie znacznie mniej wpływać na czas wyłączenia prądu w obwodach z indukcyjnością niż, kiedy użyje się samej diody. Element wykorzystuje się w obwodach prądu stałego. Niektóre typy diod ochronnych przepięciowych można również używać do prądu zmiennego.

Dwójnik RC. Dwójnik RC składa się z szeregowo połączonej rezystancji i pojemności. Włącza się go równoległe do styków lub do obciążenia. W pewnych sytuacjach powinno się go również używać przy czysto rezystancyjnych obciążeniach np. kiedy się używa przekaźników o stykach zwilżanych rtęcią.

Dwójnik RC stanowi zabezpieczenie przed przepięciami, jak również eliminuje powstawanie niektórych zakłóceń radiowych (elektromagnetycznych).

Przy dwójnikach RC obowiązują podobne zasady montażu jak dla warystorów, tzn. zespół zabezpieczający powinien być montowany równoległe do obciążenia przy napięciach pracy rzędu 24-28V, a przy napięciach 100-240 V, równoległe do styków przekaźnika. Zabezpieczenie spełnia swoją rolę zarówno do prądu stałego, jak i zmiennego. Dwójnik RC może być używany w połączeniu z innymi elementami zabezpieczającymi, poprawiając wypadkową charakterystykę.



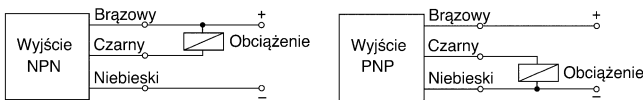
Obliczanie wartości dwójnika RC jako zabezpieczenia.

Czujniki

Czujniki i przetworniki (ang. transducers) są elementami, których zadaniem jest detekcja zmiany wielkości mierzonej i wytworzenie odpowiedniego sygnału, zależnego od kierunku i wartości tej zmiany.

Czujniki można ogólnie podzielić na dwie grupy: wytwarzające sygnał dwustanowy (odpowiadający np. zwarciu i rozwarciu obwodu) oraz takie, które wytwarzają sygnał w przybliżeniu proporcjonalny do wielkości mierzonej.

Współcześnie stosowane czujniki dwustanowe mają najczęściej wyjście tranzystorowe, zamiast mechanicznego przełącznika zwierającego/rozwierającego obwód. Istnieją dwa typy wyjść tranzystorowych: dwuprzewodowe lub trójprzewodowe. Trójprzewodowe mają dwa różne warianty: PNP i NPN, ze standardowym oznaczeniem barwnym i układem przewodów. Kiedy czujnik PNP jest aktywowany, wartość sygnału wyjściowego zmienia się w kierunku dodatniego bieguna napięcia zasilania. Czujnik NPN zmienia się w kierunku ujemnego bieguna. Czujnik trójprzewodowy nazywany jest również czujnikiem Namur. Czujnik typu Namur można traktować, jako rezystor o zmiennej rezystancji: wysokiej, gdy czujnik jest wzbudzony oraz niskiej, gdy czujnik nie jest wzbudzony. Czujniki z wyjściem tranzystorowym mają najczęściej zabezpieczenie przed zwarcieniem wyjścia i zmianą polaryzacji.



Podłączenie czujników typu NPN i PNP.

Kilka typów czujników:

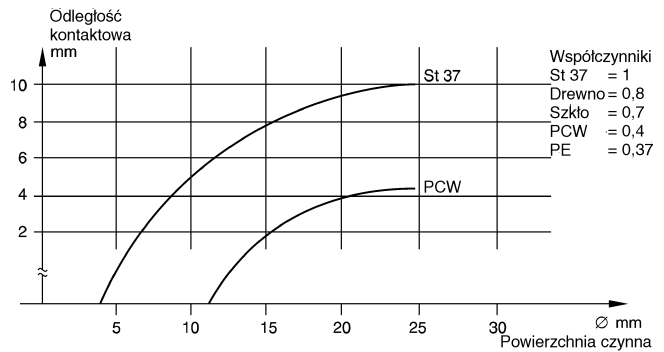
Czujniki poziomu posiadają pływak połączony (zespolony) z magnesem, który załącza lub rozwiera styki kontaktronu.

Czujniki wrażliwe na ciśnienie powodują przełączenie dwustanowego sygnału wyjściowego przy pewnym określonym poziomie ciśnienia.

Przełączniki przechyłowe przełączają się przy małych zmianach kąta nachylenia elementu detekcyjnego i są używane np. w czujnikach położenia.

Czujniki pojemnościowe posiadają impedancję, która zmienia się wraz ze zmianą pojemności układu w stosunku do wykrywanego materiału, np. metalu lub cieczy. Im mniejsza jest stała dielektryczna materiału, tym mniejsza musi być odległość niezbędna do zadziałania (przełączenia) czujnika. Wartości stałej dielektrycznej typowych środowisk wynoszą: powietrze 1, poliamid 4-7, szkło 5-15, metal 50-80 i woda 80.

Czujnik tego typu może np. wykrywać obecność wody, która znajduje się po drugiej stronie szyby. Zmiana pojemności po wprowadzeniu do środowiska materiału o wyższej stałej dielektrycznej może być wykrywana przez materiał o niższej stałej dielektrycznej.



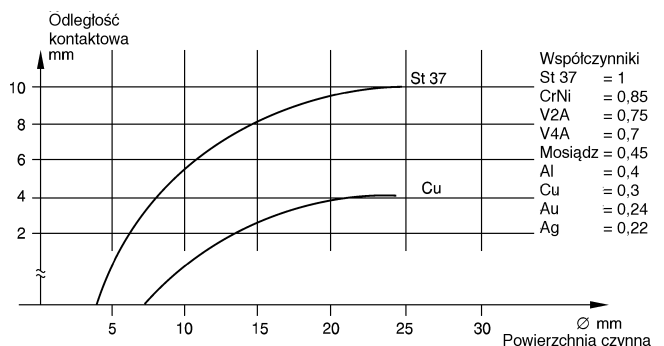
Czujniki pojemnościowe: Typowy związek pomiędzy wielkością powierzchni czynnej a odległością kontaktową (konieczną do przełączenia czujnika) dla różnych materiałów.

Do pomiaru poziomu (np. zapelnienia zbiorników) używa się czujników pojemnościowych, których stan zmienia się przy zadanym poziomie. Zawierają one oscylator, który jest wzbudzany przy pewnej pojemności układu, zmienianej przez wykrywane medium. Czujniki zawierają poza tym wzmacniacz i wyjściowy stopień tranzystorowy.

Tego rodzaju czujnik pojemnościowy może być używany do stabilizowania poziomu zapelnienia zbiorników, gromadzących ciecze lub materiały sproszkowane. Innym zastosowaniem czujników pojemnościowych jest zliczanie detali (tj. przełączeń czujnika spowodowanych przez każdy detal), wyczuwanie przesuwu taśmy transportowej i pasków klinowych, lub też detekcja położenia towarów na taśmie transportowej. Wykrywanie odbywa się całkowicie bezkontaktowo, tzn. nie wymaga zetknięcia powierzchni czujnika z wykrywanym detalem. Czujniki pojemnościowe nie wymagają żadnej konserwacji, nie zużywają się i dają bardzo wyraźne impulsy bez powstawania iskier, czy też odbić (wielokrotnych drgań) styków. Pozwala to na uzyskiwanie wysokiej częstotliwości zliczania.

Czujniki indukcyjne w najprostszycy wykonaniach składają się jedynie z cewki indukcyjnej, która reaguje na zmianę pola magnetycznego w środowisku mierzonym.

Występują także czujniki indukcyjne, które nie wymagają zewnętrznego pola magnetycznego. Reagują one na zmianę własnego pola magnetycznego spowodowaną obecnością metalowych przedmiotów. Pole magnetyczne jest generowane przez wewnętrzny generator.



Czujniki indukcyjne: Typowy związek pomiędzy wielkością powierzchni czynnej a odległością kontaktową (konieczną do przełączenia czujnika) dla różnych materiałów.

Istnieją również czujniki o dwustanowym sygnale wyjściowym zmieniającym się pod wpływem pola magnetycznego o określonym natężeniu. Charakterystyki tych czujników posiadają histerezę, tzn. włączenie i wyłączenie odbywa się przy różnych natężeniach pola magnetycznego. Ten typ czujników jest właściwie zaliczany do kategorii przełączników indukcyjnych. Sygnał wyjściowy może bezpośrednio sterować innymi układami elektronicznymi, przekaźnikami lub stycznikami.

Przełączenie stanu wyjścia odbywa się w wyniku zbliżenia elementu metalowego na pewną odległość od czujnika (bezkontaktowo).

Czujniki indukcyjne są powszechnie stosowane jako bezdotykowe wyłączniki krańcowe i detektory położeń granicznych. Nadają się one dobrze do zliczania przedmiotów lub ustalania ich pozycji.

Czujniki optyczne zawierają fototranzystor, diodę elektroluminescencyjną lub fotorezystor jako element detekcyjny (porównaj NIECO TEORII Elementy optoelektroniczne). Zespół czujnika optycznego zawiera na ogół nadajnik modulowanego promieniowania podczerwonego (IR) łącznie z odbiornikiem i jest czułym detektorem promieniowania IR.

Czujniki optyczne można ogólnie podzielić na trzy typy:

- Zespółone nadajniki/odbiorniki, działające z reflektorem. Przełączenie czujnika następuje, gdy światło się przerwie, np. gdy reflektor zostanie przysłonięty.
- Zespółone nadajniki/odbiorniki, które rejestrują obecność jasnego przedmiotu, znajdującego się w pobliżu czujnika i powodującego odbicie światła.
- Oddzielne nadajniki i odbiorniki, które mogą być jednak umieszczone we wspólnej obudowie czujnika. Światło jest przesyłane od punktu nadawania do punktu odbierania sygnału za pomocą światłowodu.

Czujniki optyczne posiadają wyjście półprzewodnikowe albo przekaźnikowe. Ponieważ czujniki wykorzystują światło modulowane, nie reagują na zakłócenia światłem o innych częstotliwościach. Dodatkowym sposobem zabezpieczenia przed zakłóceniami jest układ czujników, które pracują ze światłem spolaryzowanym. Część odbiorcza jest wtedy czuła jedynie na światło będące w fazie ze światłem nadajnika.

Liczniki impulsów

Klasycznym przykładem jest tu licznik elektromagnetyczny, gdzie wyświetlane cyfry są kolejno przesuwane za pomocą układu mechanicznego. Całkowicie elektroniczne liczniki impulsów posiadają wyświetlacze ciekłokrystaliczne lub LED. Stan licznika jest zachowywany dzięki układowi podtrzymywania bateryjnego, albo przechowywany w pamięci EEPROM.

Jako kryterium oceny liczników impulsów można przyjąć fakt, czy producent oferuje możliwość programowania tych układów. Jednostki z wbudowaną inteligencją mogą poza tym wyliczać częstotliwość np. liczbę obrotów wału silnika na minutę albo okres przebiegu, tzn. mierzyć czas między dwoma kolejnymi impulsami.

W zależności od budowy licznika, do zliczania wykorzystuje się narastające lub opadające zbocze impulsów napięciowych generowanych w obwodzie wejściowym.

Liczniki czasu

Rejestrowanie czasu pracy danego urządzenia może być bardzo istotne m.in. z punktu widzenia obsługi serwisowej. Liczniki czasu działają według trzech różnych zasad:

- Najprostsza zasada działania polega na tym, że jako częstotliwość odniesienia wykorzystuje się 50 Hz (częstotliwość napięcia sieci). Licznik jest właściwie silnikiem krokowym, który steruje mechanicznym urządzeniem zliczającym.
- Licznik czasu, zasilany napięciem stałym. Zawiera on oscylator, wytwarzający stabilny sygnał zegarowy. Wzmocniony sygnał zegara steruje silnikiem krokowym, który jest połączony z mechanicznym urządzeniem liczącym.
- Licznik zasilany z baterii, z wbudowanym oscylatorem, sterującym elektroniczne układy zliczające. W celu maksymalnej oszczędności zużycia prądu, obwody elektroniczne są zbudowane w technologii CMOS, zaś licznik jest wyposażony w wyświetlacz ciekłokrystaliczny.

Alarmy

Alarm włącza na ogół syrenę, która może wytworzyć sygnał dźwiękowy o bardzo wysokim natężeniu. Syreny różnego rodzaju składają się z przetwornika elektroakustycznego, np. głośnika piezoelektrycznego z tubą. Wbudowane obwody sterujące dają stały, zmienny albo pulsujący ton. Syreny umieszczane wewnątrz budynku wytwarzają na ogół dźwięk o wysokich częstotliwościach, maksymalnie irytujący dla słuchacza. Syreny umieszczane na zewnątrz budynków powinny mieć wyższą częstotliwość dźwięku, aby można je było usłyszeć z większych odległości.

Alarm może również powodować włączenie lampy błyskowej lub innego źródła światła pulsującego.

Włączenie alarmu odbywa się za pomocą różnego rodzaju czujników, z których najczęściej spotykanymi typami są:

- Włączane mechanicznie kontakty ciśnieniowe.
- Kontakty magnetyczne umieszczone np. na oknach i drzwiach. Jedną część układu składa się z magnesu, druga z kontraktonu.
- Detektory podczerwieni (IR), które reagują jednocześnie na ciepło i ruch, np. ludzi.

Wybór czujnika musi być oczywiście dostosowany do lokalu, w którym będzie działać instalacja alarmowa. Istotnym zagadnieniem jest możliwość przebywania w lokalu, gdy alarm jest włączony. W domu mieszkalnym są na ogół używane wyłączniki magnetyczne, ewentualnie w kombinacji z czujnikami piezoelektrycznymi, umieszczanymi na oknach.

Dmuchawy

Wielka skala integracji i zwiększona gęstość upakowania elementów powodują, że nawet małe straty mocy na poszczególnych elementach powodują problemy z wydzielaniem ciepła.

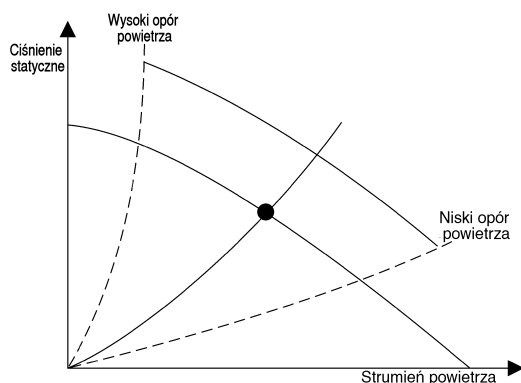
Przy zwiększonej temperaturze pracy rośnie awaryjność i zmniejsza się czas życia układów i elementów półprzewodnikowych. Dlatego bardzo poważnym problemem jest odprowadzanie nadmiaru ciepła. Najprostszym rozwiązaniem jest użycie dmuchawy. Może ona nawiewać zimne powietrze albo wyciągać ciepłe powietrze z obudowy. Najkorzystniejszym rozwiązaniem z punktu widzenia długości życia dmuchawy, jest nawiew zimnego powietrza. Chłodzi się wówczas również dmuchawa, a w urządzeniu powstaje pewne nadciśnienie.

Najczęściej używanymi rodzajami dmuchaw są:

Dmuchawy osiowe, które dominują w urządzeniach elektronicznych. Produkuje się je w wielu różnych wykonaniach o różnych wydajnościach i różnych wartościach wytwarzanego ciśnienia, poziomu hałasu, itd. Dmuchawy osiowe produkowane są zarówno z łożyskami kulkowymi jak i ślizgowymi. Dmuchawy z łożyskami ślizgowymi są zazwyczaj używane w urządzeniach powszechnego użytku, natomiast wszędzie tam gdzie stawia się wysokie wymagania na długość życia, pewność działania i pracę w wysokich temperaturach, stosuje się dmuchawy z łożyskami kulkowymi. Dmuchawy na łożyskach kulkowych, powinno się montować z osią poziomą. W celu zwiększenia wydajności można zastosować dwie dmuchawy obok siebie na tej samej ścianie - równolegle. Jeśli natomiast wymagane jest wyższe ciśnienie powietrza, należy użyć dwie dmuchawy umieszczone kolejno po sobie, w tym samym kanale.

Dmuchawy promieniowe umożliwiają uzyskanie wyższego ciśnienia przy zadanej ilości powietrza. Poziom hałasu emitowany przez dmuchawy promieniowe jest na ogół wyższy niż w dmuchawach osiowych o porównywalnych parametrach.

Dmuchawy poprzeczne dają stałą ilość powietrza przy bardzo niskim poziomie hałasu. Ich zasadniczą wadą jest uzyskiwane małe nadciśnienie.



Wykresy zależności ciśnienia i strumienia, do wyboru zakresu pracy dmuchawy. Dmuchawa pracuje najlepiej ze względu na sprawność i poziom hałasu przy doborze parametrów z obszaru pomiędzy liniami przerywanymi. Dmuchawa nie powinna mieć zbyt wysokiego ciśnienia statycznego (i oporu powietrza) ale również nie powinna mieć ciśnienia zbyt niskiego.

Wybór dmuchawy

W celu przybliżonego określenia zdolności chłodzenia dmuchawy, czyli określenia jaką ilość powietrza należy odtransportować, aby chłodzić dany układ, można użyć następującego, uproszczonego wzoru:

$$V = 3,0 \times P / (T_2 - T_1)$$

gdzie

V = ilość powietrza w m^3/h

P = straty mocy w W

T_1 = temperatura otoczenia w $^{\circ}C$

T_2 = maksymalna dozwolona temperatura w stopniach $^{\circ}C$ wewnątrz obudowy.

Czy wybrana dmuchawa poradzi sobie z tym zadaniem, należy sprawdzić praktycznie np. poprzez pomiar przyrostu temperatury wewnątrz obudowy. Jeżeli nie osiągnięto zamierzonego rezultatu można wymienić dmuchawę na inną o większej wydajności, lub jako rozwiązanie alternatywne, połączyć równoległe większą ilość dmuchaw.

Odprowadzanie ciepła

Półprzewodniki np. tranzystory i diody mocy, ze względu na dość duże obudowy, mają możliwość oddania do otoczenia powstałego w nich w wyniku strat mocy ciepła, bez potrzeby stosowania dodatkowych urządzeń. Żeby przeciwdziałać wzrostowi temperatury powyżej niedozwolonej granicy, należy zwiększać odprowadzanie ciepła.

Może to być osiągnięte przy pomocy radiatorów, które przenoszą powstałe ciepło w tranzystorze do otaczającego powietrza poprzez przewodzenie i promieniowanie.

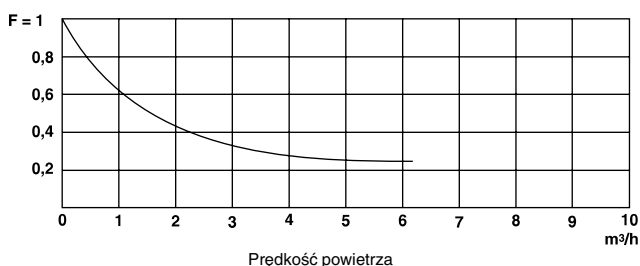
Płaska płytka metalowa jest najprostszą formą radiatora, ale nie jest to rozwiązanie najbardziej efektywne. W większości wypadków stosuje się bardziej skomplikowane konstrukcje, które optymalizują koszt, rozmiary i wagę radiatora.

W półprzewodniku ciepło powstaje na złączu, stamtąd przenieszone jest głównie na obudowę, a później poprzez radiator do otaczającego powietrza. Takie przenoszenie ciepła można porównać z przepływem prądu przez przewód elektryczny. Analogicznie do elektrycznej rezystancji ($R = V/A$), odpowiada jej rezystancja termiczna ($K = °C/W$)

Następujący prosty wzór może posłużyć do obliczania radiatora:

$$T_j - T_{amb} = P \times (K_{j-m} + K_{m-h} + K_h)$$

- T_j = temperatura złącza.
- T_{amb} = temperatura otaczającego powietrza.
- P = moc wydzielana w półprzewodniku.
- K_{j-m} = rezystancja termiczna między złączem a obudową, wartość ta powinna znajdować się w danych technicznych elementu podawanych przez producenta.
- K_{m-h} = termiczna rezystancja między obudową a radiatorem, wartość zależy od powierzchni styku, jakości, wielkości, jak również rodzaju wykonania. Ta wartość powinna być podana w danych technicznych.
- K_h = rezystancja termiczna radiatora. Jest to rezystancja termiczna między powierzchnią radiatora i otaczającym powietrzem (powierzchnia styku radiatora z powietrzem).



Chłodzenie wymuszone dmuchawą. Rezystancja termiczna radiatora mnożona jest przez współczynnik F, aby otrzymać zredukowane wartości, które odpowiadają różnym prędkościom powietrza.

Rezystancja termiczna między półprzewodnikiem i radiatorem powinna być możliwie najmniejsza, co uzyskuje się poprzez stosowanie dużej, płaskiej i dobrze obrobionej powierzchni styku. Obejmy powinny być dokręcone z zaleconym momentem, wystarczającym żeby uzyskać dobre przewodzenie ciepła, ale bez ryzyka uszkodzenia mechanicznego. W celu wypełnienia i pozbycia się ewentualnych bąbli powietrza używa się smarów silikonowych pomiędzy półprzewodnikiem i radiatorem. Nie powinno się go jednak używać w nadmiarze. Grubsze warstwy zmniejszają przewodzenie ciepła. Rezystancja termiczna K_{m-h} zmienia się w zakresie między 0,14-0,05° C/W.

Często chce się odizolować półprzewodnik od radiatora poprzez cienką płytkę izolacyjną. Rezystancja termiczna różni się dla różnych rodzajów materiałów z których są wykonane płytki. Dla płytki mikowej o grubości 0,05 mm wynosi ona ok. 1°C/W, dla płytki mikowej o grubości 0,4 do 0,06 mm, która jest posrebrzona po obu stronach, wynosi ok. 0,5° C/W, a dla 3 mm grubości płytki aluminiowej z izolującym tlenkiem aluminium ok. 0,3°C/W. Występują również płytki wykonane z kaptonu, gumy silikonowej i tlenku berylu.

*Najlepsza jest płytka z tlenku berylu. Używa się jej przede wszystkim w stopniach mocy urządzeń wielkiej częstotliwości. Materiału jednak nie sprzedaje się w Szwecji ze względu na to, iż jest on trujący. Ci którzy dokonują serwisu urządzeń radiowych wyprodukowanych za granicą powinni mieć na uwadze fakt, że mogą one w płytkach izolacyjnych zawierać tlenek berylu. Jeżeli płytka zostanie złamana, lub uszkodzona to wdychanie powstałego kurzu może **zagrozić życiu**. Wynikiem tego może być chroniczne zatrucie berylem, które może wywołać choroby astmatyczne. Dłuższy kontakt może wywołać choroby nowotworowe. W smarach termicznie przewodzących może również znajdować się tlenek berylu.*

Rezystancja termiczna radiatorów podana jest zazwyczaj przy założeniu powierzchni czarnych i pionowym ustawieniu radiatora. Jeżeli radiator jest zamontowany w ten sposób, że powierzchnia chłodząca będzie pozioma, wówczas rezystancja termiczna wzrasta o ok. 20%, a jeżeli powierzchnia promieniująca nie byłaby czarna lub matowo oksydowana, ale biała, to rezystancja termiczna wzrosłaby o ok. 15%. Tu należy zwrócić uwagę, że radiatory, które są oferowane w różnych kolorach mają też odpowiednio różne rezystancje termiczne.

*Aby zwiększyć efekt chłodzenia można stosować wymuszone chłodzenie powietrzne przy pomocy dmuchawy. Inną metodą poprawiania chłodzenia jest stosowanie *elementów Peltiera*, którego chłodna część dotyka półprzewodnika, a ciepła część jest skierowana w kierunku otaczającego powietrza albo dotyka radiatora. W urządzeniach profesjonalnych stosuje się również radiatory z wydrążonymi kanałami, którymi przepływa ciecz chłodząca - woda lub freon.*

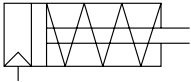
W obwodach, w których powstają bardzo duże impulsowe straty mocy istotne znaczenie ma impedancja termiczna i pojemność cieplna radiatora. Jest ona zależna od czasu trwania impulsów i zależy od masy i bezwładności systemu. Dla bardzo krótkich impulsów termicznych rezystancja termiczna w obudowie ma decydujący wpływ na poprawną pracę urządzenia.

Części składowe i symbole

Siłowniki tłokowe

Przetwarzają energię pneumatyczną na mechaniczną (ruch liniowy).

O działaniu jednostronnym

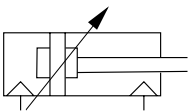


Siłownik, w którym ciśnienie powietrza działa tylko w jedną stronę. Ruch powrotny odbywa się przy pomocy sił zewnętrznych lub dzięki wbudowanej sprężynie.

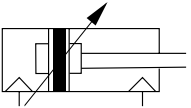
O działaniu dwustronnym



Siłownik, w którym ciśnienie może działać z dwóch kierunków.



Siłownik o regulowanym, dwustronnym tłumieniu.



Siłownik z czujnikiem magnetycznym do bezdotykowego wskazywania położenia.

Zawory kierunkowe

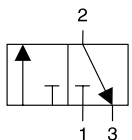
Sterują strumieniem powietrza. Mogą być sterowane ręcznie, elektrycznie lub sprężonym powietrzem do osiągnięcia swoich różnych położen. Każde położenie zaworu reprezentowane jest poprzez jedno okienko. Położenia na schematach przedstawiane są w stanie spoczynku. Przepływ strumienia powietrza przedstawia się przy pomocy strzałek i linii. Rodzaj wejść oznacza się przy pomocy odpowiednich oznaczeń, wcześniej używane litery winno się zastąpić cyframi według wstępnego zalecenia CETOP nr RP68P.

Cyfry według Rodzaj wejścia:
RP68P:

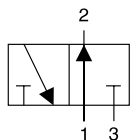
1	Włot
2, 4, 6	Wylot
3, 5, 7	Wylot na zewnątrz
10, 12, 14	Bramka sterujących

Zawór 3/2

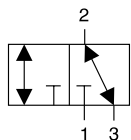
3 wloty-wyloty o 2 położeniach. Normalne zastosowanie: napowietrzanie i odpowietrzanie pewnej objętości, np. w siłownikach jednokierunkowych.



Zawór napowietrzający



Zawór odpowietrzający



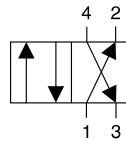
Zawór na- i odpowietrzający

W przypadku zaworów napowietrzających w położeniu spoczynkowym wylot 2 jest połączony z wlotem 3, podczas gdy wlot 1 jest zamknięty. Przy przełączeniu łączy się wylot z wlotem i odpowietrzanie zostaje zamknięte.

Dla zaworów odpowietrzających w położeniu spoczynkowym wlot 1 połączony jest z wylotem 2, podczas gdy wylot odpowietrzający 3 jest zamknięty. Przy przełączeniu wylot łączy się do odpowietrzania a wlot zamyka. Funkcje zaworu 3/2 można otrzymać również w zaworze typu 4/2 lub 5/2, o ile oba wyloty 4 lub 2 zostaną zamknięte (spójrz poniżej).

Zawór 4/2

4 wloty-wyloty i 2 położenia. Dokonywać tu można na zmianę, na- i odpowietrzanie dwóch objętości np. w siłownikach działających dwustronnie.

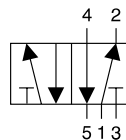


W zaworze 4/2 łączy się wyloty 4 i 2 przemiennie do wlotu 1 i wylotu 3.

Oba wyloty zostają odpowietrzane poprzez wspólny wylot 3. Tutaj nie ma możliwości aby przy pomocy dławienia regulować prędkość przepływu strumienia w obu kierunkach, lecz każdego z osobna, przy dołączonym siłowniku dwustronnego działania.

Zawór 5/2

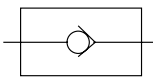
5 wlotów-wylotów/2 położenia. Zazwyczaj używany jako 4-bramkowy, 2-położeniowy, jak również do specjalnych zastosowań.



W zaworze 5/2 łączy się wyloty 4 i 2 przemiennie do wlotu 1 i wylotów 5 i 3. Wyloty 4 i 2 są odpowietrzane poprzez 5 lub 3. Istnieje tutaj możliwość aby przy pomocy dławienia odpowietrzania regulować prędkość siłownika w obu kierunkach oddzielnie w dołączonym siłowniku podwójnego działania.

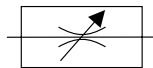
Zawory dławiące i zwrotne

Zawór zwrotny



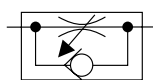
Przepuszcza strumień jedynie w jednym kierunku. Otwiera się, kiedy ciśnienie wejściowe jest wyższe niż wyjściowe.

Zawór dławiący z regulacją



Regulowane dławienie w obu kierunkach.

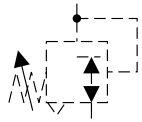
Zawór dławiący zwrotny z regulacją



Regulowane dławienie w jednym kierunku. Swobodny przepływ w drugim kierunku.

Zawory regulujące ciśnienie

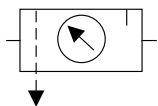
Są to urządzenia reagujące na zmiany ciśnienia we wlocie i odpowiednio w wylocie według wartości zadanej (mechanicznie, pneumatycznie lub elektrycznie). Reprezentowany jest przez proste okienko. Linia przerywana pokazuje, który przewód ma wpływ na zawór przy zmianie ciśnienia. Strzałka podaje kierunek strumienia a sprężyna symbolizuje wartość zadaną.



Zawór redukcyjny

Zmienne ciśnienie wlotowe zmieniane jest na ciśnienie o stałej, obniżonej wartości na wylocie.

Obróbka powietrza

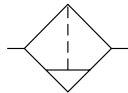


Urządzenie do obróbki powietrza

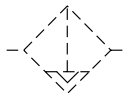
Prezentacja uproszczona.

Filtr z separacją wody

Wychwytuje z powietrza zanieczyszczenia stałe i wodę w formie skroplonej (kondensat).

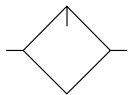


Ręczne drenowanie.



Automatyczne drenowanie.

Smarowanie emulsyjne



Miesza cząsteczki oleju ze sprężonym powietrzem w celu smarowania następujących dalej urządzeń.

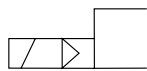
Sterowanie



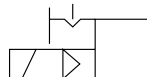
Dźwignia



Elektromagnes



Elektromagnes i zawór pilotujący



Elektromagnes i zawór pilotujący z ręcznym sterowaniem

Przenoszenie energii



Przewód do strumienia głównego



Przewód do ciśnienia sterującego



Przewody krzyżujące się połączone wzajemnie



Przewody krzyżujące się bez połączenia



Przewód elastyczny



Źródło ciśnienia



Dołączenie zablokowane



Dołączenie z przewodem



Przewód elektryczny



Wyjście bez przyłączonego przewodu



Wyjście z przyłączonym przewodem



Tłumik hałasu



Zawór odcinający (symbol uproszczony)

Pozostałe

Sprężarka



Urządzenie do sprężania gazów, w tym wypadku powietrza. Zamienia energię mechaniczną w energię sprężonego powietrza.

Manometr



Manometr, miernik ciśnienia.

Złącza

Złącze jest elementem obwodu elektrycznego i służy do łączenia i rozłączania obwodu.

Złącza produkowane są zazwyczaj wg jakiejś normy albo specyfikacji, takiej jak BS (norma brytyjska), CCTU (norma francuska), DIN (norma niemiecka), IEC (norma europejska), MIL (amerykańska norma wojskowa) i inne. Normalizacja jest ważna, ze względu na możliwość współpracy złącz tego samego typu od różnych producentów, jak również ze względu na ujednoczenie kryteriów dotyczących np.: długości czasu eksploatacji, wymagań środowiskowych i innych.

Przy wyborze złącza należy wyraźnie sprecyzować swoje wymagania, w tym głównie: maksymalny prąd, napięcie, czas eksploatacji i środowisko pracy. Jedno uniwersalne złącze, nie istnieje. Naturalnie idealnym złączem byłoby takie, w którym rezystancja kontaktu byłaby równa zero przy stanie załączenia i nieskończenie wielka w stanie rozłączenia.

Wybór materiału styku, jakości pokrycia i jego grubości, mają decydujący wpływ na czas eksploatacji styków. Zakres zastosowań jest oczywiście najważniejszym kryterium przy określaniu parametrów jakie złącze powinno spełniać.

Często na elementy stykowe wtyków i gniazd stosuje się mosiądz, głównie ze względu na jego niską cenę. Stosuje się również inne materiały o wybranych właściwościach fizycznych takich jak np. sprężystość i twardość. Zdecydowanie lepszym materiałem od mosiądzu jest fosforobraz, który ma doskonałe własności sprężyste. Miedzi z domieszką berylu na elementy sprężyste używa się zazwyczaj w złączach o bardzo wysokiej jakości.

Części styku pokrywa się zwykle różnymi materiałami w celu zmniejszenia rezystancji połączenia. Może to być pokrycie ze złota, srebra, rodu, palladu, cyny, niklu, miedzi, itp. Może być jednowarstwowe, wielowarstwowe lub stopowe. Bardzo dobrym materiałem na styki, okazało się złoto z niklem, ze względu na niską rezystancję styku, wytrzymałość mechaniczną i długookresową stabilność. Stopy twarde są odporne na zużycie, ale mogą jednocześnie mieć wysoką rezystancję styku przy niskich prądach. Istniejąca na ich powierzchni warstwa tlenków może w kontakcie z metalem utworzyć złącze nieliniowe. Styki używane w sprzęcie audio zwykle pozłaca się. Z kolei pokrywanie złotem styków, które przenoszą wysokie prądy nie jest właściwe, ze względu na stosunkowo niską temperaturę topnienia złota. W tym wypadku lepsze jest srebrzenie, z powodu bardzo dobrej przewodności elektrycznej srebra. Powinno się zwrócić uwagę, żeby nie przerywać dużego prądu w takim styku, ponieważ powstający łuk może stopić srebro.

Producenci złącz podają zwykle grubość pokrycia styków lub liczbę cykli pracy, czyli liczbę włączeń i wyłączeń, jaką złącze powinno wytrzymać bezawaryjnie.

W tzw. Eurozłączu wyróżnia się trzy różne klasy eksploatacyjne wg DIN:

Klasa I:	500 cykli
Klasa II:	400 cykli
Klasa III:	50 cykli

Izolację w prostszych złączach wykonuje się z bakelitu, makrolonu, poliamidu, materiałów ceramicznych, PCW itp.

Lepszymi materiałami izolacyjnymi są: guma silikonowa, DAP, PTFE, poliamid 66 i Delrin, które mają dobre własności elektryczne przy wysokich częstotliwościach i temperaturach. Do wykonania złącz i ich obudów, jak i innych ich części używa się miedzi, ABS, stali, stali nierdzewnej, gumy, aluminium itd.

Metody podłączania

Poniżej przedstawiono w skrócie 5 najczęściej spotykanych metod łączenia.

Lutowanie

Lutowanie jest metodą, stosunkowo łatwą. Nie wymaga drogiego oprzyrządowania, a wymiary łączonych przewodów nie są krytyczne. Do wad metody można zaliczyć: brak powtarzalności, trudność lutowania końcówek elementów, jak również zdarzające się zanieczyszczenia styków po lutowaniu. Czynniki decydująco wpływające na jakość połączeń lutowanych to: jakość pracy osoby lutującej, odpowiednie spoiwo i topnik oraz stosowane narzędzia. Patrz również na strony NIECO TEORII - Lutowanie.

Zaciskanie końcówek

Zaciskanie końcówek (ang. crimp) można wykonać bardzo szybko i prosto. Rezultatem tego będzie powtarzalne i pewne połączenie, które jest w dodatku gazoszczelne. Metoda ta wymaga jednak specjalnych narzędzi i stawia ostre kryteria na materiały które podlegają łączeniu.

IDC

IDC, inaczej Insulation Displacement Connection, używa się do przyłączania przewodów wstążkowych wielożyłowych do odpowiednich złącz. W ciągu kilku sekund można dołączyć wszystkie przewody jednocześnie. Każdy z przewodów jest odizolowany i zaciśnięty w jednej operacji. Połączenie jest gazoszczelne i pewne. Przewody łączone tą metodą są jednak dość cienkie i mogą przewodzić niewielki prąd i napięcie. Metoda wymaga narzędzi specjalnych i nadaje się tylko do pewnych typów kabli płaskich.

Press-fit

Wciskanie, "Press-fit" to technika opracowana do łączenia złączy wielobiegunowych z obwodami drukowanymi. Wszystkie złącza np. typu Europa są dzisiaj dostępne w wykonaniu "Press-fit". Styki, które pasują do otworów w karcie, są sprężynujące. Podczas wciskania następuje zdrapanie powłoki cyny, dzięki czemu tworzy się bezkorozyjne połączenie. Jego zaletą jest między innymi uniknięcie silnego ogrzania występującego przy lutowaniu oraz brak potrzeby czyszczenia. Istnieje też możliwość wciskania długich styków pozwalających na zastosowanie kompletującej metody owijania.

Owijanie

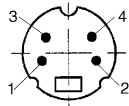
Owijanie jest metodą, która nadaje się do wykonywania prototypów. Właściwie wykonane owinięcie daje pewne połączenie elektryczne. Łatwo jest przeprowadzić zmiany w połączeniach owijanych, gdyż przewody można odwijać i ponownie nawijać. Wadą metody jest to, że wymaga ona dużo miejsca na wykonanie połączenia. Kołki do owijania mają przekrój prostokątny. Muszą mieć odpowiednią wysokość, żeby było możliwe nawinięcie pewnej liczby zwojów. Zwykle drut owija się 5 do 7 razy. Operacja wymaga specjalnych narzędzi. Zobacz także NIECO TEORII - Owijanie.

Połączenia stałe

Połączenia elektryczne przewodów są zawsze najsłabszym punktem układu elektronicznego, wymusza to w niektórych przypadkach stosowanie połączeń (złączy) o najwyższych wymaganiach niezawodnościowych wg specyfikacji militamej. Intensywność uszkodzeń wzrasta ze wzrostem ilości połączeń. W pewnych urządzeniach elektronicznych wymagania na współczynnik MTBF (Meantime Between Failure - średni czas między uszkodzeniami) są bardzo wysokie i wówczas złącza muszą być zastąpione całkowicie lub częściowo, *połączeniami stałymi*. Dotyczy to np.: urządzeń stosowanych w kosmosie, gdzie wstrząsy, wibracje, skokowe zmiany temperatury i ewentualne oddziaływanie gazów i cieczy może zniszczyć złącze.

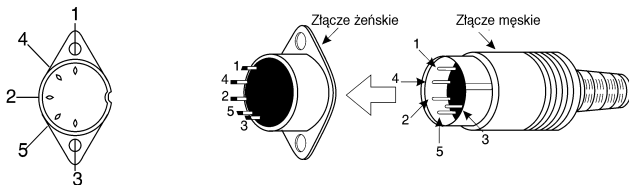
Zastosowania

Złącza S-VHS to 4-biegunowe złącza mini-DIN. Używane do przekazu sygnału wideo z kamer. Sygnały: luminancja Y (poz. sygn.: 1 V z synchronizacją; impedancja: 75 ohm) i chrominancja C (poz. sygn: 0,3 V wiązka; impedancja: 75 ohm).



Rozstaw styków złączy S-VHS. Widok od strony lutowniczej.
 Styk 1: masa dla luminancji Y. Styk 2: masa dla chrominancji C.
 Styk 3: luminancja Y. Styk 4: chrominancja C.

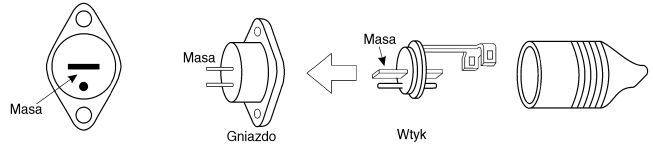
Powszechnie w Europie w aparaturze HiFi do podłączenia wejścia jak i wyjścia sygnału używa się **złączy 5-biegunowych DIN**. Konfiguracja podłączenia przewodów do złącza jest znormalizowana i jest zgodna z poniższą tabelą:



5-biegunowe złącze DIN.

Typ aparatu	Złącze do	Wejście		Wyjście		Masa
		V	H	V	H	
Wzmacniacz	Pickup, tuner	3	5			2
"	magnetofon	3	5	1	4	2
Tuner	Wzmacniacz,			3	5	2
"	magnetofon			1	4	2
Gramofon	Wzmacniacz			3	5	2
Magnetofon	Wzmacniacz,	1	4	3	5	2
"	mikrofon	1	4			2

2-biegunowych złączy DIN używa się do wyjść głośnikowych przy mniejszych mocach wyjściowych. Szeroki kołek kontaktowy łączy się zawsze z masą urządzenia. Przy wyższych mocach używa się zacisków laboratoryjnych.



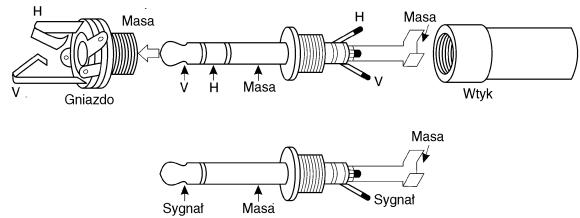
2-biegunowe złącze DIN, głośnikowe.

Złącza typu CINCH (zwanymi też fonicznymi) używa się przede wszystkim w aparaturze pochodzenia japońskiego i amerykańskiego, ale zdarzają się również w urządzeniach europejskich. W tym ostatnim przypadku czasem występują oba standardy łącznie, lub też połączone równolegle do złączy DIN. W celu doprowadzenia sygnału stereofonicznego do urządzenia potrzebne są dwa ekranowane kable, z których każdy zakończony jest złączem CINCH.



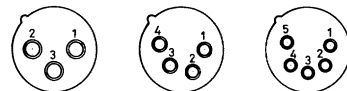
Złącze typu CINCH

Złącza telefoniczne, wtyków i gniazd, używa się głównie do podłączenia słuchawek i mikrofonów. 3-biegunowe używa się jako stereofoniczne, z lewym i prawym kanałem w tym samym złączu. Stosuje się je także w systemach symetrycznych podłączając "hot" do L i "cold" do P.



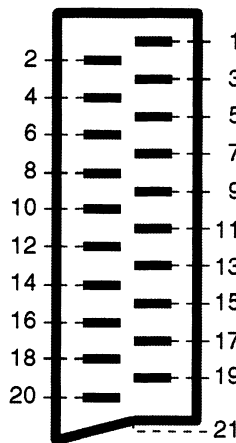
Złącza telefoniczne.

Złącza XLR są najczęściej stosowane do mikrofonów i urządzeń nagłaśniających. W systemie symetrycznym styk 1 – masa, styk 2 – przewód dodatni (gorący, nadawanie), styk 3 – przewód ujemny (zimny, powrót). W systemach niesymetrycznych styk 3 może być również uziemiony. W niektórych urządzeniach amerykańskich (mikrofony, stoły reżyserskie) zdarza się, że styki 2 i 3 są zamienione miejscami.



Rozkład styków złączy XLR. Widok od strony lutowniczej.

Złącza SCART używa się do przekazu sygnałów wideo i audio w aparaturze TV. Patrz poniżej.



Złącze SCART

Styk	Sygnal	Opis	Poziom sygnału	Impedancja
1	AOR	Audio, wyjście B (prawe)	0,5 V rms	<1 k Ω
2	AIR	Audio, wejście B (prawe)	0,5 V rms	>10 k Ω
3	AOL	Audio, wyjście A (lewe+mono)	0,5 V rms	<1 k Ω
4	AGND	Audio, masa		
5	B GND	RGB niebieski, masa		
6	AIL	Audio, wejście A (lewe+mono)	0,5 V rms	>10 k Ω
7	B	RGB niebieski WEJ.	0,7 V	75 Ω
8	SWTCH	Audio/RGB przet. / 16:9		
9	G GND	RGB zielony, masa		
10	CLKOUT	Dane 2: impuls. zeg. wyj.		
11	G	RGB zielony WEJ.	0,7 V	75 Ω
12	DATA	Dane 1: dane wyj.		
13	R GND	RGB, czerwony masa		
14	DATAGND	Dane, masa		
15	R	RGB czerw. wej. / Chromin.	0,7 V (Chrom.: 0.3 V wiązka)	75 Ω
16	BLNK	Sygnał wygaszania	1-3V=RGB, 0-0,4V=Syg. zesp.	75 Ω
17	VGND	Wideo, masa wyjścia		
18	BLNKGND	Wyg. sygn. masa		
19	VOUT	Wideo, wyjście	1,0 V	75 Ω
20	VIN	Zesp. syg. wej. wizji / Luminancja	1,0 V	75 Ω
21	SHIELD	Masa/Chassis		

Wykonawstwo obwodów drukowanych

Istnieje kilka metod wytwarzania obwodów drukowanych, które można zastosować do otrzymania pojedynczych płytek jak i krótkich serii obwodów. Poniżej opisano krótko dwie metody:

1. Bezpośrednie nanoszenie układu ścieżek (mozaiki) na płytkę.
2. Fotograficzne przenoszenie układu ścieżek (mozaiki) na płytkę.

Przenoszenie bezpośrednie

W metodzie tej, na uprzednio oczyszczonej powierzchni miedzi, nanosi się maskę, chroniącą przed trawieniem poprzez wyklejanie, malowanie, rysowanie odpowiednich wzorów ścieżek i punktów lutowniczych. Trawienie prowadzi się w wodnym roztworze nadsiarczanu sodu. Możliwe jest również trawienie w chlorku żelaza, tego jednak nie zalecamy ze względów zdrowotnych. Proszę o zwrócenie uwagi, że niektóre kształtki samo-przylepne do wyklejania szablonów obwodów drukowanych mogą służyć jako element maskujący przed trawieniem. Nie mają one folii zabezpieczającej.

Przenoszenie fotograficzne

Przy przenoszeniu fotograficznym używa się laminatu z miedzią pokrytą warstwą *emulsji światłoczułej* (warstwa kopiowa), która jest dość odporna na działanie światła widzialnego, natomiast jest czuła na światło ultrafioletowe (UV). Warstwy kopiowe mogą być pozytywowe lub negatywowe (jak w fotografii), jednak ze względu na prostotę opisu będziemy tu mówić jedynie o pozytywowym. Mimo, że warstwy kopiowe są odporne na działanie światła widzialnego, to nie powinno się ich wystawiać na długotrwałe jego działanie.

Przy wytwarzaniu płytek drukowanych metodą fotograficzną, możemy skorzystać z niżej opisanej procedury:

Wykonywanie matrycy (fotoszablonu)

Matrycę wykonuje się przy użyciu specjalnej taśmy samoprzylepnej i kształtek, które można nalepiać na przezroczystą folię. Można je umieścić szybko i dokładnie, dzięki temu, że warstwa podłoża jest przezroczysta. Łatwe jest również mocowanie kształtki znajdującej się na taśmie samoprzylepnej (sucha kalkomania). Wystarczy je przycisnąć lub potrzeć palcem. Kształtki mają dokładność odwzorowania krawędzi $\pm 0,05$ mm, są bardzo cienkie i mają stosunkowo dużą wytrzymałość mechaniczną. Przy takim nakładaniu kształtek ścieżek, można je wpięrować przyklejać do podłoża, a potem przycinać do zadanej długości. Korygując kształtki, można zeszkrobywać je nożem, podnosić taśmą klejącą lub używać specjalnej gumki do czyszczenia. Kiedy matryca jest gotowa, używa się jej bezpośrednio lub też sporządza kopię roboczą (tzw. fotoszablon) na filmie pozytywowym.

Naświetlanie

Matrycę, ewentualnie fotoszablon (w skali 1:1), kładzie się na laminat pokryty warstwą kopiową, po czym naświetla się przy użyciu promiennika ultrafioletowego lub specjalnej kopiarki. Światło ultrafioletowe powinno mieć długość fali 350-370 nm. Używanie lamp kwarcowych lub lamp do opalania, w których światło ma długość fali maksimum 256 nm, nie zaleca się do tego celu. Przy pracy związanej z naświetlaniem ważne jest, żeby fotoszablon przylegał do warstwy kopiowej tak dokładnie, jak to tylko jest możliwe. Należy uważać, żeby nie pojawił się kurz lub inne zanieczyszczenia, które mogłyby mieć negatywny wpływ na wynik naszej pracy. Czas naświetlania zależy od

odległości lampy do oświetlanego laminatu, występowania ewentualnej szyby między lampą i laminatem. Poniższe wartości parametrów naświetlania można przyjąć jako wartości orientacyjne:

Promiennik UV o mocy 300 W, szyba i odległość 40-50 cm, czas 5-7 minut

Kopiarka UV: czas ok. 2-5 minut

UWAGA! OCHROŃ OCZY! Przy pracy z promieniowaniem ultrafioletowym ochrona oczu jest niezmiernie ważna.

Wywoływanie

Po naświetleniu warstwę kopiową należy wywołać. Do tego celu używa się wodnego roztworu wodorotlenku sodu o stężeniu 1,5%. Czas wywoływania waha się od 30 sek. do 4 min, w zależności od typu warstwy kopiowej i parametrów naświetlania. Po wywołaniu powinien pojawić się wyraźny rysunek mozaiki. Warstwa kopiowa, pozytywowa, odwzorowuje wzór fotoszablonu w ten sposób, że miejsca, które nie były oświetlane, czyli przykryte taśmą, po wywołaniu stworzą wzór mozaiki. Po trawieniu płytkę należy dokładnie wypłukać w bieżącej wodzie.

Trawienie

Do tego celu można z powodzeniem stosować nadsiarczan sodu, zarówno w metodzie bezpośredniej, jak i fotograficznej przenoszenia wzoru na płytkę. Aby roztwór do trawienia był aktywny, nadsiarczan sodu dodaje się do wrzącej wody. Po całkowitym rozpuszczeniu, temperatura roztworu wyniesie ok. 50°C. Ta temperatura daje optymalne warunki trawienia. Pomyśl o ochronie rąk i oczu przed chemikaliami. Używaj rękawic i okularów! Dobrymi naczyniami do wywoływania i trawienia są naczynia fotograficzne. Najwygodniej jest jednak używać specjalnych pojemników do trawienia z pompą powietrzną i grzałką.

Zapewnienie jakości

Jeżeli czas naświetlania warstwy kopiowej był zbyt krótki, albo została użyta niewłaściwa lampa UV, po wywołaniu lub w trakcie następującego po nim trawienia ujawnią się wady. Niewłaściwa lampa, za krótki czas naświetlania lub zbyt stary, nieaktywny wywoływacz powodują, że część warstwy kopiowej pozostaje na powierzchni miedzi (może być trudna do zaobserwowania, ze względu na niewielką grubość). Efektem tego są wysepki miedzi pozostałe po trawieniu.

Aby tego uniknąć należy przestrzegać poniższych zaleceń:

1. Fotoszablon musi mieć dobre krycie w miejscach czarnych. Nie można dopuszczać do tego, by światło ultrafioletowe przechodziło przez zaczernione fragmenty powierzchni, które mają utworzyć wzór na powierzchni płytki. Wyjątkiem od całkowicie czarnej powierzchni jest fotomaska pozytywowa o barwie bordowej, która również doskonale zatrzymuje ultrafiolet. Taka fotomaska umożliwia lepsze warunki naświetlania. W przypadku wątpliwości, o ile nie jest się pewnym skuteczności lampy, lepiej jest przedłużyć naświetlanie o 1-2 min.
2. Wywoływanie warstwy kopiowej należy przeprowadzać w świeżym wywoływaczu. Wywoływacz używany wielokrotnie i przechowywany zbyt długo, może być przyczyną złych wyników.

3. Sprawdź po wywołaniu, czy cała naświetlona warstwa kopiowa rzeczywiście zniknęła. Jeżeli ekspozycja trwała zbyt krótko, należy ją przedłużyć do 10 minut. Mieszanie wywołowacza przyspiesza proces.
4. Przy trawieniu laminatu ważne jest, aby roztwór trawiący był cały czas w ruchu. W taki lub inny sposób, roztwór trawiący winien mieć cały czas dostęp do powierzchni miedzi. Przy temperaturze poniżej +30° C traci on swoją aktywność. Dlatego powinien być podgrzewany.

UWAGA! Przy pracy z chemikaliami UŻYWAJ RĘKAWIC I OKULARÓW OCHRONNYCH, szczególnie przy wywołaniu i trawieniu.

Obliczanie właściwych wymiarów ścieżek drukowanych

Rezystancja ścieżek drukowanych

Rezystancję R miedzianej ścieżki przewodzącej można obliczyć ze wzoru:

$$R = \rho_{Cu} \times l / (b \times t) = (\rho_{Cu} / t) \times (l / b)$$

gdzie ρ_{Cu} = rezystywność miedzi, l = długość ścieżki, b = szerokość ścieżki, t = grubość folii miedzianej.

ρ_{Cu} / t dla 70 μm folii wynosi $0,25 \times 10^{-3} \Omega$, dla 35 μm folii $0,5 \times 10^{-3} \Omega$ i dla 17,5 μm folii $1,0 \times 10^{-3} \Omega$.

Przykład: Rezystancja ścieżki miedzianej z folii o grubości 0,35 μm , długości 10 cm i szerokości 1 mm będzie następująca:
 $(\rho_{Cu} / t) \times (l / b) = 0,5 \times 10^{-3} \Omega \times (10 \times 10^{-2} \text{ m} / 1 \times 10^{-3} \text{ m}) = 0,05 \Omega$

Prąd maksymalny i najmniejsza odległość między ścieżkami

Maksymalny prąd zależy od grubości folii, szerokości ścieżki i jej dopuszczalnej temperatury. Jeżeli miejsce na płytce drukowanej na to pozwala, używa się ścieżek o szerokości 1,57 mm (0,062") lub 1,27 mm (0,05"). Najmniejsza szerokość ścieżek, które można wykonywać metodami fotograficznymi (w warunkach amatorskich) wynosi 0,3 mm.

Tabela. Max prąd w A płynący w ścieżkach z folii na płytce drukowanej. Grubość folii 17,5 μm .

Szerokość ścieżek (mm)	Dopuszczalna temperatura ścieżki					
	10 °C	20 °C	30 °C	60 °C	75 °C	100 °C
0,5	0,6	1	1,2	1,7	2	2,3
1,0	1,1	1,5	2	3	3,2	3,7
1,5	2	2,6	3,4	4,3	5	6
2	2,3	3,2	4	5	6	7
4	4	5	7	9	10	11
6	5	7	9	12	13	14
8	6	9	11	14	16	18
10	7	10	13	16	19	21

Tabela. Max prąd w A płynący w ścieżkach z folii na płytce drukowanej. Grubość folii 35 μm .

Szerokość ścieżek (mm)	Dopuszczalna temperatura ścieżki					
	10 °C	20 °C	30 °C	60 °C	75 °C	100 °C
0,5	1,3	2	2,3	3	3,5	4
1,0	2	2,8	3,1	4	5	6
1,5	2,6	3,7	4,4	6	7	8
2	3,2	5	6	8	9	10
4	5,5	8	10	11	15	16,5
6	8	11	13	18	21	23
8	9,5	13	16	22	24	26
10	11	16	20	27	29	33

Tabela. Max prąd w A płynący w ścieżkach z folii na płytce drukowanej. Grubość folii 70 μm .

Szerokość ścieżek (mm)	Dopuszczalna temperatura ścieżki					
	10 °C	20 °C	30 °C	60 °C	75 °C	100 °C
0,5	2,4	3,2	4	5	6	7
1,0	3,3	4,5	6	8	9	10
1,5	4,3	6	8	10	12	13
2	5	8	10	13	14	15
4	9	13	15	21	23	25
6	12	16	22	30	32	35

Najmniejsza dopuszczalna odległość między ścieżkami, czyli odległość izolacyjna, zależy od technologii wykonania płytki drukowanej i maksymalnych napięć między nimi, patrz poniżej:

Najmniejsza dopuszczalna odległość między ścieżkami przy naświetlaniu.

Napięcie między ścieżkami (V): 50 150 300 500
 Najmniejsza odległość między ścieżkami (mm): 0,3 0,6 1,2 1,8

Obudowy

Obudowy i konstrukcje mechaniczne układów elektronicznych są często elementem, o którym myśli się w ostatniej chwili. Ponieważ obudowa jest elementem zamykającym całość i wpływającym na funkcjonalność przyrządu, stanowi ona ważny etap konstrukcji i należy o niej pomyśleć znacznie wcześniej.

Przy konstruowaniu urządzenia trzeba wziąć pod uwagę cały szereg czynników uwzględniających środowisko pracy, czyli wytrzymałość, odporność na wilgotność, zagrożenie pożarowe, a także odporność na zakłócenia czyli ekranowanie.

Cena jest ważnym czynnikiem jeśli chodzi o grupę klientów, do których ostateczny wyrób będzie kierowany. Ważna jest również estetyka wyglądu i wykonanie. Koszty wpływają na dopasowanie konstrukcji i obudowy. Na ogół nie opłaca się robić własnej konstrukcji mechanicznej. Fabrycznie wyprodukowana obudowa lub też system obudów czy ram do wbudowywania oszczędza dużo czasu, a w związku z tym i kosztów.

Materiał obudowy w znacznej mierze wpływa na jej właściwości. Stal jest bardzo wytrzymała, ale ciężka i nie zabezpieczona powierzchniowo, łatwo ulega korozji. Ze znacznie lżejszych aluminiowych profili, czy kształtek odlewanych ciśnieniowo, oraz blach można budować funkcjonalne obudowy. Tworzywa sztuczne to szeroka gama materiałów, które mają bardzo dobre właściwości w zakresie wytrzymałości mechanicznej, łatwą możliwość obróbki, wytrzymałość temperaturową i trudnopalność.

Większość tworzyw sztucznych używanych na obudowy jest nieodporna na światło słoneczne (promieniowanie ultrafioletowe). Prowadzi to z czasem do pęknięcia obudów. Do niektórych tworzyw dodaje się inhibitory UV zwiększające znacznie odporność na światło słoneczne. Więcej szczegółów w rozdziale - *Tworzywa sztuczne*.

Odporność na pożar jest określona w normie UL 94, którą spełniają na przykład obudowy produkcji OKW. Materiały mogą posiadać następujące klasy niepalności:

94 V-O oznacza, że obiekt badany gaśnie średnio w ciągu 5 sekund. Żadna część badanego obiektu nie pali się dłużej niż 10 sekund, i nie wydziela przy tym szkodliwych substancji. Przykładem takiego materiału jest odporny na płomień ABS.

94 V-1 oznacza, że gaśnięcie następuje średnio w ciągu 25 sekund i żadna część badanego obiektu nie pali się dłużej niż 60 sekund, nie wydzielają się przy tym żadne substancje szkodliwe.

94 V-2 jest taka sama jak 94V-1, z tą różnicą, że w czasie palenia mogą powstawać substancje szkodliwe. Przykłady tworzyw spełniających normę 94V-2 to polistyren i poliwęglan.

O ile obiekt badany pali się dłużej niż 25 sekund, znaczy to, że należy do klasy 94 HB. Do takich materiałów należą np. polistyren, ASA i ABS.

Ekranowanie jest bardzo ważną cechą, ponieważ szybkie czasy narastania impulsów w obwodach logicznych, generują szerokie pasmo harmonicznych. W niektórych urządzeniach ekranowanie jest niezbędne, ze względu na wrażliwość układów na zakłócenia od zewnętrznego pola elektromagnetycznego.

Do eliminacji promieniowania zakłóceń w większości wypadków wystarczy zainstalowanie filtrów na przewodach wchodzących i wychodzących. Przy częstotliwościach powyżej 1 MHz potrzebna jest jednak obudowa, ekranująca wg. zasady *klatki Faradaya*, tzn. obudowa musi przewodzić prąd elektryczny. Właściwy jest tu stop aluminium, ponieważ jest lekki i łatwo się obrabia. Kiedy wymagane jest lepsze ekranowanie, używa się stopów cynku.

Przy czysto magnetycznych polach o niskiej częstotliwości, należy używać materiałów ferromagnetycznych np. stopów żelaza. Bardzo dobrym materiałem jest stop mumetal, którego używa się na obudowy transformatorów małej częstotliwości. Aluminium przewodzi prąd dużo lepiej niż żelazo i często jest wykorzystywane na ekrany czynne, zwierające pole rozproszone.

W celu uzyskania dobrego tłumienia sygnałów szkodliwych, poszczególne elementy obudowy powinny być precyzyjnie dopasowane, muszą też mieć dobre połączenie elektryczne. Precyzja wykonania, brak szczelin i jakość połączeń jest szczególnie istotna przy wysokich częstotliwościach. Należy uważać używając anodowane lub oksydowane aluminium, którego rezystancja powierzchniowa ma bardzo wysoką oporność rzędu dziesiątek MΩ.

Na ogół wymagania co do tłumienia są umiarkowane, dlatego można używać obudów z tworzyw sztucznych, z warstwą przewodzącą w postaci naklejonej folii, naporowanego aluminium, lakieru niklowego czy natryskiwanego proszku węglowego. Wg producenta PacTec występują duże różnice tłumienia w zależności od materiału - np. przy 5 MHz warstwa lakieru 0,5mm epoksydowego z miedzią, daje 60 dB, lakier akrylowy z niklem 50 dB, lakier srebrny z akrylem 45 dB, pokrycie srebrne 35dB, a lakier grafitowy na bazie akrylu 15 dB.

Odprowadzanie ciepła z obudowy odgrywa istotną rolę. Należy zwrócić uwagę, że obniżenie temperatury tylko o kilka stopni, może przedłużyć czas pracy międzyawaryjnej o tysiące godzin. Ciepło może być odprowadzone przez naturalną konwekcję, albo przez chłodzenie wymuszone. Zobacz dział *Elektromechanika - Dmuchawy*.

Klasy obudów dla urządzeń elektrycznych. Normy IP

Krótki przegląd. Dokładne informacje w normie IEC 529.

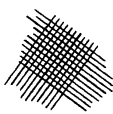

Pierwsza cyfra podaje stopień ochrony mechanicznej







Krótki opis	Definicja
0 Brak zabezpieczenia	Nie ma specjalnego zabezpieczenia.
1 Zabezpieczenie przed obiektami z ciała stałego, większymi niż 50 mm.	Części ciała jak np. ręka (bez zabezpieczenia przeciwko celowemu wciśnięciu). Obiekty z ciała stałego, których średnica jest większa niż 50 mm.
2 Zabezpieczenie przed obiektami z ciała stałego, większymi niż 12 mm.	Palce itp., o długości nie więcej niż 80 mm. Obiekty z ciała stałego, których średnica jest większa niż 12 mm.
3 Zabezpieczenie przed obiektami z ciała stałego, większymi niż 2,5 mm.	Narzędzia, druty itd., których średnica i grubość jest większa niż 2,5 mm Obiekty z ciała stałego, których średnica jest większa niż 2,5 mm.
4 Zabezpieczenie przed obiektami z ciała stałego, większymi niż 1,0 mm.	Druty i paski o grubości większej niż 1,0 mm. Przedmioty z ciała stałego, których średnica jest większa niż 1,0 mm.
5 Zabezpieczenie przeciwpyłowe.	Wnikania pyłu nie można wyeliminować całkowicie, ale nie może on wnikać w ilości mogącej zakłócić normalną pracę urządzenia.
6 Pyłoszczelne	Brak wnikania pyłu.

Druga cyfra oznacza zabezpieczenie przed wodą

Krótki opis	Definicja
0 Brak zabezpieczenia.	Nie ma specjalnego zabezpieczenia.
1 Zabezpieczenie przeciwko kapiącej wodzie.	Kapiąca woda (krople spadające pionowo) nie może mieć szkodliwego wpływu.
2 Zabezpieczenie przeciwko kapiącej wodzie, przy przechyle 15°.	Pionowa kapiąca woda nie może mieć szkodliwego wpływu, przy pochyleniu obudowy najwyżej 15° od normalnego położenia.
3 Zabezpieczenie przeciwko lejącej się wodzie.	Woda, która się leje pod kątem najwyżej 60° od linii poziomej, nie może mieć szkodliwego wpływu.
4 Zabezpieczenie przeciwko przelewającej się wodzie.	Woda, która polewa obudowę z dowolnego kierunku, nie może mieć szkodliwego wpływu.
5 Zabezpieczenie przeciwko strumieniom wodnym.	Woda, która wychodzi z dysz w dowolnym kierunku w stosunku do obudowy, nie może mieć szkodliwego wpływu.
6 Zabezpieczenie przeciwko spienionej wodzie.	Spieniona woda, albo woda, która polewa obudowę rozbitymi strumieniami, nie może wnikać do niej w ilości, która miałaby szkodliwy wpływ.
7 Zabezpieczenie przed krótkotrwałym zanurzeniem w wodzie.	Wnikanie wody w szkodliwej ilości nie może mieć miejsca, jeżeli obudowę zanurzy się w wodzie przy pewnym ciśnieniu i czasie.
8 Zabezpieczenie przeciwko wpływowi długotrwałego zanurzenia w wodzie.	Materiał jest odpowiedni do długotrwałego zanurzenia w wodzie w warunkach, które podane są przez producenta.

Symbole klasyfikacji obudów

Oznaczenie	IEC 529 Pierwsza cyfra
	5
	6

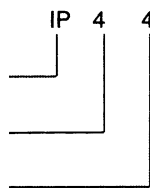
Oznaczenie	IEC 529 Druga cyfra
	0
	1
—	2
	3
	4
	5
—	6
	7
	8

Oznaczenie

Oznaczenie literowe

Pierwsza cyfra

Druga cyfra



Obudowa z takim oznaczeniem, zabezpiecza przeciwko wnikaniu obiektów stałych, większych niż 1,0 mm i przed przelewającą się wodą.

Obudowy typoszeregu 19"

W czasach kiedy jeszcze nie obowiązywały normy dotyczące elementów mechanicznych w elektronice, firma Schroff z USA zaczęła stosować, jako stałą szerokość płyt czołowych, wymiar 19" ($482,6 \pm 0,4$ mm). Powszechne stosowanie tego wymiaru stworzyło pewien standard. Za firmą Schroff w europejskim systemie Europac przyjęto wymiar 19" jako znormalizowany.

Obecnie wymiar ten jest zgodny z obowiązującymi normami międzynarodowymi: DIN 41 494, IEC 297, BS 5954, EIA RS 310-C.

W celu uproszczenia konstrukcji systemów elektroniki przemysłowej, oprócz szerokości 19" płyty czołowej, przyjęto standardowe jednostki wysokości HE (1HE = 44,45 mm). Taki sposób normalizacji umożliwia tworzenie modułowych system obudów.

Pojedyncza i podwójna karta Europa (inaczej eurokarta), jest powszechnie stosowanym formatem płytek drukowanych. Pasują one do ram i obudów na płytce o wysokości odpowiednio 3 i 6 HE.

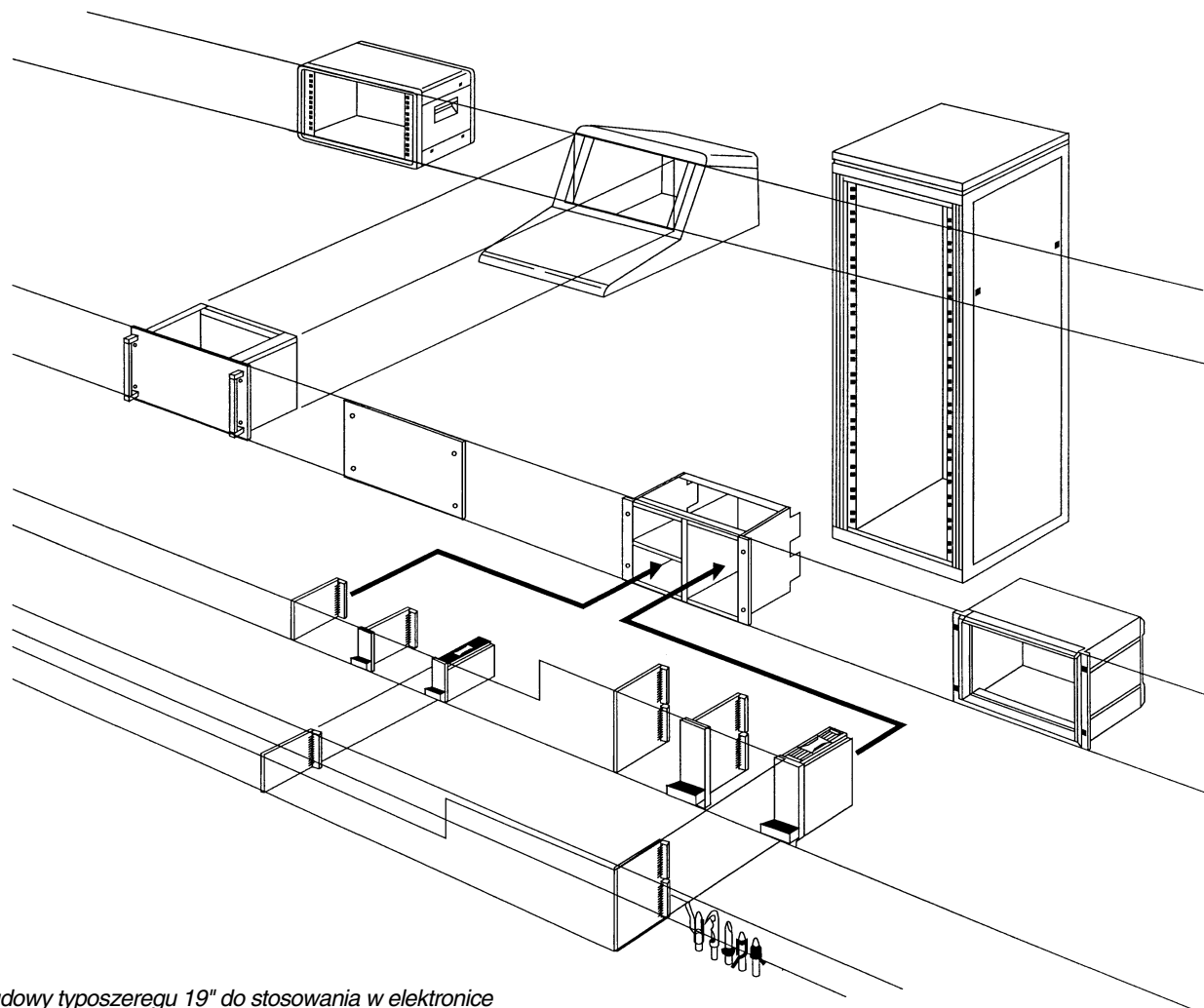
Podział szerokości na stałe moduły TE o wymiarze 5,08 mm = 1TE, umożliwia zmieszczenie 84 TE w szerokości 19". W systemach mikrokomputerowych przyjęto standardową odległość pomiędzy kartami, równą 4 TE (20,32 mm), ze względu na konstrukcję kart, uznano taki odstęp jako najwłaściwszy. Taki odstęp nazwano w uproszczeniu 1 *slot*.

Typoszereg obudów 19" daje użytkownikowi kompletny zestaw elementów do budowy obudów o różnych wymiarach, które spełniają również wymagania elektryczne i ochrony środowiska. Używając znormalizowanych części, można uzyskiwać szeroką gamę rozwiązań i wersji, przy bardzo niskiej cenie. Producenci oferują również kompletny zestaw akcesoriów dla szerokiej gamy zastosowań.

Wg. normy DIN system dzieli się na następujące poziomy (zobacz rysunek):

- *Poziom komponentu*, obejmuje płytkę drukowaną i złącze.
- *Jednostki wtykowe*, jak kasety z płytkami i proste moduły na płytkach drukowanych.
- *Płyty czołowe i ramy do płyt*
- *Obudowy do urządzeń* różnych rozmiarów, pasujące wprost do ram, szuflad lub (z kątownikami 19") do wbudowywania w szafy 19".
- *19" szuflady, szafki i stojaki*

Przy projekcie zabudowy zespołu płyt w szufladę lub szafkę, trzeba brać pod uwagę wymagania elektryczne, mechaniczne i ekranowanie. Należy też uwzględnić chłodzenie układów, ze względu na znaczną gęstość upakowania elementów i małą odległość między płytami.



Obudowy typoszeregu 19" do stosowania w elektronice

Przewodniki

Na ogół przewody i inne elementy przewodzące wykonywane są z miedzi. W niektórych tylko przypadkach i do celów specjalnych używa się srebra, aluminium, konstantanu itp. materiałów przewodzących. Rezystancja jest ważną własnością przewodników i można ją opisać wzorem:

$$R = \rho(L/A)$$

gdzie "R" to rezystancja, "ρ" jest stałą materiałową zwaną rezystywnością lub opornością właściwą, "L" to długość przewodnika, zaś "A" to pole powierzchni przekroju poprzecznego przewodnika.

Rezystancja jest zależna od temperatury. Dla metali zależność ta jest prawie liniowa, zgodnie ze wzorem:

$$R_T = R_{T_{ref}} + \alpha(T - T_{ref})R_{T_{ref}}$$

gdzie R_T jest rezystancją przy temperaturze T, $R_{T_{ref}}$ to rezystancja w temperaturze odniesienia, T to temperatura przewodnika T_{ref} to temperatura odniesienia, α - to temperaturowy współczynnik rezystancji.

Rezystywność ρ i współczynnik temperaturowy α dla kilku najczęściej występujących metali.

Metal	Rezystywność przy 20°C (10 ⁻⁶ Ωm)	Współczynnik temperaturowy (10 ⁻³ /°C)
Aluminium	0,027	4,3
Złoto	0,022	4,0
Żelazo	0,105	6,6
Miedź	0,0172	3,9
Nikiel	0,078	6,7
Srebro	0,016	3,8
Konstantan	0,50	±0,03
Mosiądz (ciśn.)	0,065	1,5
Stal (0,85% C)	0,18	-

Właśnie z powodu rezystancji następują straty mocy, powodujące wydzielanie ciepła i w rezultacie podwyższenie temperatury przewodnika. W celu umożliwienia właściwego doboru przewodu ze względu na podwyższenie temperatury używa się parametru "gęstość prądu" (S), tj. prąd/przekrój przewodnika. Przewody miedziane krótkie albo rozmieszczone swobodnie można obciążać 6-10 A/mm². W większych transformatorach i urządzeniach elektronicznych przyjmuje się typowo gęstość prądu ok. 2,5 A/mm², a dla mniejszych transformatorów 3-3,5 A/mm². Do samo-dzielnych obliczeń średnicy przewodu w zależności od prądu i gęstości prądu można skorzystać z następującego wzoru:

$$d = 1,13 \sqrt{I/S}$$

gdzie: d to średnica, I to prąd, zaś S to gęstość prądu.

W tabeli *Dane dla przewodów miedzianych*, podano prąd w odniesieniu do różnych średnic, gdy S = 3 A/mm².

Przy wysokich częstotliwościach elektrony poruszają się głównie przy powierzchni przewodnika, jest to tzw. zjawisko naskórkowości. Przy bardzo wysokich częstotliwościach (VHF i UHF) używa się przewodów, które mają dużo lepszą przewodność powierzchniową (np. są posrebrzane). Stosowane też bywają przewody o powierzchni większej niż wynika to z ich grubości - skrętki wielu przewodów (tzw. lica, składająca się z dużej ilości indywidualnie izolowanych przewodów).

Przewodniki z prądem muszą być *izolowane* od siebie, a także od metalowych i uziemionych elementów i materiałów. Najczęściej używanym materiałem izolacyjnym jest polichlorek winylu (PCW). Często spotyka się także gumę lub gumę EP, gumę silikonową lub neopren. Izolacje z tworzyw sztucznych to: polietylen (PE), polipropylen (PP), poliuretan (PUR), poliamid (nylon), PTFE (przez Du Ponta nazwany Teflonem), FEP (Teflon FEP).

W transformatorach, różnych cewkach i przekaźnikach używa się przewodów emaliowanych. Rozróżnia się kilka klas temperaturowych izolacji emaliowych. Bardzo wygodnie jest używać przewodów z emalią topiącą się podczas lutowania, ale w transformatorach i magnesach, które wytwarzają dużo ciepła muszą być stosowane przewody odporne na wysoką temperaturę, dlatego też lakier przed lutowaniem musi być zeszkrobywany.

W kablach koncentrycznych, do izolacji pomiędzy przewodem a ekranem, używa się zazwyczaj litego lub piankowego polietylenu, natomiast do izolacji zewnętrznej używa się zazwyczaj polichlorekiem winylu. W kablach miniaturowych i specjalnych, o niskich stratach, używa się PTFE do izolacji między przewodem wewnętrznym i zewnętrznym.

Podstawowym parametrem **kabla koncentrycznego** jest impedancja falowa, która charakteryzuje jego właściwości przy wysokich częstotliwościach. Ekran chroni przed emisją pola elektromagnetycznego i wpływem zakłóceń. Przy niższych częstotliwościach stanowi on jedynie ekranowanie elektrostatyczne.

W celu zwiększenia odporności na zakłócenia używa się **kabla bifilarnego** - skręconej pary przewodów. Kable do zastosowań akustycznych wykonuje się w ten sposób, że oba przewody są otoczone opłotem ekranującym. Pod opłot daje się czasami folię metalową służącą jako dodatkowe ekranowanie. Nazywa się go wówczas podwójnie ekranowanym. Do celów specjalnych wykonuje kable wielożyłowe których przewody są ekranowane parami.

ŚWIATŁOWODY mogą przenosić światło od diody świecącej lub lasera do detektora światłoczułego. Zasada działania światłowodu jest następująca: promień wchodzący ukierunkowany jest pod małym kątem do osi kabla; ponieważ rdzeń ma wyższy współczynnik załamania światła niż otaczająca go warstwa, następuje całkowite wewnętrzne odbicie w kierunku środka rdzenia.

Światłowody z włókna szklanego posiadają bardzo niskie tłumienie, zaledwie 1 dB na kilometr. Tłumienie we włóknach plastikowych jest znacznie wyższe, ale ten rodzaj światłowodu jest bardzo tanią alternatywą przy krótkich odległościach < 100 m np. w budynku fabrycznym. Włókna plastikowe są tanie i proste w montażu w odróżnieniu od włókien szklanych, które wymagają specjalnych złącz skomplikowanych. Włókno plastikowe ma najczęściej rdzeń o średnicy 1mm, podczas gdy rdzeń włókna szklanego ma średnicę 5-10 μm. Zobacz PRZEWODY I KABLE, Nieco Teorii - Światłowody.

Opisy i nazewnictwo kabli

Różne normy używają różnych systemów do oznakowania - opisanie kabli. Kilka z nich przedstawiamy poniżej.

CENELEC jest to europejska organizacja, która ma za zadanie ułatwianie wymiany handlowej między uczestniczącymi w niej krajami. Zadaniem CENELEC jest, na ile to możliwe, normalizowanie opisów technicznych i różnic w narodowych przepisach i normach dotyczących urządzeń elektrycznych. Kabel, który jest skonstruowany i wyprodukowany wg. dokumentu normalizującego HD, musi być wyposażony w oznakowanie HAR, a także opis pochodzenia. (Należy porównać z Polską Normą PN.)

Kable energetyczne i instalacyjne – Oznaczenia typów według CENELEC

Oznaczenia typów

Przykład: H 05 V V – F 3 G 1,5

Tabela: 1 2 3 4 5 6 – 7 8 9 10 11 + 9 10 11

Tabela 1 – Typ standardu

Symbol	Znaczenie
H	Kabel zgodny ze standardem CENELEC
A	Akceptowany przez CENELEC standard krajowy kompletujący ustalony standard CENELEC.

Tabela 2 – Napięcie znamionowe

Symbol	Znaczenie
01	100/100 V
03	300/300 V
05	300/500 V
07	450/750 V

Tabela 3 – Izolacja

Symbol	Znaczenie
B	Guma etenpropenowa (EPR) dla temp. pracy 90°C
G	Etenwinylacetat (EVA)
J	Plecionka z włókna szklanego
M	Materiał mineralny
N	Guma chloroprenowa (CR) lub jej odpowiednik
N2	Specjalna mieszanka chloroprenowa do kabli spawalniczych wg HD 22.6
N4	Polieten chlorosulfonowany (CSM) lub polieten chlorinowany
N8	Specjalna, odporna na wodę guma polichloroprenowa
Q	Poliuretan (PUR)
Q4	Poliamid
R	Guma etenpropenowa (normalnie) lub odpowiedni syntetyczny elastomer dla temp. rob. 60°C.
S	Guma silikonowa
T	Plecionka tekstylna, z lub bez impregnacji
T6	Plecionka tekstylna, bez lub z impregnacją na każdym przewodzie w kablu wielożyłowym

V	Polichlorek winilu (PCW) (normalnie)
V2	PCW dla max temp. rob. 90°C
V3	PCW dla kabli instalowanych w niskiej temp.
V4	Usieciowiony PCW
V5	Odpomy na oleje PCW
Z	Mieszanka oparta na usieciowionym poliolefinie o małym wydzielaniu gazów korozyjnych, odpowiednia do kabli o niewielkie emisji dymu.
Z1	Mieszanka oparta na poliolefinie, tworzywie o małym wydzielaniu gazów korozyjnych, odpowiednia do kabli o niewielkie emisji dymu.

Tabela 4 – Płaszcze metalowe, przewodniki koncentryczne, ekrany

Symbol	Znaczenie
C	Koncentryczny przewodnik miedziany
C4	Ekran miedziany, wykonany jako plecionka

Tabela 5 – Płaszcze niemetalowe

Patrz zawartość tabeli 3.

Tabela 6 – Specjalne konstrukcje i specjalne wykonania

Symbol	Znaczenie
D3	Konstrukcja odporna na rozciąganie składająca się z jednego lub wielu komponentów z materiałów tekstylnych lub metalowych umieszczonych w centrum kabla okrągłego lub rozłożonych w kablu płaskim.
D5	Wypełnienie (rozciągliwe) w centrum kabla (tylko kable do wind)
(żaden)	Kabel o przekroju okrągłym
H	Płaski, podzielny kabel, z płaszczem lub bez
H2	Płaski, niepodzielny kabel
H6	Płaski kabel z 3 lub więcej przewodnikami, wg HD 359 lub EN 50214
H7	Kabel z podwójną warstwą oksydowanej izolacji
H8	Przewodnik spiralny

Tabela 7 – Materiał przewodnika

Symbol	Znaczenie
(żaden)	Miedź
-A	Aluminium

Tabela 8 – Rodzaj przewodnika

Symbol	Znaczenie
-D	Wielodrutowy, do kabli spawalniczych wg HD 22 Part 6 (zginanie inne niż wg HD 383, Klasa 5)
-E	Wielodrutowy (cienkie żyły), do kabli spawalniczych wg HD 22 Part 6 (zginanie inne niż wg HD 383, Klasa 6)
-F	Wielodrutowy, do kabli podłączeniowych (zginanie wg HD 383, Klasa 5)
-H	Cienkożyłowy przewodnik do kabla podłączeniowego (zginanie wg HD 383, Klasa 6)
-K	Wielodrutowy, do kabli do instalacji stałych (zginanie wg HD 383, Klasa 5, jeżeli nie podano inaczej)
-R	Wielodrutowy, okrągły przewodnik
-U	Jednożyłowy, okrągły przewodnik
-Y	Linka

Tabela 9 – Ilość przewodników

Symbol	Znaczenie
(liczba)	Ilość przewodników

Tabela 10 – Przewodnik chroniący

Symbol	Znaczenie
X	Zielono/żółty, bez przewodnika zabezpieczającego
G	Zielono/żółty, z przewodnikiem zabezpieczającym

Tabela 11 – Przekrój przewodnika

Symbol	Znaczenie
(liczba)	Nominalny przekrój przewodnika (w mm ²)
/	Znak oddzielający przed cyfrą, oznaczający przekrój (w mm ²) przewodnika koncentrycznego
Y	Linka, bez podania przekroju przewodnika

Publikacja za zgodą Szwedzkiej Komisji Elektrycznej, SEK.

**Kable energetyczne, układów sterowania i instalacyjne
Opis literowy wg szwedzkiego standardu SS 424 17 01**

Pierwsza litera	Druga litera	Trzecia litera	Czwarta litera	Piąta litera
Przewodnik	Rodzaj izolacji	Płaszcz lub inna konstrukcja	Konstrukcja lub stosowanie	Konstrukcja lub stosowanie
A Al	B Odporny na płomień, poliolefin (bez halogenu)*	A Ekran z folii Al	B Druk łączący	E Wzmocniony
B Stop Al	C Impregnowany papier	B Odporny na płomień, poliolefin (bez halogenu)*	E Wzmocniony	K PCW
E Cu, jednożyłowy	D Guma + gumowy płaszcz	C Koncentryczny drut miedziany	F Plecionka Cu lub stalowa	L PE
F Cu, kilkożyłowy	E Guma etenopropenowa	F Plecionka z drutu miedzianego	H Kabel do wind	
J Druk stalowy	H Guma silikonowa	I Płaszcz z tworzywa uretan	J Do instalacji w ziemi	
R Cu, wielożyłowy	I Tworzywo uretan	J Zbrojony drutem stalowym	K PCW	
S Cu, cienkie druty	K PCW	K PCW	P Zbrojony cynkowaną taśmą stalową	
	L Polietylen (PE)	L Ekran z plastik. taśmą Al	R Kabel do układów ster.	
	O Guma chloroprenowa	O Guma chloroprenowa	K Samonośny	
	Q Odporny na płomień, poliolefin (bez halogenu)*	P Zbrojony cynk. taśmą stal.	T Ciężki kabel podłącz.	
	T Tworzywo fluorowe	Q Odporny na płomień, poliolefin (bez halogenu)*	V Do instalacji w wodzie	
	V Guma bez płaszcza zewn.	R Zbrojony plastikowaną taśmą Al	Z Do instalacji neonowych	
	X Poprzeczny polietylen	T Zbrojony drutem stalowym		
	Z Odporny na płomień, wiąz. poliolefin (bez halogenu)*	U Bez płaszcza zewnętrznego		
		V Guma etenopropenowa		
		X PCW, owalny przekrój		
		Z Odporny na płomień, wiąz. poliolefin (bez halogenu)*		

* Wydziela małe ilości dymu

Publikacja za zgodą Szwedzkiej Komisji Elektrycznej, SEK.

Kable telefoniczne – oznaczenia typów według szwedzkiego standardu SS 424 16 75

Pierwsza litera Elektryczny lub optyczny przewodnik	Druga litera Izolacja przewodnika lub ochrony wtórnnej	Trzecia litera Osłona lub inny detal konstrukcyjny	Czwarta litera Detal konstrukcji lub inna właściwość	Piąta litera Detal konstrukcji lub inna właściwość
A Al gołe	A Włókno pokryte akrylem	A Ekran z taśmy AL		
B Stop Al	B	B Płaszcz ołowiany	B Drut łącz.	B Kabel bez halogenu, odp. na płomień
C Brąz	C Połącz. poliolefinu komórk. i jednorodnego		C	C Kabel z wtopioną linką nośną
D Szkło/plastik, włókno	D	D	D	D Kabel tylko z dielektrycznego materiału
E Cu, jednożyłowy	E	E Ekran indywidualny pojed. lub grupa	E	E Wykonanie wzmocnione lub kabel niskopojemnościowy
F Cu, wielożyłowy	F	F Plecionka metalowa, oplot metalowy lub odciążenie metalowe		
G Szkło/szkło, włókno	G	G	G	G Niemetalowe wzmocnienie plecionki, oplotu lub odciążenia
H Wiązka włókna	H	H	H	H Przewody wokół odciążenia
I	I	I	I	I Termoplastyczny astomer poliuretanowy (TPU)
J Pokryty Cu drut stalowy	J Włókno bez osłony wtórnej	J	J	J Zbrojenie z taśmy stalowej
K Para koncent.	K PCW			
L Plastik przewodzący	L Polieten (PE)			
M Cu, wielożyłowy	M PP	M	M	M Płaszcz metalowy, niekarbowany
N	N PA			
O	O	O	O	O Termoplastyczny elastomer
P Plastik/plastik, włókno	P Papier, nieimpregnowany	P	P	P Zbrojenie z taśmy stalowej, cynkowanej
Q	Q	Q	Q	Q Bezhalogenowy, odporny na ogień
R Cu, bardzo dużo żył	R Poliester		R	R Kabel sygnałowy
S Cu, cienkie żyły	S Rdzeń		S	S Samonośny
T Cu, b. cienkie żyły	T Fluoreten PTFE, FEP	T	T	T Zbrojenie z drutu stalowego, cynkowanego
U	U Cellpoliolefin	U	U	U Kabel wytrzymały na ogień
V	V	V	V	V Blokada wody
W	W	W	W	W Płaszcz metalowy, karbowany
X	X	X	X	X Nieodporny na warunki pogodowe
Y	Y	Y	Y	Y Odporny na warunki pogodowe
Z Linka	Z	Z	Z	Z Ekran z taśmy Cu

Publikacja za zgodą Szwedzkiej Komisji Elektrycznej, SEK.

Poniższe litery oznaczają właściwości i są podane w porządku alfabetycznym.

- B Kabel bezhalogenowy, odporny na płomień
- C Kabel z wtopioną linką nośną
- D Kabel tylko z dielektrycznego materiału
- E Wykonanie wzmocnione lub kabel niskopojemnościowy
- H Przewody wokół odciążenia
- S Kabel samonośny
- U Kabel wytrzymały na ogień
- V Blokada wody
- X Nieodporny na warunki pogodowe
- Y Odporny na warunki pogodowe

Oznaczenia szwedzkie

Przykłady:

KABLE SIECIOWE

RDOE Odporny na oleje kabel z izolacją z gumy chloroprenowej

REV Kabel z izol. gumową, do użytku wewnątrz budynków

RKK Kabel okrągły izolowany tworzywem sztucznym

SKX Kabel owalny izolowany tworzywem sztucznym

KABLE NISKONAPIĘCIOWE

EKKX Jednożyłowy kabel telefoniczny izolowany PCW

RKUB Extra wielożyłowy kabel do połączeń w pojazdach

Oznaczenia niemieckie

LiYCY to często występujący kabel oznaczony według standardu niemieckiego.

J Kabel instalacyjny

S Kabel sygnałowy

Li Przewód wielożyłowy

C Pleciony ekran miedziany

(L) Ekran z folii aluminiowej

Izolacja i materiał płaszcz

Y PCW

2Y PE

5Y PTFE

11Y PUR

2G Guma silikonowa

5G Guma chloroprenowa

Przykład: LiYCY = wielożyłowy, izolacja PCW, z ekranem, płaszcz PCW.

Kodowanie barwne i numeracja przewodów

Szwedzki standard kabli telefonicznych, z parami skręcanymi, np. EKKX

Nr pary	Kolor przewodników pary	
1	Biały	Niebieski
2	Biały	Pomarańcz.
3	Biały	Zielony
4	Biały	Brązowy
5	Biały	Szary
6	Czerwony	Niebieski
7	Czerwony	Pomarańcz.
8	Czerwony	Zielony
9	Czerwony	Brązowy
10	Czerwony	Szary
11	Czarny	Niebieski
12	Czarny	Pomarańcz.

13	Czarny	Zielony
14	Czarny	Brązowy
15	Czarny	Szary
16	Żółty	Niebieski
17	Żółty	Pomarańcz.
18	Żółty	Zielony
19	Żółty	Brązowy
20	Żółty	Szary

Kable energetyczne 450/750 V

Nr przew.	Kod barwny
2	Błękitny, brązowy
3	Żółty/zielony, brązowy, błękitny
4	Żółty/zielony, brązowy, błękitny, czarny
5	Żółty/zielony, czarny, brązowy, błękitny

DEF STAN 61-12 (Angielski standard obronny)

Kable max 25 przewod.	Nr	Kable 25 do 36 przewod.
Czerwony	1	Czerwony
Niebieski	2	Niebieski
Zielony	3	Zielony
Żółty	4	Żółty
Biały	5	Biały
Czarny	6	Czarny
Brązowy	7	Brązowy
Fioletowy	8	Fioletowy
Pomarańcz.	9	Pomarańcz.
Różowy	10	Różowy
Turkusowy	11	Turkusowy
Szary	12	Szary
Czerw./nieb.	13	Czerw./nieb.
Ziel./czerw.	14	Ziel./czerw.
Żółto/czerw.	15	Żółto/czerw.
Biały/czerw.	16	Biały/czerw.
Czerw./czar.	17	Czerw./czar.
Czerw./brąz.	18	Czerw./brąz.
Żółty/nieb.	19	Żółty/nieb.
Biały/nieb.	20	Biały/nieb.
Nieb./czarny	21	Nieb./czarny
Pom./nieb.	22	Pom./nieb.
Żółty/ziel.	23	Ziel./nieb.
Biały/ziel.	24	Szary/nieb.
Pom./ziel.	25	Żółty/ziel.
	26	Biały/ziel.
	27	Ziel./czarny
	28	Pom./ziel.
	29	Szary/ziel.
	30	Żółty/brąz.
	31	Biały/brąz.
	32	Brąz./czarny
	33	Szary/brąz
	34	Żółty/fiolet.
	35	Fiolet./czarny
	36	Biały/fiolet.

DIN 47100

(skręcane parami i wielożyłowe)

Nr pary	Nr przew.	Kolor
1	1	Biały
1	2	Brązowy
2	3	Zielony
2	4	Żółty
3	5	Szary
3	6	Różowy
4	7	Niebieski
4	8	Czerwony
5	9	Czarny
5	10	Fioletowy
6	11	Szary/różowy
6	12	Niebieski/czerwony
7	13	Biały/zielony
7	14	Brązowy/zielony
8	15	Biały/żółty
8	16	Żółty/brązowy
9	17	Biały/szary
9	18	Szary/brązowy
10	19	Biały/różowy
10	20	Różowy/brązowy
11	21	Biały/niebieski
11	22	Brązowy/niebieski
12	23	Biały/czerwony
12	24	Brązowy/czerwony
13	25	Biały/czarny
13	26	Brązowy/czarny
14	27	Szary/zielony
14	28	Żółty/szary
15	29	Różowy/zielony
15	30	Żółty/różowy
16	31	Zielony/niebieski
16	32	Żółty/niebieski
17	33	Zielony/czerwony
17	34	Żółty/czerwony
18	35	Zielony/czarny
18	36	Żółty/czarny
19	37	Szary/niebieski
19	38	Różowy/niebieski
20	39	Szary/czerwony
20	40	Różowy/czerwony
21	41	Szary/czarny
21	42	Różowy/czarny
22	43	Niebieski/czarny
22	44	Czerwony/czarny
23	45	Biały
23	46	Brązowy
24	47	Zielony
24	48	Żółty

Tabela danych przewodów miedzianych

Średnica przewodu gołego w mm	Średnica Przew. z emalią mm	Przekr mm ²	Nr AWG	Rezyst. przy 20 °C Ω/km	Prąd przy 3 A/mm ² mA	Długość m/100 g	Masa 100 g/km
0,04	0,05	0,0013	46	13700	3,8	8200	0,12
0,05	0,06	0,0020	44	8750	6	5400	0,18
0,06	0,07	0,0028	42	6070	9	3800	0,22
0,07	0,08	0,0039	41	4460	12	2800	0,35
0,08	0,09	0,0050	40	3420	15	2100	0,47
0,09	0,11	0,0064	39	2700	19	1700	0,59
0,10	0,12	0,0078	38	2190	24	1400	0,71
0,11	0,13	0,0095	37	1810	28	1100	0,91
0,12	0,14	0,011		1520	33	950	1,00
0,13	0,15	0,013	36	1300	40	820	1,21
0,14	0,16	0,015	35	1120	45	710	1,40
0,15	0,17	0,018		970	54	620	1,60
0,16	0,18	0,020	34	844	60	560	1,80
0,17	0,19	0,023		757	68	490	2,05
0,18	0,20	0,026	33	676	75	440	2,25
0,19	0,21	0,028		605	85	390	2,55
0,20	0,22	0,031	32	547	93	360	2,77
0,25	0,27	0,049	30	351	147	230	4,35
0,30	0,33	0,071	29	243	212	160	6,25
0,35	0,38	0,096	27	178	288	120	8,35
0,40	0,43	0,13	26	137	378	90	11,15
0,45	0,48	0,16	25	108	477	70	14,10
0,50	0,53	0,20	24	87,5	588	57	17,50
0,55	0,58	0,24		72,3	715	47	21,01
0,60	0,64	0,28		60,7	850	40	25,0
0,65	0,69	0,33	22	51,7	1,0 A	34	29,4
0,70	0,74	0,39		44,6	1,16	29	34,5
0,75	0,79	0,44		38,9	1,32	25	40,0
0,80	0,84	0,50	20	34,1	1,51	22	45,5
0,85	0,89	0,57		30,2	1,70	20	50,0
0,90	0,94	0,64	19	26,9	1,91	18	55,5
0,95	0,99	0,71		24,3	2,12	16	62,5
1,00	1,05	0,78	18	21,9	2,36	14	71,5
1,10	1,15	0,95		18,1	2,85	12	83,5
1,20	1,25	1,1		15,2	3,38	10	100,0
1,30	1,35	1,3	16	13,0	3,97	8,5	118,0
1,40	1,45	1,5		11,2	4,60	7,5	140,0
1,50	1,56	1,8		9,70	5,30	6,4	155,0
1,60	1,66	2,0	14	8,54	6,0	5,5	179,0
1,70	1,76	2,3		7,57	6,7	5,0	200,0
1,80	1,86	2,6	13	6,76	7,6	4,5	225,0
1,90	1,96	2,8		6,05	8,5	4,0	250,0
2,00	2,06	3,1	12	5,47	9,40	3,5	285,5

Tabela przeliczeniowa wymiarów AWG i budowy kabla.

Wymiar AWG	Ilość przewodów xAWG	Ilość przewodów x Ø mm.	Przekrój mm ²	Średnica kabla bez izolacji mm
1	1x1	1x7,35	42,4	7,35
1	259x25	259x0,45	42,1	9,50
1	817x30	817x0,25	41,4	9,70
2	1x2	1x6,54	33,6	6,54
2	133x23	133x0,57	34,4	8,60
2	665x30	665x0,25	33,8	8,60
3	1x3	1x5,83	26,7	5,83
3	133x24	133x0,51	27,2	7,60
4	1x4	1x5,19	21,1	5,19
4	133x25	133x0,45	21,6	6,95
5	1x5	1x4,62	16,8	4,62
6	1x6	1x4,11	13,2	4,11
6	133x27	133x0,36	13,6	5,51
7	1x7	1x3,66	10,5	3,67
8	1x3,66	1x3,26	8,37	3,26
8	133x29	133x0,29	8,61	4,38
9	1x9	1x2,91	6,83	2,91
10	1x10	1x2,59	5,26	2,59
10	105x30	105x0,25	5,32	2,85
11	1x11	1x2,30	4,17	2,30
12	1x12	1x2,05	3,31	2,05
12	18x25	18x0,45	3,09	2,24
12	37x28	37x0,32	2,99	2,31
13	1x13	1x1,83	2,70	1,83
14	1x14	1x1,63	2,08	1,63
14	18x27	18x0,36	1,94	1,76
14	41x30	41x0,25	2,08	1,83
15	1x15	1x1,45	1,65	1,45
16	1x16	1x1,29	1,31	1,29
16	18x29	18x0,29	1,23	1,40
16	28x30	28x0,25	1,32	1,47
17	1x17	1x1,15	1,04	1,15
18	1x18	1x1,03	0,824	1,03
18	7x26	7x0,40	0,897	1,03
18	19x30	19x0,25	0,963	1,02
19	1x19	1x0,91	0,653	0,91
20	1x20	1x0,81	0,519	0,81
20	7x28	7x0,32	0,563	1,01
20	10x30	10x0,25	0,507	0,97

Wymiar AWG	Ilość przewodów xAWG	Ilość przewodów x Ø (mm)	Przekrój mm ²	Średnica kabla bez izolacji mm
21	1x21	1x0,72	0,412	0,72
22	1x22	1x0,64	0,325	0,64
22	7x30	7x0,25	0,355	0,80
22	19x34	19x0,16	0,382	0,78
23	1x23	1x0,57	0,259	0,57
24	1x24	1x0,51	0,205	0,51
24	7x32	7x0,20	0,227	0,64
24	19x36	19x0,13	0,241	0,62
25	1x25	1x0,45	0,163	0,45
26	1x26	1x0,40	0,128	0,40
26	7x34	7x0,16	0,140	0,50
26	19x38	19x0,10	0,154	0,50
27	1x27	1x0,36	0,102	0,36
28	1x28	1x0,32	0,080	0,32
28	7x36	7x0,13	0,089	0,40
28	19x40	19x0,08	0,092	0,39
29	1x29	1x0,29	0,065	0,29
30	1x30	1x0,25	0,051	0,25
30	7x38	7x0,10	0,057	0,33
30	19x42	19x0,06	0,057	0,36
31	1x31	1x0,23	0,040	0,23
32	1x32	1x0,20	0,032	0,20
32	7x40	7x0,08	0,034	0,26
33	1x33	1x0,18	0,025	0,18
34	1x34	1x0,16	0,020	0,16
34	7x42	7x0,06	0,022	0,21
35	1x35	1x0,14	0,016	0,14
36	1x36	1x0,13	0,013	0,13
37	1x37	1x0,11	0,010	0,11
38	1x38	1x0,10	0,009	0,10
39	1x39	1x0,09	0,006	0,09
40	1x40	1x0,08	0,005	0,08
41	1x41	1x0,07	0,004	0,07
42	1x42	1x0,06	0,003	0,06

AWG oznacza American Wire Gauge i jest amerykańskim systemem jednostek, używanym do klasyfikacji grubości przewodów i kabli. System AWG został opracowany przez J.R. Browną w 1857 r. Nie ma arytmetycznego przelicznika pomiędzy systemem metrycznym i systemem AWG.

Światłowody

Światłowody mają wiele zalet w porównaniu z przewodami miedzianymi. Transmisja światła jest niewrażliwa na zakłócające pola elektromagnetyczne, co jest szczególnie istotne w środowisku przemysłowym. Innym powodem stosowania optycznej transmisji sygnału jest możliwość wykorzystania bardzo szerokiego pasma, dlatego nadaje się on szczególnie do telefonii, transmisji danych i sygnałów telewizyjnych w formie cyfrowej.

Zasada działania światłowodu polega na użyciu dwóch materiałów przewodzących światło o różnych współczynnikach załamania. Współczynnik załamania w rdzeniu jest nieco wyższy niż w płaszczu. Promień świetlny przemieszcza się cały czas w rdzeniu ponieważ następuje całkowite wewnętrzne odbicie: promień odbija się od płaszczyzny przejścia rdzenia do płaszcza. Wokół płaszcza znajduje się izolacja ochronna.

Światłowody wykonuje się zasadniczo jako jednomodowe i wielomodowe. Światłowody wielomodowe, można podzielić na dwa typy: o współczynniku skokowym i gradientowym, najczęściej spotykane są światłowody o płynnej zmianie współczynnika załamania pomiędzy rdzeniem a płaszczem, czyli gradientowe.

W światłowodzie wielomodowym, rdzeń jest dość gruby, ma ok. 50 mikrometrów, czyli jego średnica jest wielokrotnie większa niż długość fali przenoszonego światła. Promień światła może składać się z wielu składowych, z wielu modów, które mogą być przenoszone jednocześnie. Jeżeli zmniejszy rdzeń dostatecznie (do ok. 5-10 mikrometrów, dla długości fali światła 1,3 mikrometra), to światłowód może przewodzić jedynie jeden mod. Będzie to światłowód typu jednomodowego. Ze względu na bardzo dobre własności częstotliwościowe posiada on możliwość gęstego upakowania informacji - posiada dużą pojemność kanału przenoszenia. Wadą takiego rozwiązania jest cienki rdzeń, co utrudnia łączenie światłowodów ze sobą.

Czymś pośrednim między światłowodem o pojedynczym modzie i kablami światłowodowymi o współczynniku skokowym, jest kabel światłowodowy gradientowy. W kablu takim współczynnik załamania zmniejsza się sukcesywnie od środka rdzenia na zewnątrz. Promień świetlny, który ukośnie chce wydostać się z centrum kabla jest uginany w sposób ciągły i kierowany z powrotem w stronę środka kabla. Rdzeń w światłowodzie gradientowym jest tak gruby, że jednocześnie może on przenosić wiele modów światła.

Długość kabla światłowodowego jest ograniczona przez jego dyspersję i tłumienie. Dyspersja powoduje, że poszczególne promienie światła mają różny czas przebiegu przez światłowód. Impuls świetlny ulega poszerzeniu (rozmyciu), co ogranicza częstotliwość maksymalną powtarzania impulsów, czyli szerokość pasma przenoszenia. Jest to szczególnie istotne przy światłowodach wielomodowych ponieważ różne mody mają różne czasy przebiegu, a to ogranicza szerokość pasma. Zjawiska te nie występują w światłowodzie jednomodowym. W światłowodach tak jedno, jak i wielomodowych, istnieje również naturalna dyspersja materiału, która jest spowodowana zmianami współczynnika załamania światła w szkle zależnego od długości fali i od niejednorodności struktury materiału.

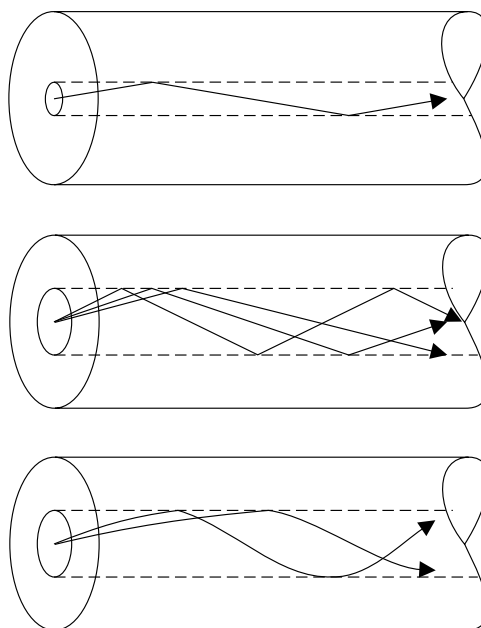
Dyspersja zależy od tego, że prędkość, a co za tym idzie czas przebiegu zmieniają się w zależności od współczynnika załamania według

$$v = c_0/n$$

gdzie c_0 to prędkość światła w próżni a n to współczynnik załamania.

Tłumienie i dyspersja zależą od długości fali i materiału światłowodu. Pierwsze włókna wykonane w roku 1970 posiadały tłumienie rzędu 20 dB/km. Z postępem technologicznym zaczęto produkować światłowody o znacznie niższym tłumieniu, zoptymalizowano długość fal pod względem najmniejszego tłumienia. Pierwsza generacja światłowodów pracowała ze światłem o długości fali 0,85 μm , druga generacja 1,3 μm , a trzecia 1,55 μm . Najniższe teoretyczne tłumienie występuje przy fali długości 1,55 μm i wynosi 0,16 dB/km, podczas gdy najmniejsza dyspersja występuje przy fali o długości 1,3 μm .

Złożonym problemem jest cięcie i łączenie światłowodów ze sobą. Zwłaszcza dotyczy to światłowodów jednomodowych, gdzie cienkie rdzenie w każdym segmencie kabla muszą być w stosunku do siebie ułożone idealnie centrycznie. Na styku powstają również tzw. odbicia Fresnela, zwiększające tłumienność połączeń. Na przejściach można ograniczyć straty do teoretycznej granicy ok. 4%. Tłumienie na złączach jest zmienne i zawiera się między 0,2 i 2 dB w zależności od typu użytego złącza i jakości wykonania.



Trzy różne typy światłowodów: 1. W światłowodzie jednomodowym, przenosi się tylko jeden mod. Oznacza to, że wszystkie promienie odbijane są pod tym samym kątem do powierzchni płaszcza. Wszystkie promienie mają więc jednakową drogę do przebycia i zajmuje to taki sam czas. Oznacza to, że nie powstaje dyspersja. 2. W grubym światłowodzie, jest możliwość występowania różnych kątów odbicia i w związku z tym następuje rozmycie krawędzi przesyłanego sygnału, czyli dyspersja. 3. W światłowodzie gradientowym promienie uginają się w sposób ciągły.

Cewki i dławiki

Elementy indukcyjne tj. cewki i dławiki stosuje się w obwodach, których własności zależą od częstotliwości. Cewka, która służy do tłumienia napięcia zmiennego nazywana jest dławikiem.

Zwykle wykonane są one w postaci pewnej ilości zwojów drutu miedzianego, nawiniętego na rdzeniu magnetycznym, lub bez rdzenia. Produkuje się wiele różnych rodzajów elementów, o indukcyjności od kilku nanohenrów (nH) do dziesiątków henrów (H).

Indukcyjność jest to cecha cewki, która przeciwdziała wszelkim zmianom płynącego przez nią prądu. Mechanizm ten wynika z działania siły elektromotorycznej (SEM) indukcji w cewce. Cewka o indukcyjności 1 H daje siłę elektromotoryczną 1 V, jeżeli prąd przepływający zmienia się z prędkością 1 A/s (1 H = 1 Vs/A).

Przykłady zastosowań

Oto kilka przykładów zastosowania cewek, lub dławików:

Filtry strojone (obwody rezonansowe). Służą do wybierania, lub tłumienia pewnych częstotliwości. Do tego potrzebne są cewki o wysokiej wartości Q (dobroci) i dobrej stabilności. Cewki takie na ogół nawinięte są bez rdzenia, albo mają rdzeń karbonylkowy lub ferrytowy - często ze szczeliną powietrzną. Popularne są również cewki toroidalne, cewki o regulowanej indukcyjności, ekranowane lub bez ekranu.

Filtry RFI (przeciwzakłócenieniowe). Służą do tłumienia niepożądanych sygnałów wcz. (zakłóceń). Cewka taka powinna mieć wysoką impedancję w dużym zakresie częstotliwości (niska dobroć Q). Nadają się tu cewki z rdzeniami ferrytowymi. Przy małych prądach często stosuje się rdzenie toroidalne, które mają obwód magnetyczny zamknięty i małe pole rozproszenia. Przy wyższych prądach wprowadza się szczelinę, albo stosuje się rdzeń z otwartym obwodem magnetycznym, np. pręt ferrytowy.

Filtrowanie prądu stałego i magazynowanie energii. W impulsowych zasilaczach sieciowych stosuje się dławiki do filtracji zakłóceń o wysokich częstotliwościach, a w przetwornicach DC/DC - do magazynowania energii. W takich przypadkach ważne jest, aby cewka dobrze pracowała przy dużej składowej stałej bez nasycenia rdzenia. W tych zastosowaniach najczęściej stosuje się rdzenie ferrytowe.

Impedancja cewki

Cewki przedstawiają dla prądu zmiennego oporność zależną od częstotliwości, która nazywana jest reaktancją i oporność dla prądu stałego, która jest w istocie rezystancją zastosowanego drutu. *Reaktancję indukcyjną* (X_L) oblicza się ze wzoru

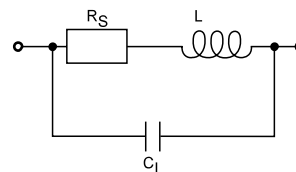
$$X_L = \omega L$$

gdzie ω = częstotliwość kątowna ($2 \times \pi \times f$) w rad/s, f = częstotliwość w Hz a L = indukcyjność w henry

Impedancja (Z) cewki przy danej częstotliwości jest wartością zespoloną rezystancji i reaktancji.

$$Z = \sqrt{X_L^2 + R^2}$$

Ażeby było łatwiej zrozumieć cewkę jako element obwodu elektrycznego, możemy zastosować uproszczony schemat zastępczy:



Schemat zastępczy cewki. L = indukcyjność, R_S = rezystancja szeregową (rezystancja drutu + pozostałe straty w drucie i rdzeniu), C_L = pojemność własna cewki np. pojemność między warstwami uzwojenia, zwana również pojemnością upływnościową, pasożytniczą albo rozproszoną.

Dobroć-Q (Q od ang. Quality), jest stosunkiem reaktancji cewki do rezystancji szeregowej. Niższa rezystancja daje wyższą dobroć i filtry mają wówczas większe nachylenie zbocza.

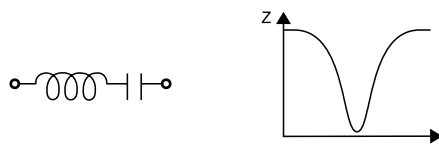
$$Q = X_L / R_S$$

Rezonans

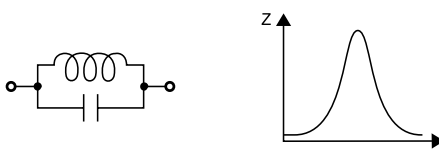
Cewka wspólnie z kondensatorem tworzy obwód rezonansowy, który charakteryzuje się częstotliwością rezonansową tj. taką, przy której reaktancje cewki i kondensatora są równe. Przy tej częstotliwości całkowita impedancja układu cewka-kondensator jest najniższa przy połączeniu szeregowym, zaś najwyższa przy połączeniu równoległym. Wzór na *częstotliwość rezonansową* jest następujący:

$$f = 1 / (2\pi \times \sqrt{LC})$$

- Częstotliwość jest w Hz, o ile L jest podawane w H, zaś C w F. Jeśli L i C podaje się odpowiednio w μH i μF , to częstotliwość otrzymamy w MHz.



Połączenie szeregowe.



Połączenie równoległe

Pojemność własna cewki (C_L) wraz z indukcyjnością tworzy obwód rezonansowy. Częstotliwość takiego obwodu nazywana jest *częstotliwością rezonansu własnego* (SRF). Pojemność własna może stwarzać problemy przy wyższych częstotliwościach, o ile nie uwzględnimy jej przy obliczeniach. Częstotliwość przy pomiarze dobroci powinna wynosić nie więcej niż 1/10 tej częstotliwości.

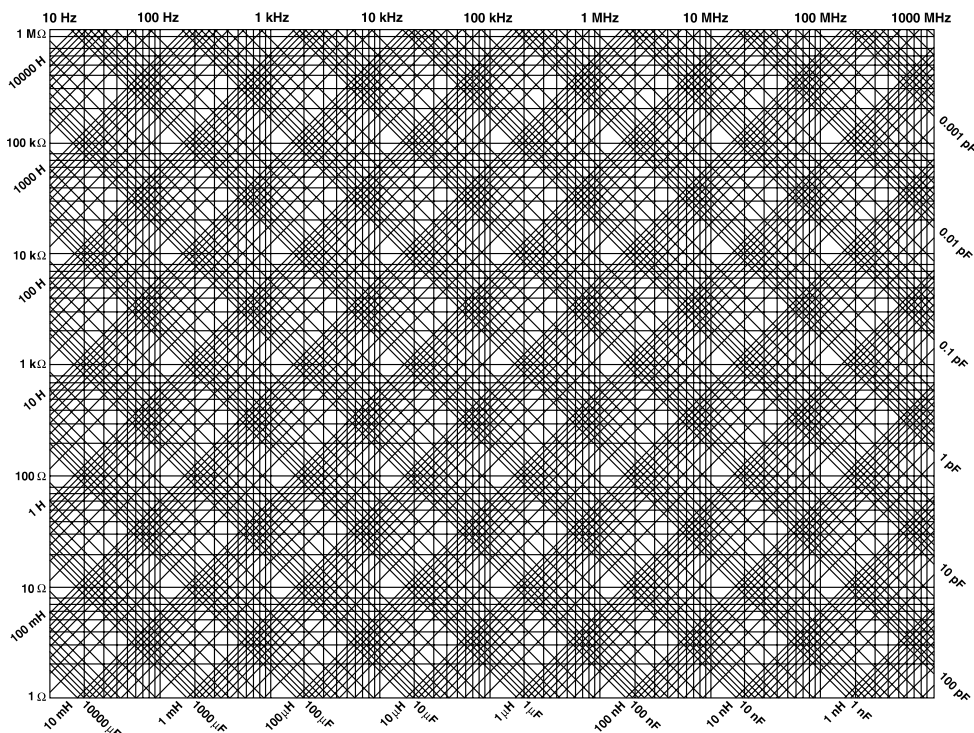


Diagram pokazujący zależność między indukcyjnością, pojemnością, częstotliwością i reaktancją.

Obliczanie cewek bez rdzenia

Energię zmagazynowaną w cewce można obliczyć wg następującego wzoru:

$$W = 1/2 L \times I^2$$

gdzie W = energia (w Joule), L = indukcyjność cewki (w Henry), a I = prąd (w A) przepływający przez cewkę.

Zanim przejdziemy do obliczania cewki należy stwierdzić, że również prosty odcinek przewodu posiada indukcyjność. Jest to szczególnie ważne przy wysokich częstotliwościach. Dlatego wyprowadzenia powinny być jak najkrótsze, np. przy szeregowym łączeniu z kondensatorem. W przeciwnym razie może powstać obwód drgający.

Wzór na indukcyjność przewodu jest następujący:

$$L = 0,002 s (\ln (4 s/d) - x)$$

Mając długość przewodu (s) i średnicę (d) w cm., indukcyjność otrzymamy w μH. Współczynnik x zależy od częstotliwości i kształtu. Prosty drut i wysoka częstotliwość daje x = 1, niska częstotliwość x = 0,75. Jeśli drut zostanie zgięty, to indukcyjność będzie większa. Krąg jednozwojowy ma x = 2,45 przy wysokich a 2,20 przy niskich częstotliwościach, natomiast kwadrat odpowiednio 2,85 i 2,60.

Jeśli chce się zwiększyć indukcyjność, to można otoczyć przewodnikiem materiał magnetyczny np. w postaci ferrytu, lub nawinąć wiele zwojów spiralnie. W ostatnim przypadku drut jest wprawdzie zwinięty, ale efekt wzajemnego oddziaływania zwojów będzie duży (indukcyjność wzajemna zwojów). Indukcyjność cewki wzrasta proporcjonalnie z kwadratem liczby zwojów w cewce.

Indukcyjność cewki powietrznej, jednowarstwowej oblicza się przy pomocy wzoru:

$$L = (0,08d^2n^2) / (3d + 9s)$$

gdzie: długość cewki (s) i średnica (d) podane są w cm. n - liczba zwojów. Indukcyjność cewki otrzymuje się w μH. Najwyższą wartość dobroci otrzyma się wówczas, gdy długość cewki jest 2 do 2,5 raza większa niż jej średnica. Średnica cewki powinna być 5 razy większa niż średnica drutu.

Indukcyjność cewki powietrznej, wielowarstwowej oblicza się przy pomocy wzoru:

$$L = (0,08d^2n^2) / (3d + 9s + 10a)$$

gdzie d = średniej wartości średnicy, a = grubości uzwojenia wzdłuż promienia, wszystko w cm. Indukcyjność otrzymuje się w μH.

Dla cewek drukowanych, które wykonuje się na laminowanych płytkach drukowanych o grubości folii 35 μm, indukcyjność oblicza się wg następującego wzoru:

$$L = nD_m (nK_1 + K_2)$$

gdzie L = indukcyjność w μH, n = liczba zwojów i D_m = średnicy cewki w cm. K₁ i K₂ to stałe, które są zależne od kształtu cewki. Poniżej podany jest sposób obliczania D_m, K₁ i K₂.

Przykład: cewka drukowana o d₁ = d₂ = 0,5 mm, grubość warstwy miedzianej 35 μm, 14 zwojów i d = 10 mm. Obliczenie indukcyjności:

Z poniższego wzoru wynika:

$$c = n (d_1 + d_2) = 14 \times (0,5 + 0,5) \text{ mm} = 1,4 \text{ cm}$$

$$D_m = c + d = 1,4 + 1,0 \text{ cm} = 2,4 \text{ cm}$$

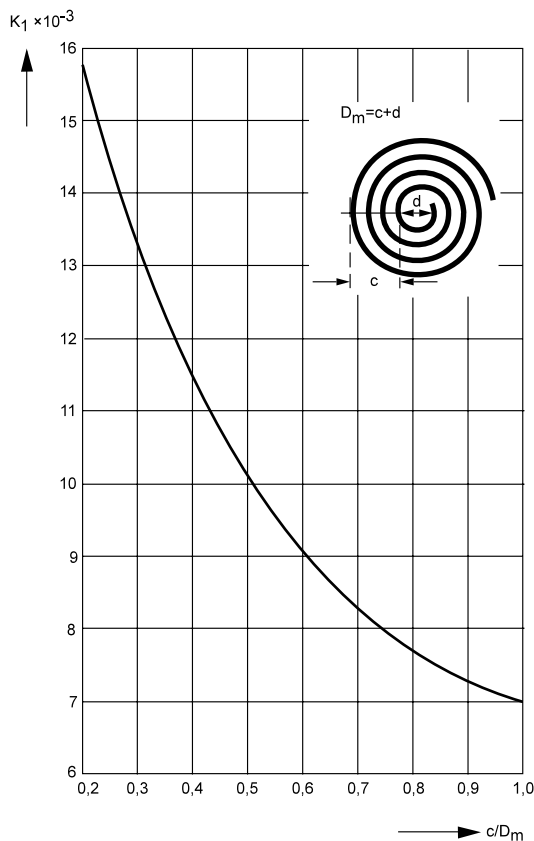
$$c/D_m = 1,4/2,4 \approx 0,58 \text{ co daje } K_1 = 9,2 \times 10^{-3}$$

$$(d_1 + d_2)/d_1 = (0,5 + 0,5)/0,5 = 2 \text{ co daje } K_2 = 3,5 \times 10^{-3}$$

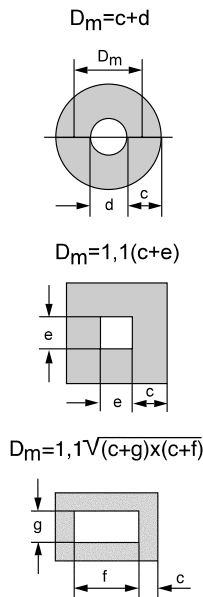
Następnie otrzymano:

$$L = nD_m (nK_1 + K_2) = 14 \times 2,4 (14 \times 9,2 \times 10^{-3} + 3,5 \times 10^{-3}) \mu\text{H} = 4,45 \mu\text{H}$$

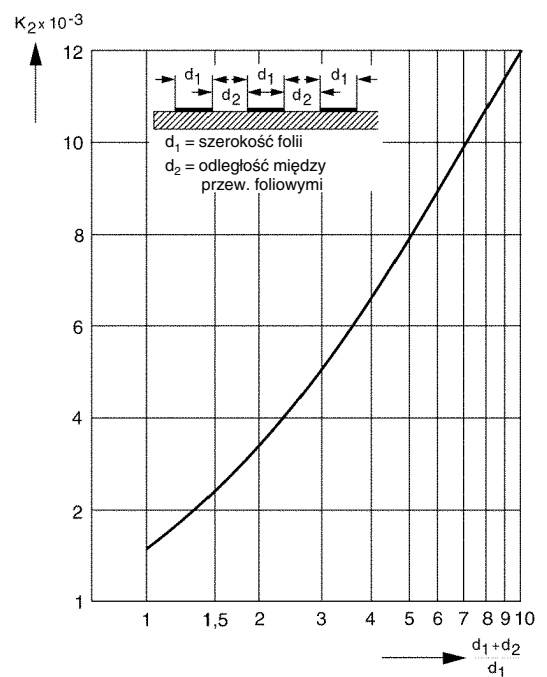
Obliczanie stałej K_1 dla cewek na druku.



Obliczanie wartości D_m cewek na druku.



Obliczanie stałej K_2 dla cewek na druku.



Cewki z rdzeniem

W celu zwiększenia indukcyjności, jak już wcześniej wspomniano, można zastosować rdzeń z materiału ferromagnetycznego. Najczęściej spotykanymi materiałami są ferryty i proszek żelazny (żelazo karbonylowe). Są one określane jako miękkie materiały magnetyczne tzn., że w chwili zaniku pola elektromagnetycznego zanika duża część ich strumienia magnetycznego. Przeciwnieństwem są twarde materiały magnetyczne, tzn. takie, które stosuje się np. na magnesy stałe.

Ferryt jest ceramicznym, mikrokryształicznym materiałem, składającym się z małych kryształów tlenku żelaza (Fe_2O_3) i domieszek metali. Najczęściej spotykanymi kombinacjami jest mangan-cynk (MnZn) i nikiel-cynk (NiZn).

Ferryty manganowo-cynkowe mają najwyższą przenikalność (μ_i) i indukcję nasycenia strumienia (B_s), podczas gdy ferryty nikielowo-cynkowe, mają wyższą rezystancję (niższe straty) i nadają się najlepiej dla częstotliwości powyżej 1 MHz.

Zalety ferrytów to: bardzo wysoka przenikalność (μ_i 100–10 000), niskie straty i możliwość pracy na wysokich częstotliwościach, wada - niska indukacja nasycenia ($B_s < 0,5$ T). Oznacza to, że ferryty bardzo łatwo się nasycają i trzeba o tym pamiętać, kiedy ma się do czynienia ze znacznymi składowymi stałymi prądu. Aby przeciwdziałać temu, należy używać rdzeni ferrytowych z otwartym obwodem magnetycznym np. w postaci pręta, lub wprowadzić szczelinę powietrzną do obwodu magnetycznego.

Rdzenie ferrytowe stosuje się do cewek na wysokie częstotliwości, w filtrach przeciwzakłóceń (RFI) i transformatorach zasilaczy pracujących do 1 MHz.

Produkowane są jako toroidy, rdzenie kubkowe, rdzenie z kształtkami RM, C i E, koraliki, pręty gwintowane, bloki, itd.

Rdzenie proszkowe - jak sama nazwa wskazuje - składają się ze sproszkowanego żelaza, w którym cząsteczki są izolowane od siebie nawzajem, np. przez utlenienie powierzchni. Po dodaniu środka wiążącego, materiał prasuje się dla uzyskania właściwego kształtu i wygrzewa w piecu.

Największą zaletą rdzeni proszkowych w porównaniu z ferrytami jest fakt, że wytrzymują one wysokie prądy płynące w uzwojeniu, indukacja nasycenia (B_s) jest ok. 1,5 T. Są one także stabilne temperaturowo i mają wysoką dobroć, wytrzymują również wysokie częstotliwości. Poważną ich wadą jest niska przenikalność ($\mu_i = 2-90$). Jest to wynikiem istnienia dużej liczby małych szczelin powietrznych pomiędzy cząsteczkami żelaza, co powoduje, że łączna szczelina będzie bardzo duża.

Rdzenie proszkowe stosowane są przede wszystkim do filtracji prądu stałego i zmiennego o niskiej częstotliwości (50 Hz). Używa się ich również jako dławików do magazynowania energii w stabilizatorach impulsowych, filtrach i przy dopasowywaniu impedancji przy wysokich częstotliwościach. Rdzenie te produkuje się przede wszystkim jako toroidalne.

Rdzeni z blach stalowych używa się prawie wyłącznie do wykonywania transformatorów sieciowych, w których straty (powodowane przez indukowane prądy wirowe) są tak wysokie, że praktycznie nie można ich używać do częstotliwości powyżej 1 kHz.

Przy konstruowaniu cewek z rdzeniami ferromagnetycznymi potrzebna jest pewna wiedza o magnetyzmie. Zacniemy więc od podstaw teorii magnetyzmu.

Pole magnetyczne

Kiedy prąd przepływa przez cewkę, która jest nawinięta na rdzeniu, to powstaje siła magnetomotoryczna, która powoduje wytwarzanie *strumienia magnetycznego* w rdzeniu. Wielkość tego strumienia zależy od reluktancji rdzenia (RM). Reluktancję można przyrównać do "rezystancji magnetycznej" (analogicznie z prawem Ohma $U = I \times R$).

$$\text{mmf} = \Phi \times R_m$$

Jednostką siły magnetomotorycznej jest Amperozwój ($N \times I$), ale wyraża się ją w A, ponieważ zwój jest bezwymiarowy. Czasami używa się angielskiego określenia AT (Ampereturns). Jednostką strumienia magnetycznego jest 1 weber (Wb).

Jeśli odniesie się siłę magnetomotoryczną do skutecznej wartości długości linii magnetycznej (l_e) w metrach, to otrzyma się natężenie **poła magnetycznego** (H) w A/m (albo At/m).

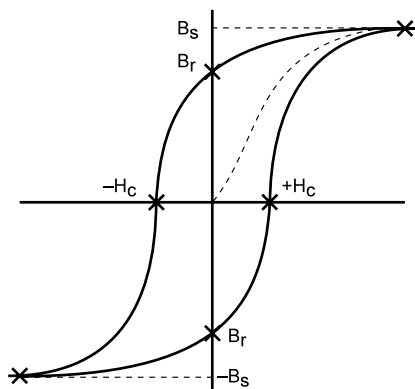
$$H = N \times I / l_e$$

Natężenie pola magnetycznego jest więc równe iloczynowi liczby zwojów i prądu, podzielonemu przez skuteczną wartość długości drogi strumienia. Należy zauważyć, że wartość skuteczna nie jest równa fizycznej długości rdzenia.

Gęstość strumienia (B) zwana też indukcją - jest to strumień (Φ) podzielony przez skuteczną powierzchnię magnetyczną (A_e):

$$B = \Phi / A_e$$

Gęstość strumienia (B) ma jednostkę Tesla (T). $1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$.



Krzywa histerezy.

Krzywa histerezy (pętla B/H) pokazuje zależność gęstości strumienia (B) materiału od natężenia pola magnetycznego (H). W materiale ferromagnetycznym w stanie spoczynku domeny magnetyczne są nieuporządkowane, przypadkowo ułożone w różnych kierunkach. W sumie ich działania magnetyczne kompensują się. Kiedy wprowadzone zostanie zewnętrzne pole magnetyczne, molekularne domeny magnetyczne zwrócą się w takim kierunku, aby był on identyczny ze strumieniem magnetycznym. Im wyższe jest natężenie pola magnetycznego (H), tym więcej domen magnetycznych zostanie w ten sposób zwróconych. Kiedy wszystkie cząsteczki, czyli domeny magnetyczne zostaną skierowane w tym samym kierunku, materiał wejdzie w stan nasycenia (B_s) i nie można już osiągnąć większej indukcji (gęstości strumienia), nawet wtedy, gdy dodatkowo powiększy się natężenie pola magnetycznego (H). Kiedy zmniejszamy natężenie pola magnetycznego, to krzywa magnesowania nie wraca poprzednią drogą, ponieważ część domen magnetycznych nie wraca do swojego poprzedniego położenia. Kiedy natężenie pola magnetycznego jest równe zeru ($H = 0$), to w dalszym ciągu istnieje pewien strumień w materiale.

Ta gęstość strumienia nazywana jest remanencją magnetyczną (B_r). W celu wyzerowania strumienia rdzenia wymagany jest strumień skierowany w przeciwnym kierunku. To natężenie strumienia magnetycznego, które potrzebne jest do tego celu, zwane jest natężeniem koercji (H_c).

Przenikalność magnetyczna

Poniżej podany jest wzór na zależność indukcji (B) i natężenia pola magnetycznego (H):

$$B = \mu \times H$$

Gdzie μ to przenikalność magnetyczna, możliwa do porównania do "przewodności magnetycznej" (porównaj z powyższą definicją reluktancji)). W przedstawieniu graficznym, przenikalność jest to nachylenie krzywej histerezy. Przenikalność jest szeroką definicją i w zasadzie równą $\mu_0 \times \mu_r$, gdzie μ_0 jest przenikalnością w próżni, a μ_r przenikalnością względną w stosunku do μ_0 . Np. $\mu_r = 100$ oznacza, że przenikalność materiału jest 100 razy wyższa, niż przenikalność próżni. Wzór ten można również zapisać jako:

$$B = \mu_0 \times \mu_r \times H$$

Przenikalność w próżni jest równa $4\pi \times 10^{-7}$ (H/m)

W zamkniętym obwodzie magnetycznym, takim jak toroid, μ_r nazywa się *przenikalnością początkową* (albo przenikalnością toroidu μ_{tor}). Ona ma właściwą wartość tylko przy niskiej gęstości strumienia ($B < 0,1 \text{ mT}$). μ_r jest najczęściej przenikalnością, którą producenci podają w specyfikacji materiałowej.

W obwodzie magnetycznym ze szczeliną powietrzną, nazywa się μ_r *przenikalnością skuteczną*, μ_e . Zależność między μ_e i μ_i opisana jest wzorem:

$$\mu_e = \mu_i / (1 + (G/l_e \times \mu_i))$$

gdzie G = długość szczeliny i l_e = długość drogi magnetycznej.

Ze względu na fakt, że przenikalność materiału nie jest liniowa w funkcji B i H (patrz krzywa histerezy), mówi się również o innych rodzajach przenikalności.

Przenikalność amplitudowa (μ_a), to jest przenikalność określana dla przypadku, kiedy prąd przepływający przez cewkę, jest wyłącznie prądem przemiennym. Już przy kilku mT, może wystąpić duża odchyłka w stosunku do μ_r . Jest ona największa w pobliżu połowy indukcji nasycenia (B_s), gdzie może ona być 2-3 razy większa niż μ_r . Przenikalność zmienia się w zależności od natężenia pola.

Przenikalność rewersyjna lub inkrementalna ($\mu\Delta$) pojawia się wówczas, kiedy występuje składowa stała i zmienna prądu -np. w cewce filtru zasilacza. W tym wypadku przenikalność zmienia się w zależności od natężenia pola magnetycznego. Rdzeń żelazny powoduje, że przenikalność wzrasta do 10 000 A/m, podczas gdy ferryty, już przy kilkuset A/m, wchodzą w stan nasycenia i tracą przenikalność.

Straty magnetyczne

Kiedy mówi się o *przenikalności zespolonej*, brane są również pod uwagę straty w cewce.

W celu przedstawienia strat magnetycznych, dołączyć należy człon rezystywny do przenikalności magnetycznej.

$$\mu = \mu_s^I - j\mu_s^{II}$$

gdzie $\mu_s^I = \mu_i$ i $\mu_s^{II} = \tan\delta \times \mu_i$. W danych technicznych producentów można często odczytać bezpośrednio z diagramu μ_s^I i μ_s^{II} w funkcji częstotliwości.

Straty magnetyczne ($\tan\delta_m$) można podzielić na trzy grupy: straty na histerezę ($\tan\delta_h$), które zależne są od indukcji (B), straty na prądy wirowe ($\tan\delta_F$), które zależne są od częstotliwości i straty pozostałościowe ($\tan\delta_r$), które są stałe.

$$\tan\delta_m = \tan\delta_h + \tan\delta_F + \tan\delta_r$$

W danych technicznych może być podany współczynnik strat ($\tan\delta/\mu_i$) przy pewnej częstotliwości. Wartość $\tan\delta/\mu_i$ wzrasta logarymicznie wraz z częstotliwością. Tu należy wziąć pod uwagę straty na prądy wirowe i straty pozostałościowe ($\tan\delta_F + \tan\delta_r$), ale nie straty w histerezie magnetycznej ($\tan\delta_h$). Żeby pokazać straty w histerezie, podaje się stałą histerezy danego materiału (η_B). Z tej stałej można wyliczyć straty na histerezę przy zadanej indukcji.

$$\tan\delta = \eta_B \times B \times \mu_i$$

Dla rdzenia ze szczeliną powietrzną, straty magnetyczne mnoży się przez wartość μ_r/μ_e .

Oprócz strat w rdzeniu występują również straty w uzwojeniu ($\tan\delta_w$). Straty w uzwojeniu można również podzielić na trzy składowe: straty rezystywne ($\tan\delta_R$), które wynikają z rezystancji przewodnika, straty na prądy wirowe ($\tan\delta_C$), które zależne są od częstotliwości, oraz straty dielektryczne w izolacji ($\tan\delta_D$), które można interpretować jako rezystancję szeregową do pojemności własnej. Dwie ostatnio wspomniane wartości są względnie małe w porównaniu ze stratami rezystywnymi (przy umiarkowanych częstotliwościach).

$$\tan\delta_w = \tan\delta_R + \tan\delta_C + \tan\delta_D$$

Efekt naskórkowości

Straty rezystywne ($\tan\delta_R$) mogą być liczone jako rezystancja dla prądu stałego, o ile częstotliwość nie przekracza 50 kHz. Jeśli częstotliwość jest wyższa, powinno brać się pod uwagę tzw. "efekt naskórkowości".

Kiedy przez przewód płynie prąd, powstaje pole magnetyczne nie tylko wokół, ale również wewnątrz przewodu. To ostatnie, które jest prostopadłe do kierunku przepływu prądu, indukuje z kolei prądy wirowe w przewodzie. Przenikalność magnetyczna miedzi jest niska ($\mu_r \sim 1$), ale rezystancja właściwa jest również niska, co powoduje, że prądy wirowe przy częstotliwościach powyżej 50 kHz mogą być znaczne. Prądy wirowe przemieszczające się wzdłuż przewodu, płyną zgodnie z kierunkiem przepływu prądu przy powierzchni przewodu. Powoduje to zagęszczenie prądu tuż przy powierzchni, co zmniejsza jego przekrój skuteczny, a to z kolei powoduje wzrost rezystancji.

Przez pojęcie **głębokości naskórkowości** rozumie się tę głębokość, gdzie gęstość prądu spada do 37 % (1/e). Głębokość ta jest taka sama jak grubość ścianki równie długiej rury o rezystancji dla prądu stałego odpowiadającej rezystancji tego przewodu dla prądu przemiennego. Tę głębokość można wyliczyć ze wzoru:

$$\delta = 1/\sqrt{f\mu\pi\rho}$$

gdzie δ = głębokość naskórkowości w m, f = częstotliwość w Hz, μ = przenikalność $\mu_0 \times \mu_r$ i ρ = przewodność właściwa w S/m. Dla miedzi jest $\mu_r = 1$ i $\rho = 5,8 \times 10^7$ S/m. Oporność można więc wyliczyć ze wzoru:

$$R_{AC} = R_{DC} \times A / (2\pi \times r \times \delta) = R_{DC} \times r / (2 \times \delta)$$

gdzie R_{AC} = AC-rezystancja, R_{DC} = DC-rezystancja, A = powierzchnia przekroju drutu, r = promień drutu i δ = głębokość naskórkowości.

Sposobem na zmniejszenie wpływu naskórkowości jest używanie licy zamiast przewodu litego. Lica składa się z wielu (3–400) izolowanych przewodów, które są ze sobą skręcone i które przez całą długość zmieniają swoje położenie w wiązce. Oporność licy w. cz. dla prądu przemiennego jest równa jej rezystancji stałoprądowej.

Rezystancja przewodu miedzianego jest ok. 30 % wyższa przy temp. 100°C, niż przy 25°C.

O ile mamy w pobliżu ekran (osłona miedziana) lub jakiś element materiału ferromagnetycznego (np. kondensator typu X7R lub Z5U), powstają w nim straty ($\tan\delta_s$). Te straty na ogół uważa się za pomijalnie małe.

Całkowite straty w cewce wynoszą:

$$\tan\delta = \tan\delta_m + \tan\delta_w + \tan\delta_s$$

Najlepszą dobroć Q uzyskuje się zwykle wówczas, gdy straty w przewodzie są równe stratom w rdzeniu.

Obliczenia cewki z rdzeniem

Aby w prosty sposób można było obliczyć rdzeń, podaje się w danych technicznych *skuteczne wymiary magnetyczne*, które określone są jako: skuteczna długością l_e , skuteczna powierzchnia A_e , skuteczna objętością V_e . O ile rdzeń nie jest toroidalny, podaje się wymiary dla toroidu o analogicznych właściwościach. Wartość $\Sigma l_e/A_e$ nazywana jest współczynnikiem rdzenia. W danych technicznych producentów europejskich podaje się często l_e , A_e i V_e w mm (mm^2 , mm), a w amerykańskich w cm (cm^2 , cm).

$$\begin{aligned} 1 \text{ mm}^2 &= 10^{-6} \text{ m}^2 & 1 \text{ mm}^{-1} &= 10 \text{ m}^{-1} \\ 1 \text{ cm}^2 &= 10^{-4} \text{ m}^2 & 1 \text{ cm}^{-1} &= 10^2 \text{ m}^{-1} \\ 1 \text{ mm} &= 10^{-3} \text{ m} \\ 1 \text{ cm} &= 10^{-2} \text{ m} \end{aligned}$$

Aby wyliczyć indukcyjność, korzysta się z następującego wzoru:

$$L = \mu_0 \times N^2 / ((1/\mu_r) \times (\Sigma l_e / A_e))$$

co również można napisać jako:

$$L = N^2 \times \mu_0 \times \mu_r / (\Sigma l_e / A_e)$$

Aby uprościć obliczenia, wyciąga się często przed nawias przenikalność, współczynnik rdzenia i podaje *współczynnik* A_L .

$$A_L = \mu_0 \times \mu_r / (\Sigma l_e / A_e)$$

Jeśli połączy się te dwa wzory, otrzymamy:

$$L = N^2 \times A_L$$

A_L - wartość podaje się często w nH/N².

Przykład: Potrzebna jest cewka o 100 μH , rdzeń posiada wartość $A_L = 800 \text{ nH/N}^2$. Jeśli wyciągnie się N z tego wzoru, otrzymamy:

$$N = \sqrt{L / A_L}$$

$$N = \sqrt{(100000/800)} \approx 11 \text{ zwojów}$$

Pamiętaj, żeby podać L w nH o ile A_L jest podana w nH/N².

Pręty ferrytowe używa się nie tylko jako rdzenie antenowe, ale również często jako rdzenie w cewkach wcz. i w cewkach filtrów przeciwzakłóceń. Mają one otwarty obwód magnetyczny, co powoduje że przez cewkę mogą płynąć duże prądy bez nasycenia rdzenia. Przenikalność (μ_{rod}) jest podobnie jak przenikalność początkowa (μ_i), zależna od proporcji między długością i średnicą. μ_{rod} można wyczytać z poniższego diagramu.

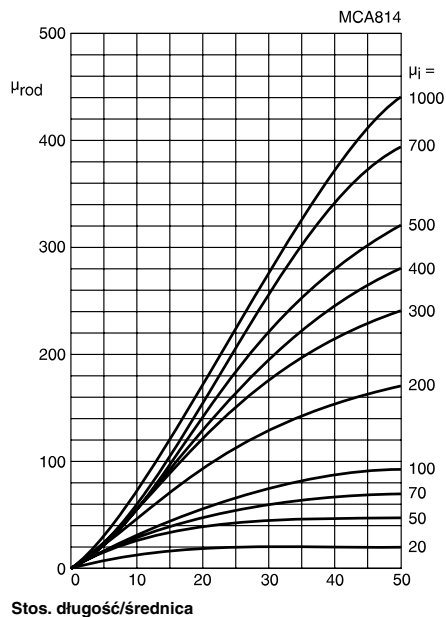


Diagram pokazujący przenikalność pręta ferrytowego w funkcji proporcji między jej długością i średnicą.

Ze względu na to, że indukcyjność jest silnie zależna od długości uzwojenia i usytuowania go na przecie, trudno jest podać jedną wartość A_L . W zamian za to można wyliczyć indukcyjność ze wzoru:

$$L = \mu_0 \times \mu_{rod} \times N^2 \times A / l$$

gdzie $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$, μ_{rod} = przenikalność pręta, którą odczytuje się z diagramu, N = liczba zwojów, A = powierzchnia pręta i l = długość uzwojenia umieszczonego w środku pręta.

Indukcja (gęstość strumienia) w rdzeniu

Ważne jest wyliczenie wartości indukcji (B) w rdzeniu, aby uniknąć wejścia w nasycenie (B_S). Jeżeli rdzeń jest nasycony, ma przenikalność równą 1 ($\mu_r = 1$) i indukcyjność cewki jest taka, jakby to była cewka powietrzna. Oprócz tego występują duże straty, które zamieniają się na ciepło, szczególnie przy wysokich częstotliwościach. Indukcję można wyliczyć na kilka sposobów. Jeden z nich to wyliczyć najpierw natężenie pola (H) ze wzoru:

$$H = N \times I / l_e$$

a następnie wyliczyć indukcję ze wzoru:

$$B = \mu_0 \times \mu_r \times H$$

Indukcję (B) otrzymuje się w powyższych wzorach i w wyrażeniach poniżej, w Teslach (T). O ile jest to czysty prąd stały, można używać następującego wzoru:

$$B = L \times I / (N \times A_e)$$

gdzie L = indukcyjność, I = prąd, N = liczba zwojów i A_e = powierzchnia skuteczna. Dla niefiltrowanego dwupołkownikowo prostowanego prądu, obowiązuje wzór:

$$B = U_{eff} / (19 \times N \times A_e \times f)$$

gdzie U_{eff} = wartość skuteczna napięcia pulsującego i f = częstotliwość. Często mamy do czynienia z napięciem stałym o pewnej pulsacji. Można wówczas ją obliczyć dokładnie, albo przy zaakceptowaniu wartości nieco zawyżonej, można przyjąć sumę wartości szczytowej i składowej stałej.

Przy prądzie zmiennym sinusoidalnym stosuje się wzór:

$$B = \sqrt{2} \times U_{eff} / (\omega \times N \times A_e)$$

gdzie U_{eff} = wartość skuteczna napięcia i ω = pulsacja ($2 \times \pi \times f$). Dla przebiegu prostokątnego wzór przybierze postać:

$$B = 2,5 \times \hat{U} / (f \times N \times A_e)$$

\hat{U} jest napięciem szczytowym.

Wydzielanie ciepła

W aplikacjach powyżej 100 kHz, nasycenie nie jest tak wielkim problemem jak wydzielanie ciepła. Druty na cewkach grzeją się zarówno od składowej stałej, jak i zmiennej prądu, podczas gdy rdzeń grzeje się jedynie od prądu zmiennego. Następujące wartości maksymalne indukcji (dla prądu zmiennego) mogą służyć jako orientacyjne, zarówno dla ferrytów, jak i rdzeni karbonylkowych:

Wartości podstawowe dla maksymalnej gęstości przepływu w stosunku do częstotliwości, w celu uniknięcia wysokiej temperatury w rdzeniu.

częstotliwość :	100 kHz	1 MHz	7 MHz	14 MHz	21 MHz	28 MHz
indukcja	50 mT	15 mT	6 mT	4,5 mT	4 mT	3 mT

W aplikacjach, gdzie występuje prąd stały ze składową zmienną, np. w cewkach filtra zasilacza, mamy pomijalnie małe straty, o ile całkowita gęstość strumienia nie przekracza 200 mT dla większości ferrytów, i 500 mT dla rdzeni proszkowych.

Zależność od temperatury

Przenikalność ferrytu albo rdzenia proszkowego zależy silnie od temperatury. Generalnie przenikalność wzrasta aż do pewnej temperatury (punkt Curie, T_C , ϑ_C), gdzie gwałtownie spada. 1. Współczynnik temperaturowy oznacza się jako α_F i podaje zmianę na K w określonym zakresie temperaturowym. Zmianę indukcji (ΔL) w funkcji zmiany temperatury można wyliczyć następującego wzoru:

$$\Delta L = \alpha_F \times \mu_i \times \Delta \vartheta \times L$$

gdzie $\Delta \vartheta$ jest zmiana temperatury w K. O ile rdzeń posiada szczelinę powietrzną, mnoży się ϑ przez iloraz μ_e / μ_i .

Ze wzrostem temperatury wzrastają również straty. Kiedy przenikalność wzrasta, mamy wyższą gęstość strumienia, a przez to też, wyższe straty histerezy (tan δ_h). Poza tym, ze wzrostem temperatury zmniejsza się rezystancja właściwa, co powoduje, że straty na prądy wirowe (tan δ_f) wzrastają.

Bezpośrednio po rozmagnesowaniu poprzez zmienne pole magnetyczne o wolno malejącej amplitudzie lub poprzez przekroczenie punktu Curie, powstaje spontaniczny wzrost przenikalności. Następnie powraca ona samoczynnie do wartości normalnej wg funkcji logarytmicznej. Ta chwilowa niestabilność nazywana jest dysakomodacją. Można ją opisać poprzez współczynnik dysakomodacji (D_F), który związany jest przenikalnością początkową (μ_i). Zmianę indukcyjności w zależności od czasu, oblicza się z wzoru:

$$\Delta L = - D_F \times \mu_i \times \log(t_1 / t_2) \times L$$

gdzie t_1 i t_2 to dwa czasy po rozmagnesowaniu, dla których oblicza się zmianę indukcyjności. Tu również ΔL zmniejsza się w stosunku μ_e / μ_i , o ile rdzeń ma szczelinę.

Rezystory

Rezystory są najczęściej spotykanymi elementami w układach elektronicznych. Składają się zwykle z korpusu izolacyjnego z wyprowadzeniami oraz z części oporowej, wyprodukowanej z materiału o znanej oporności właściwej (ρ). Mają postać pręta, rurki, folii, warstwy powierzchniowej, lub drutu o pewnej długości (l) i powierzchni przekroju (A). Opisane to jest wzorem.

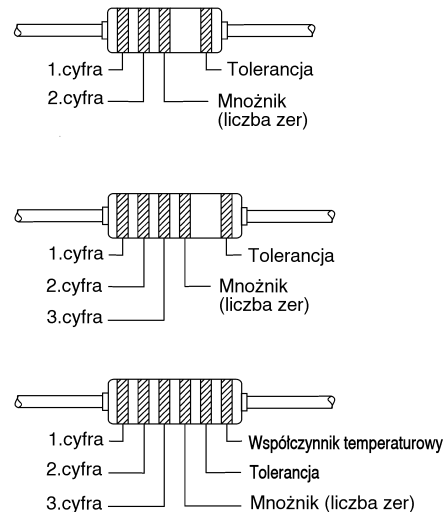
$$R = \rho \times l/A$$

Jednostka miary rezystancji (R) jest 1 om (Ω). 1 om jest to rezystancja, która przy napięciu o wartości 1 V odpowiada przepływowi ładunku 1 C/sek, czyli prądowi o wartości 1 A.

Opornik, który ma rezystancję niezależną od prądu, napięcia i czynników zewnętrznych, takich jak np. temperatura i światło, nazywany jest *rezystorem liniowym*, lub po prostu rezystorem. Jeśli rezystor zmienia swoją rezystancję w zależności od prądu, napięcia, lub jakiegoś czynnika zewnętrznego, to wówczas nazywamy go *rezystorem nieliniowym*, albo używamy nazwę wskazującą od czego zależna jest rezystancja.

Żeby uprościć konstrukcję oraz dystrybucję rezystorów, produkuje się je ze standardowymi wartościami rezystancji. Najczęściej spotykany jest w handlu szereg wartości E, R oraz szeregi dekadowe. Szeregi E i R tworzone są wg harmonicznego podziału każdej dekady. Pełniejsze określenie szeregu to np. E192, E24 i R40. Określenie E192 oznacza, że w dekadzie występuje 192 wartości. Obliczając je, wychodzi się z liczby 10, którą się dzieli przez pierwiastek 192-stopnia z 10. Wynikiem tego będzie 9,88, które dzieli się ponownie przez pierwiastek 192-stopnia z 10, z czego otrzymuje się 9,76 itd., aż się dojdzie do wartości 1,00 po 192 dzieleniach. W ten sam sposób otrzymuje się 24 wartości dla szeregu E24, poprzez dzielenie przez pierwiastek 24 stopnia z 10. W szeregu E96 co druga wartość jest wartością z szeregu E192, zaś w szeregu E48 -co czwarta. To samo dotyczy szeregu E12: wystąpi tam co druga wartość z szeregu E24 itd. Szereg R (R od Renard) jest skonstruowany w ten sam sposób, z tym że podstawą jest szereg R40 i pierwiastkiem 40 stopnia z 10 jako dzielnikiem. Szereg R stosuje się czasami do rezystorów mocy, lub reostatów, ale najczęściej spotykamy się z nim wśród innych elementów, jak np. cewki filtrów i bezpieczniki. Starszy szereg -dekadowy - o wartościach 1,0; 1,5; 2,0 itd., stosuje się w dalszym ciągu w rezystorach precyzyjnych, wykorzystywany jest też m.in. przez amerykańskie siły zbrojne.

Oznaczanie rezystorów



Oznaczanie rezystorów

Małe rezystory mają najczęściej oznaczenia rezystancji, tolerancji i czasami współczynnika temperaturowego wykonane przy pomocy 4 do 6 znaków barwnych.

Kod kolorowy rezystorów.

Kolor paska	Mnoż- Cyfra	Mnoż- nik	Tolerancja ± %	Współcz. temp. ± ppm/K
czarny	0	10 ⁰	1	20
brązowy	1	10 ¹	10	1
czerwony	2	10 ²	100	2
pomarańcz.	3	10 ³	1000	3
żółty	4	10 ⁴	10000	0... +100
zielony	5	10 ⁵	100000	0,5
niebieski	6	10 ⁶	1000000	0,25
fioletowy	7	10 ⁷	10000000	0,1
szary	8	10 ⁻²	0,01	-
biały	9	10 ⁻¹	0,1	-
złoty	-	10 ⁻¹	0,1	5
srebrny	-	10 ⁻²	0,01	10

Czasami spotykamy tylko trzy paski barwne. Oznacza to, że tolerancja wynosi $\pm 20\%$. Inne warianty kodów barwnych występują bardzo rzadko, np. w niektórych rezystorach spełniających parametry wojskowe MIL, w których obwódka kolorowa wskazuje na poziom niezawodności (failure rate). Dawniej stosowano ostatni pasek, w kolorze różowym, do rezystorów o wysokiej stabilności.

Pamiętajmy o tym, że cewki, kondensatory, termistory i bezpieczniki mogą mieć podobny wygląd zewnętrzny, i mogą być oznaczone kolorami w taki sam sposób.

Większe rezystory oznacza się często symbolami literowymi. Wówczas piszemy R, lub E (dla Ω), k (dla k Ω) i M (dla M Ω) w miejscu przecinka.

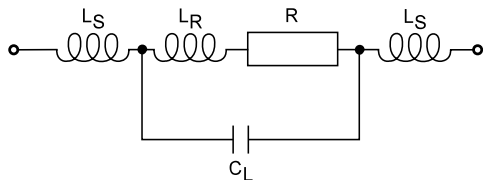
- 0R1 = 0,1 Ω
- 0E1 = 0,1 Ω
- 4k7 = 4,7 k Ω
- 22M = 22 M Ω

Czasami stosuje się kody 3- lub 4-cyfrowe, w których dwa lub trzy pierwsze znaki są cyframi o najwyższym znaczeniu, a ostatnia cyfra oznacza liczbę zer.

- 100 = 10 Ω
- 101 = 100 Ω
- 103 = 10 kΩ
- 4754 = 4,75 MΩ

Zależność od częstotliwości

Aby łatwiej zrozumieć zachowanie się rezystora, możemy użyć prostego schematu zastępczego:

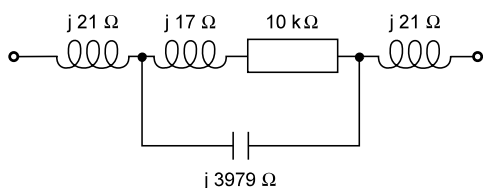


Schemat zastępczy rezystora.

R = rezystancja, C_L = pojemność własna (zwana również upływnością), L_R = indukcyjność elementu oporowego i L_S = indukcyjność wyprowadzeń.

Widać tu, że rezystor posiada składowe indukcyjne i pojemnościowe. Przy zastosowaniach w obwodach prądu zmiennego (zwłaszcza w.c.z.), zaczynają odgrywać rolę reaktancje, które w połączeniu z rezystancją tworzą impedancję, którą w niektórych wypadkach trzeba wziąć pod uwagę.

Przykład: jaką impedancję będzie miał rezystor wykonany w technologii cienkowarstwowej o wartości 10 kΩ przy częstotliwości 400 MHz? Zakładamy C_L do 0,1 pF. Wyprowadzenia mają długość 10 mm i średnicę 0,6 mm. Przy pomocy wzoru na indukcyjność prostego drutu - patrz NIECO TEORII, Elementy indukcyjne - otrzymamy indukcyjność (L_S) równą 8,4 nH w każdym wyprowadzeniu. Indukcyjność elementu oporowego (L_R) można wyliczyć ze wzoru dla jednowarstwowej cewki powietrznej. Zakładamy średnicę korpusu = 2 mm, długość 4 mm i 3 zwoje. Wzór daje nam 6,9 nH. W przeliczeniu na reaktancje uzyskujemy odpowiednio: 3979 Ω dla C_L , 21 Ω dla L_S i 17 Ω dla L_R .



Przykład. Schemat zastępczy dla rezystora metalizowanego 10 kΩ przy częstotliwości 400 MHz.

Możemy przyjąć, że reaktancje indukcyjne są do pominięcia. Impedancja (Z) przy połączeniu równoległym będzie więc wynosić:

$$1/Z = \sqrt{((1/R)^2 + (1/X_{CL})^2)}$$

Wzór ten można również można zapisać jako:

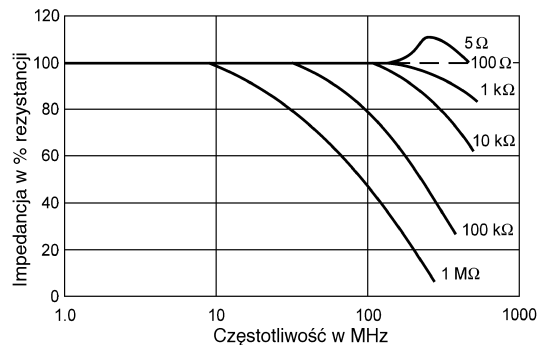
$$Z = R \times X_{CL} \times 1 / (\sqrt{R^2 + X_{CL}^2})$$

$$Z = 10 \text{ k} \times 3979 \times 1 / (\sqrt{10 \text{ k}^2 + 3979^2}) = 3697 \Omega$$

Opornik o wartości 10 kΩ ma więc przy 400 MHz impedancję tylko 3,7 kΩ.

Rezystory warstwowe poniżej 100 Ω można z reguły traktować przy w.c.z. jako elementy o charakterze indukcyjnym

(impedancja wzrasta z częstotliwością), od 100 do 470 Ω jako prawie idealną rezystancję. Rezystory powyżej 470 Ω nabierają charakteru pojemnościowego (impedancja zmniejsza się ze wzrostem częstotliwości). Im większa wartość rezystancji, tym większa pojemność. Z następującego wykresu można obliczyć impedancje jako % rezystancji w zależności od częstotliwości dla rezystora metalizowanego o różnej wartości rezystancji (oporności dla prądu stałego).



Impedancja, w zależności od częstotliwości, dla rezystorów metalizowanych

Rezystory drutowe mają zarówno dużą indukcyjność, jak i pojemność. Ich impedancja będzie największa przy częstotliwości rezonansowej. Przy częstotliwościach niższych od rezonansowej mają charakter indukcyjny, przy wyższych - pojemnościowy.

Zależność od temperatury

Prąd przepływający przez rezystor powoduje jego nagrzewanie. Ilość ciepła zależna jest od wydzielanej w nim mocy (P). Równa się ona iloczynowi prądu (I) płynącego przez rezystor i napięcia (U), które wywołuje ten przepływ ($P = U \times I$).

Różnica temperatur między powierzchnią rezystora i otoczeniem podzielona przez wydzieloną w nim moc nazywana jest *rezystancją termiczną* (R_{th}). Temperaturę rezystora można wyliczyć z wzoru:

$$T_{hs} = T_{amb} + P \times R_{th}$$

Gdzie: T_{hs} = temperatura w najgorętszym punkcie powierzchni, T_{amb} = temperatura otoczenia, P = moc w W, a R_{th} = rezystancja termiczna w K/W. Wartość maksymalna T_{hs} zależy od np. materiałów izolacyjnych, obudowy i izolacji termicznej (R_{th}) pomiędzy elementem oporowym i powierzchnią.

Podawana w danych technicznych moc maksymalna jest to moc, przy której wzrost temperatury ($P \times R_{th}$) i temperatura otoczenia (T_{amb}) wspólnie spowodowały wystąpienie maksymalnej temperatury, którą rezystor wytrzymuje bez zmiany parametrów, np. stabilności długotrwałej i tolerancji.

Jeśli temperatura otoczenia jest wyższa niż temperatura, dla której jest określona moc maksymalna (z reguły 25, 40 lub 70° C), to maksymalna moc użyteczna rezystora zmniejsza się liniowo ze wzrostem temperatury aż do zera; jest to tzw. temperatura mocy zerowej i wynosi dla rezystorów lakierowanych epoksydem ok. 150° C, rezystorów izolowanych silikonem i zamkniętych w aluminium ok. 200° C, a dla rezystorów pokrytych szklivem ok. 350° C.

Jeśli przekroczy się maksymalną temperaturę (T_{rs}) rezystora, oznaczać to będzie skróconą *żywołność*. Jeśli przekroczymy ją w sposób znaczny, to czas życia może wynosić sekundy, lub nawet ich części.

Istnieją różne normy badania wytrzymałości stosowane przez producentów. Normy te różnią się od siebie wymaganiami na sposób montażu, długość wyprowadzeń, cyrkulację powietrza (montaż pionowy, lub poziomy), temperaturę otoczenia, przyrost temperatury, temperaturę powierzchni i oczekiwaną żywołność. Dlatego rezystor, który wg jednego producenta wytrzyma 1 W, wg innego może wytrzymać tylko 1/10 W mimo, że jest tej samej wielkości. Doświadczenie uczy, że moc maksymalna wykorzystywana jest bardzo rzadko, również z tego względu, że temperatura połączenia lutowanego nie powinna przekraczać 100° C, aby nie ulegało szybszemu starzeniu.

Tolerancja rezystancji jest to maksymalna odchyłka od rezystancji nominalnej wyrażona w procentach. Rezystancję mierzy się standardowo, biorąc pod uwagę typ urządzenia pomiarowego, napięcie, temperaturę, długość wyprowadzeń itd. W rezystorach standardowych, tolerancja wynosi $\pm 1-10\%$, ale istnieją również wykonania specjalne, dla których tolerancja jest bardzo niska i wynosi $\pm 0,005\%$.

Wszystkie rezystory są w jakiś sposób zależne od temperatury, co opisuje się przy pomocy *współczynnika temperaturowego*. Jednostką najczęściej stosowaną jest ppm/K (milionowa część na 1 stopień, $10^{-6}/K$). Współczynnik temperaturowy zmienia się w zależności od typu rezystora. Rezystory węglowe mają względnie duży ujemny współczynnik (-200 do -2 000 ppm/K w zależności od wartości rezystancji), podczas gdy istnieją specjalne rezystory metalizowane o współczynniku poniżej ± 1 ppm/K.

Maksymalne napięcie pracy est to maksymalne stałe lub zmienne napięcie, które w sposób ciągły może być przyłożone do rezystora. Dotyczy to tylko rezystorów powyżej tzw. rezystancji krytycznej, tzn. takiej, przy której maksymalne napięcie daje maksymalną moc, którą wytrzymuje rezystor. Dla oporności powyżej rezystancji krytycznej maksymalne napięcie wyniesie:

$$U = \sqrt{R \times P}$$

Napięcie izolacji (wytrzymałość napięciowa) - jest to napięcie, które wytrzymuje izolacja wokół elementu oporowego.

Szumy

We wszystkich rezystorach powstają szumy. Z jednej strony jest to tzw. szum termiczny, który powstaje w każdym elemencie przewodzącym prąd i który wynika z faktu, że nie wszystkie elektrony płyną w kierunku przepływu prądu, a z drugiej strony - szum prądowy, którego wartość zależy od typu rezystora. Szum termiczny, który jest niezależny od rodzaju rezystora, można obliczyć wg następującego wzoru:

$$U = \sqrt{4kTRB}$$

gdzie: U = napięcie szumów, jego wartość skuteczna w V, k = stała Boltzmanna ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K), T = temperatura bezwzględna w stopniach Kelvina, R = rezystancja w Ω i B = szerokość pasma w Hz. Szum prądowy, który zależy np. od rodzaju materiału użytego na element oporowy, nierównomierności jego powierzchni i zanieczyszczeń, podawany jest z reguły w danych technicznych producenta. Poziom szumów podaje się w $\mu V/V$ lub w dB. Poziom 0 dB odpowiada 1 $\mu V/V$. Szum całkowity jest sumą szumu termicznego i prądowego.

Szum całkowity = $\sqrt{(\text{szum prądowy}^2 + \text{szum termiczny}^2)}$

Zależność od napięcia

Rezystancja wszystkich rezystorów jest w jakiś sposób zależna od napięcia i zazwyczaj jest to od 10 do 1000 ppm/V. Zależność ta powoduje zniekształcenia harmoniczne - jeśli mamy do czynienia z napięciem zmiennym. Często nazywa się to nieliniowością i podaje się w dB jako relację między przebiegiem podstawowym i jego trzecią harmoniczną.

Budowa

Rezystory węglowe kompozytowe, lub masowe są starszym typem rezystora. Zbudowane są w postaci wałka, lub rurki węglowej z przylutowanymi wyprowadzeniami. Skład materiałowy części węglowej decyduje o wartości rezystancji. Zaletą tych rezystorów jest ich niska indukcyjność. Dlatego są one właściwe do zastosowań w układach przełączających, jak np. w układach gasikowych RC i zasilaczach przetwornicowych. Inną ich zaletą jest to, że wytrzymują chwilowe przeciążenia bez uszkodzenia. Ich dużą wadą jest wysoka pojemność własna, ok. 0,2-1 pF, w zależności od typu i wartości rezystancji. Wysoka pojemność własna, która wynika z budowy cząsteczek węglowych ze środkiem wiążącym stanowi, że rezystory węglowe są mniej lub bardziej bezużyteczne przy częstotliwościach powyżej 5-10 MHz. Posiadają one wysoki współczynnik temperaturowy (-200 do -2000 ppm/K), dużą zależność od napięcia (200-500 ppm/V), wysoki szum i złą stabilność długotrwałą.

Rezystory warstwowe węglowe, lub rezystory z warstwą węglową. Składają się z rurki ceramicznej, na której jest naparowana warstwa węgla o danej wartości rezystancji. W tej warstwie można wykonać nacięcia spiralne aż do 10 zwojów przy pomocy ostrza diamentowego, lub lasera, aby osiągnąć właściwą wartość rezystancji. Reaktancja tej indukcyjności, która wystąpi z powodu tej spirali jest niewielka w porównaniu z reaktancją, która wynika z pojemności własnej ok. 0,2 pF. Posiadają one wysoki współczynnik temperaturowy (-200 do -1000 ppm/K). Zależność napięciowa jest poniżej 100 ppm/V. Poziom szumu jest dość wysoki, a stabilność długotrwałą jest zła. Rezystory węglowe powierzchniowe są jednakże bardzo tanie w produkcji.

Rezystory warstwowe metalowe różnią się od węglowych tym, że warstwa węgla została zastąpiona warstwą metalu. Proces produkcji jest podobny. Dobre właściwości dla wysokich częstotliwości ze względu na niską pojemność własną (poniżej 0,2 pF). Dla wysokich wartości rezystancji i przy wysokiej częstotliwości reaktancja może jednakże odgrywać pewną rolę. Współczynnik temperaturowy jest niski (5-100 ppm/K). Zależność od napięcia jest ok. 1 ppm/V, niski poziom szumów i dobra stabilność długotrwałą. Wytrzymałość na przeciążenia impulsowe jest jednak niska, niższa nawet niż dla rezystorów warstwowych węglowych. Dlatego należy być ostrożnym z wymianą rezystorów węglowych na metalowe w zastosowaniach impulsowych.

Rezystory grubowarstwowe nazywane są czasami rezystorami "metalglaze", lub cermetowymi. Warstwa zewnętrzna składa się z mieszaniny tlenków metali i szkła, lub ceramiki, i jest nakładana metodą sitodrukową na korpus ceramiczny. Tego typu rezystory mają dobre własności przy wysokich częstotliwościach i niskich rezystancjach. Pojemność własna wynosi ok. 0,1-0,3 pF. Zależność rezystancji od napięcia jest poniżej 30 ppm/V. Stabilność długotrwałą jest bardzo dobra.

Rezystory są wytrzymałe na przeciążenia impulsowe, są niezawodne i wytrzymują wysokie temperatury. Poziom szumów jest porównywalny z rezystorami warstwowymi węglowymi. Rezystory do montażu powierzchniowego są najczęściej produkowane jako grubowarstwowe.

Rezystory cienkowarstwowe mają bardzo cienką warstwę metalu, najczęściej niklu i chromu, który jest naparowywany na korpus szklany, lub ceramiczny. Rezystory są trawione i dopasowywane przy pomocy lasera aby uzyskać właściwą rezystancję. Własności dla wysokich częstotliwości na ogół nie są dobre. Współczynnik temperaturowy rezystancji jest bardzo dobry, daje się uzyskać nawet poniżej 1 ppm/K. Współczynnik napięcia leży poniżej 0,05 ppm/V. Stabilność długotrwała jest nadzwyczaj dobra. Szumy są najniższe ze wszystkich typów rezystorów warstwowych powierzchniowych. Moc i odporność na impulsy jest niska. Wysoka stabilność powoduje, że rezystory tego typu często stosuje się w układach precyzyjnych, jako np. bardzo dokładne dzielniki napięcia.

Rezystory z tlenków metali mają warstwę zewnętrzną np. z tlenku cyny, z którego można tworzyć spirale. Własności dla wysokich częstotliwości są umiarkowane, ze względu na pojemność własną ok. 0,4 pF. Współczynnik temperaturowy wynosi ok. ±200 ppm/K, zależność od napięcia jest poniżej 10 ppm/V, a poziom szumów jest niski. Są one odporne na impulsy i znoszą wysokie temperatury, co czyni je bardzo dobrą alternatywą dla rezystorów drutowych dużej mocy, szczególnie przy wysokich rezystancjach.

Matryce rezystorowe (drabinki) są produkowane w wersji grubo- albo cienkowarstwowej. Składają się one z ceramicznego korpusu z nadrukowanymi rezystorami i wyprowadzeniami. Istnieją dwa rodzaje matryc rezystorowych do montażu przewlekanego: obudowa jednorzędowa SIL (Single In Line) z liczbą wyprowadzeń od 4 do 14 i liczbą rezystorów od 2 do 24, oraz obudowa dwurzędowa DIL (Dual In Line) z liczbą wyprowadzeń od 14 do 20 i liczbą rezystorów od 7 do 36. Do montażu powierzchniowego produkuje się dużo różnych typów obudów. Często produkuje się specjalne matryce rezystorowe do zastosowań specjalnych. Wówczas można uzyskać dowolne wewnętrzne połączenia między rezystorami, różne wartości rezystancji, jak również można wyposażyć matrycę w inne elementy takie jak kondensatory, czy diody.

Jedną z zalet matryc rezystorowych jest to, że zajmują mało miejsca na płycie drukowanej, można kontrolować temperaturę pracy rezystorów, montaż jest prosty i nie czasochłonny, co z kolei oznacza niższą cenę montażu elementów.

Rezystory drutowe nawijane, składają się z drutu o wysokiej rezystancji na ogół nikrotalu (CrNi), kantalu (CrAlFe), lub konstantanu (CuNi), nawiniętego na korpus z ceramiki, szkła lub włókna szklanego. Izoluje się je plastikiem, silikonem, glazurą, albo są zamknięte w obudowie aluminiowej, aby łatwiej mogły przenosić ciepło do chłodzącego podłoża. Produkuje się je do zastosowań precyzyjnych, gdzie wymagana jest wysoka jakość i stabilność, oraz do zastosowań o dużej mocy, dla których potrzebny jest gruby i wytrzymały drut. Własności dla wysokich częstotliwości nie są dobre. Wysoka indukcyjność (0,1–10 μH) i wysoka pojemność (0,2–10 pF) zależą od liczby zwojów drutu i wymiarów korpusu. W celu zmniejszenia indukcyjności można nawijać druty w różny sposób np. bifilarnie, krzyżowo (uzwojenie Ayrtona Perry), albo sekwencyjnie w różnych kierunkach. W typach precyzyjnych współczynnik temperaturowy jest niski

(1–100 ppm/K). Zależność napięciowa wynosi ok. 1 ppm/V. Szum jest bardzo niski, a stabilność długotrwała - dobra. Jednakże wytrzymałość na przeciążenie jest niska. Rezystory mocy mają współczynnik temperaturowy między –50 till +1000 ppm/K w zależności od typu drutu. Zależność napięciowa i szumy - takie jak w typie precyzyjnym. Stabilność długotrwała jest silnie zależna od temperatury powierzchni rezystora (T_{hs}). Przy montowaniu drutowych rezystorów mocy ważne jest aby pamiętać, że temperatura na powierzchni może dochodzić aż do 200–400° C. Tak wysokie temperatury mogą mieć wpływ na otaczające elementy, materiały i punkty lutownicze.

Termistor NTC jest nieliniowym rezystorem, którego rezystancja zależna jest silnie od temperatury materiału oporowego. Jak wskazuje angielska nazwa - Negative Temperature Coefficient - termistor posiada ujemny współczynnik temperaturowy, czyli rezystancja maleje ze wzrostem temperatury. Są one zbudowane z polikrystalicznych półprzewodników, które stanowią mieszaniny związków chromu, manganu, żelaza, kobaltu i niklu. Są zmieszane z plastycznym środkiem wiążącym.

Rezystancja termistora zmienia się wg wzoru

$$R = A \times e^{B/T}$$

gdzie A i B są stałymi zależnymi od materiału, a T jest temperaturą. Jednakże jest to uproszczony wzór. W szerokich zakresach temperatur wartość B zmienia się nieco wraz z temperaturą. W celu obliczenia przybliżonej wartości rezystancji (R_1) przy pewnej temperaturze (T_1) można wykorzystać powyższy wzór, o ile znana jest rezystancja (R_2) w temperaturze (T_2) i wartość B.

$$R_1 = A \times e^{B/T_1}$$

$$R_2 = A \times e^{B/T_2}$$

Jeżeli podzielimy te dwa wyrażenia przez siebie to otrzymamy:

$$R_1/R_2 = A \times e^{B/T_1} / (A \times e^{B/T_2})$$

Upraszczamy przez A, przenosimy R_2 i w ten sposób otrzymamy wzór Beta:

$$R_1 = R_2 \times e^{(B/T_1 - B/T_2)}$$

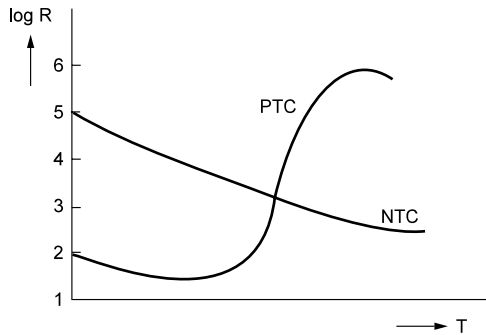
Wzór Beta określa relacje w zakresie temperatur, dla którego podawana jest wartość B. $B_{25/85}$ oznacza, że wartość B jest właściwa dla zakresu temperatur od 25 do 85° C.

Stać mocy (D) jest wielkością mocy w W (lub mW), potrzebną do podniesienia temperatury rezystora o 1 K powyżej temperatury otoczenia.

Stać czasowa (τ) jest to czas, który termistor NTC potrzebuje do osiągnięcia 63,2% ($1 - e^{-1}$) tej nowej wartości rezystancji przy zmianie temperatury, ale wzrost temperatury nie może wynikać z przepływającego prądu. Jest to miara szybkości reakcji i zależy to od np. masy oporowej.

Termistory NTC stosuje się do np. pomiarów i regulacji temperatury, kompensacji temperaturowej, opóźnienia czasowego i ograniczenia prądów rozruchu.

Termistor PTC ma dodatni współczynnik temperaturowy, tzn. jego rezystancja wzrasta wraz ze wzrostem temperatury. Produkowane są one w podobny sposób jak termistory NTC, ale ich podstawą jest BiTiO_3 który domieszkuje się z różnymi związkami chemicznymi. Poprzez obfite dodanie tlenu w czasie procesu chłodzenia, otrzymuje się silnie dodatni współczynnik temperaturowy. Rezystancja nieco maleje przy niskich temperaturach, ale po przekroczeniu punktu Curie materiału (T_C), silnie wzrasta.



Zależność rezystancji od temperatury dla rezystorów PTC lub NTC.

Temperatura przemiany (T_{sw}), jest to temperatura, przy której wartość rezystancji równa jest dwukrotnej wartości rezystancji minimalnej. Termistory PTC produkowane są z temperaturą T_{sw} pomiędzy 25 i 160° C (aż do 270° C, o ile są one produkowane jako elementy grzewcze).

Czas przemiany (t_{sw}) to jest czas, jakiego potrzebuje termistor PTC, aby osiągnąć temperaturę T_{sw} w wyniku przepływu prądu przy stałym napięciu. W tym momencie prąd zmniejsza się do połowy. Czas przemiany można obliczyć z następującego wzoru:

$$t_{sw} = h \times v \times (T_{sw} - T_{amb}) / (I_t^2 \times R_{25} - D \times (T_{sw} - T_{amb}))$$

gdzie h = charakterystyczna stała ceramiki np. $2,5 \times 10^{-3} \text{ J} \times \text{K}^{-1} \times \text{mm}^{-3}$,

v = objętość ceramiki w mm^3 ,

T_{sw} = temperatura przemiany,

T_{amb} = temperatura otoczenia,

I_t = prąd w A,

D = stała mocy w W/K.

Współczynnik temperaturowy oznacza maksymalny współczynnik temperaturowy termistora PTC w tej części charakterystyki, w której jest ona najbardziej stroma.

Bardzo ważne jest, aby nie przekraczać maksymalnego napięcia. Może wówczas nastąpić przebicie i termistor zostanie zniszczony. Nie można także szeregowo łączyć wielu termistorów PTC, aby osiągnąć wyższą wytrzymałość napięciową. Znaczny spadek napięcia powstanie i tak na jednym termistorze i on właśnie zostanie wtedy uszkodzony.

Termistory PTC stosuje się jako zabezpieczenia przeciwko nadmiernemu prądowi np. w silnikach elektrycznych, samoregulujących elementach grzewczych, do obwodu rozmagnesowania w telewizorach kolorowych, obwodach opóźniających i do wskazywania temperatury.

Warystor, lub VDR (Voltage Dependent Resistor) jest rezystorem, którego wartość rezystancji zmniejsza się silnie wraz ze wzrostem napięcia. Warystory produkuje się obecnie najczęściej z granulowanego tlenku cynku, domieszkowanego różnymi pierwiastkami jak Bi, Mn, Sb, itd., uformowanego w pastylkę. Powierzchnie wielu styków ziaren działają jako pewnego rodzaju złącza półprzewodnikowe o spadku napięcia ok. 3 V przy 1 mA i tworzą długie łańcuchy. Całkowity spadek napięcia zależy od wielkości ziarna i grubości warystora. Aż do napięcia charakterystycznego (napięcia warystora), kiedy prąd jest $\leq 1 \text{ mA}$, warystor będzie miał wysoką rezystancję. Po przekroczeniu napięcia progowego warystora, przepływający prąd wzrasta w sposób logarytmiczny, tzn. wartość rezystancji zmniejsza się. Warystor może przejść ze swojego stanu wysokoomowego do niskoomowego w czasie krótszym niż 20 ns. Średnica warystora decyduje o mocy i czasie życia. Budowa ziarnista powoduje, że warystor posiada pojemność własną rzędu 50-20 000 pF w zależności do napięcia i wielkości.

Nieliniowość można wykorzystać dla zabezpieczenia przed krótkimi przepięciami, które powstają np. podczas burz, lub przełączania obciążeń o charakterze indukcyjnym. Warystory można stosować zarówno do prądu stałego, jak i zmiennego. Bardzo wysokie przepięcie zmniejsza rezystancję warystora do 0,1 - 50 Ω w zależności od wartości szczytowej piku napięciowego, napięcia i średnicy warystora.

Warystory montowane są w instalacjach zasilających 230 V~ SI między fazą i zerem lub ziemią, w celu tłumienia przychodzących pików napięciowych, przy pomiarach w układach zasilających miedzy + i -, między przewodem i ziemią w układach sygnalizacyjnych, na styku przerywającym obwód cewki aby zapobiec iskrzeniu, na triaku aby zmniejszyć zakłócenia radiowe, itd.

Fotorezystor, zwany również LDR (Light Dependent Resistor), jak nazwa wskazuje, ma oporność zmieniającą się w zależności od ilości padającego nań światła. Silniejsze światło wywołuje spadek rezystancji.

Fotorezystor produkowany jest przeważnie z dwóch różnych materiałów. Siarczek kadmu (CdS) jest wrażliwy w przybliżeniu na to samo widmo światła co ludzkie oko. Czułość selenku kadmu (CdSe) jest przesunięta w stronę podczerwieni. CdS posiada maksymalną czułość przy 515 nm, a CdSe przy 730 nm, ale poprzez zmieszanie tych dwóch materiałów, można otrzymać różne charakterystyki - z maksymalną czułością pomiędzy 515 a 730 nm.

Siarczek kadmu i selenek kadmu w ciemności nie posiadają w ogóle (albo niewiele) wolnych elektronów, przez co wartość rezystancji jest bardzo wysoka. Energia, napływająca w postaci światła, powoduje wyzwolenie elektronów walencyjnych i ich przeniesienie do pasma przewodzenia. Wartość rezystancji będzie wówczas niska.

Wielkość zmian rezystancji zależy, oprócz składu materiałowego, od typu procesu produkcyjnego, powierzchni i odległości między elektrodami, jak również od powierzchni, która jest oświetlana. Fotorezystor ma względnie dużą zależność temperaturową: 0,1 do 2%/K. Czas odpowiedzi zmienia się od 1 ms do wielu sekund, w zależności od natężenia światła, jak również czasu oświetlenia i czasu pozostawiania bez oświetlenia. Typ CdSe jest szybszy niż typ CdS. Oba posiadają pewien "efekt pamięciowy" - po długotrwałym, statycznym oświetleniu wartość rezystancji zostaje przesunięta na pewien czas. Typ CdSe ma silniejszy efekt pamięciowy niż typ CdS.

Standardowe szeregi wartości w dekadzie wg IEC-63

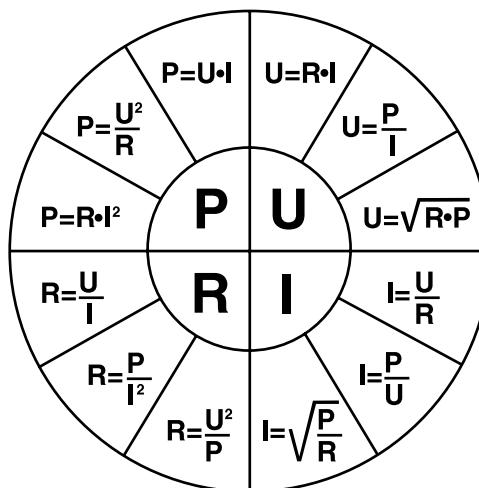
E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48
100	100	100	169	169	169	287	287	287	487	487	487	825	825	825
101			172			291			493			835		
102	102		174	174		294	294		499	499		845	845	
104			176			298			505			856		
105	105	105	178	178	178	301	301	301	511	511	511	866	866	866
106			180			305			517			876		
107	107		182	182		309	309		523	523		887	887	
109			184			312			530			898		
110	110	110	187	187	187	316	316	316	536	536	536	909	909	909
111			189			320			542			920		
113	113		191	191		324	324		549	549		931	931	
114			193			328			556			942	942	
115	115	115	196	196	196	332	332	332	562	562	562	953	953	953
117			198			336			569			965		
118	118		200	200		340	340		576	576		976	976	
120			203			344			583			988		
121	121	121	205	205	205	348	348	348	590	590	590			
123			208			352			597					
124	124		210	210		357	357		604	604				
126			213			361			612					
127	127	127	215	215	215	365	365	365	619	619	619			
129			218			370			626					
130	130		221	221		374	374		634	634				
132			223			379			642					
133	133	133	226	226	226	383	383	383	649	649	649	15	15	15
135			229			388			657			16		
137	137		232	232		392	392		665	665		18	18	
138			234			397			673			20		
140	140	140	237	237	237	402	402	402	681	681	681	22	22	22
142			240			407			690			24		
143	143		243	243		412	412		698	698		27	27	
145			246			417			706			30		
147	147	147	249	249	249	422	422	422	715	715	715	33	33	33
149			252			427			723			36		
150	150		255	255		432	432		732	732		39	39	
152			258			437			741			43		
154	154	154	261	261	261	442	442	442	750	750	750	47	47	47
156			264			448			759			51		
158	158		267	267		453	453		768	768		56	56	
160			271			459			777			62		
162	162	162	274	274	274	464	464	464	787	787	787	68	68	68
164			277			470			796			75		
165	165		280	280		475	475		806	806		82	82	
167			284			481			816			91		

E24	E12	E6	E3
10	10	10	10
11			
12	12		
13			
15	15	15	
16			
18	18		
20			
22	22	22	22
24			
27	27		
30			
33	33	33	
36			
39	39		
43			
47	47	47	47
51			
56	56		
62			
68	68	68	
75			
82	82		
91			

Prawo Ohma

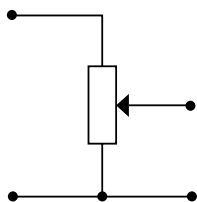
Obok podany jest pomocniczy diagram do obliczania zależności między napięciem U (V), prądem I (A), rezystancją R (Ω) i mocą P (W). Wzory w częściach zewnętrznych stosowane są do obliczania wielkości leżącej w części wewnętrznej.

Przykład: Przy podłączaniu diody świecącej do napięcia 24 V potrzebny jest rezystor szeregowy do ograniczenia prądu do np. 20 mA (0,02 A). Patrzymy wówczas na ćwiartkę koła w części R (rezystancja) i stosujemy wzór $R = U/I$. To daje 24 V/0,02 A = 1200 Ω . Aby obliczyć moc tego rezystora szeregowego przechodzimy do ćwiartki P. (moc) i stosujemy np. wzór $P = U \times I$, czyli 24 V x 0,02 A, co nam daje 0,48 W. Wybieramy np. rezystor 1200 Ω i 1/2 W.

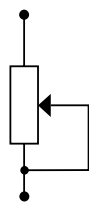


Potencjometry

Potencjometr jest rezystorem zmiennym, którego wartość można zmieniać w sposób mechaniczny. Posiada on trzy wyprowadzenia - po jednym z każdej strony elementu oporowego i trzecie podłączone jest do ślizgacza, który można przesuwać po ścieżce oporowej. Nazwa potencjometr powstała od jego funkcji regulowania potencjału, albo prościej - dzielnika napięcia. Wykorzystując tylko wyprowadzenie z jednej strony i ślizgacz można wykorzystać potencjometr jako regulowany rezystor (reostat).



Dzielnika napięcia.



Reostat.

Potencjometry można produkować w różnych wykonaniach, zależnie od przyszłego zastosowania.

Potencjometr tablicowy jest przeznaczony do montażu np. na płycie czołowej. Montuje się go za pomocą nagwintowanego kołnierza i nakrętki; czasami montuje się go kątowno na płytce, a tylko oś przechodzi przez płytę czołową. Jest to potencjometr obrotowy ze ścieżką oporową w kształcie kolistym i posiada oś, która ruchem obrotowym przesuwa ślizgacz. Jeśli jest to potencjometr suwakowy, to ścieżka wykonana jest w postaci linii prostej. Do prostszych zastosowań wykorzystuje się tani węglowy materiał oporowy, ale do bardziej wymagających - cermet, przewodząc tworzywo sztuczne, albo też stosuje się potencjometry drutowe.

Potencjometr precyzyjny jest rodzajem potencjometru tablicowego, który produkuje się w dwóch podstawowych wykonaniach: wieloobrotowy - z traktem oporowym z nawiniętego drutu, pozwalającym na bardzo dokładne ustawienie, i jednoobrotowy - z torem z plastiku przewodzącego, albo też drutowy, bez mechanicznego ogranicznika w położeniach krańcowych. Ten ostatni posiada dużą rozdzielczość i długi czas życia, i może być wykorzystywany jako np. czujnik kąta.

Potencjometry dostrojcze (trymery) produkowane są z węglową lub cermetową ścieżką oporową, w wersji wieloobrotowej, w obudowie, lub bez niej. Zazwyczaj są one mniejsze niż potencjometry tablicowe, nie posiadają osi i kołnierza gwintowanego, stawia się im mniejsze wymagania mechaniczne. Trymer posiada często czas życia zaledwie 200 obrotów. Wynika to z bardzo dużego docisku ślizgacza do warstwy oporowej w miejscu styku, po to by osiągnąć wysoką stabilność. Trymery wieloobrotowe produkuje się w dwóch typach: jeden - z torem prostoliniowym i długą nagwintowaną osią przesuwaną ślizgacz i drugi - z torem obrotowym, gdzie ślizgacz przesuwany jest przy pomocy ślimaka.

Tłumiki potencjometryczne składają się z rezystora i tłumika, połączonych w kształcie T albo π YT. Powoduje to, że impedancja wejściowa i wyjściowa są stałe, podczas gdy stopień tłumienia zmienia się. W tłumikach bezstopniowych stosuje się potencjometry sprzężone mechanicznie na wspólnej osi. W wielu sytuacjach jest niezwykle ważne, aby dokładnie wiedzieć jakie mamy tłumienie. Dlatego istnieją też tłumiki, które są łączone ze sobą kaskadowo i posiadają przełączniki, które pozwalają łączyć je tak, aby uzyskać żądaną wartość.

Manipulator typu joystick składa się z jednego lub wielu potencjometrów, które są regulowane przy pomocy wystającego uchwytu. Stosowane są jako organ sterujący w jednym, dwóch lub trzech kierunkach (X-, Y- i Z). Potencjometry w manipulatorze są specjalnie wykonane i mają kąt obrotu tylko od 30-60°. W najtańszych typach stosuje się węglową ścieżkę oporową, a w typach o wyższej jakości - plastik przewodzący. Manipulatory często są łączone z mikroprzełącznikami; czasem wyposażone są w specjalne uchwyty.

Ścieżkę oporową w potencjometrze - jak już wspomniano - wykonuje się z różnych materiałów, aby można było wykorzystać ich zalety w danym zastosowaniu.

Najtańszą i najprostszą jest **ścieżka węglowa**. Produkowana jest z masy węglowej, nakładanej pod ciśnieniem na podkład z tekstolitu. Potencjometry węglowe wytrzymują tylko niewielkie moce. Posiadają słabą rozdzielczość i liniowość, wysokie szумы oraz krótki czas życia. Są jednak tanie w produkcji i to powoduje, że są często stosowane w mniej krytycznych aplikacjach.

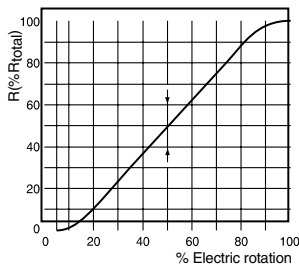
Alternatywą ścieżki węglowej jest przewodząca **ścieżka z tworzywa sztucznego**. Jest to drobnoziarnisty proszek węglowy zmieszany z plastikiem i nakładany pod ciśnieniem na podłoże. Zaletą jest nieskończenie mała rozdzielczość i niskie szумы - zarówno gdy ślizgacz jest nieruchomy (szum statyczny), jak i kiedy się przesuwa (szum dynamiczny). Ponieważ docisk ślizgacza do warstwy oporowej jest bardzo mały, ma on długi czas życia. Wadą przewodzącej ścieżki plastikowej jest mała wytrzymałość mechaniczna i mała wytrzymałość prądów ślizgacza, a także wysoka zależność od temperatury rzędu ± 1000 ppm/°C. Potencjometry ze ścieżką plastikową wykorzystywane są głównie w zastosowaniach przemysłowych, gdzie stawia się wysokie wymagania na rozdzielczość i czas życia, a także w zastosowaniach elektroakustycznych, gdzie zaletą są niskie szумы.

Wysoka obciążalność mocowa jest istotną cechą ścieżki wykonanej z **cermetu**. Ścieżka cermetowa składa się z mieszaniny metali i ceramiki, nakładanej na podkład ceramiczny. Ścieżka ta jest stabilna temperaturowo, daje dobrą rozdzielczość i ma niski szum statyczny. Wytrzymuje wysoki nacisk styku ślizgacza, ma bardzo dobrą stabilność w czasie i dlatego ścieżki cermetowe są popularne w potencjometrach dostrojczych i tablicowych.

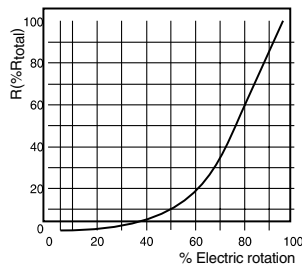
Ścieżka drutowa stosowana jest tam, gdzie wymagana jest wysoka wytrzymałość mocowa oraz dobra stabilność temperaturowa i czasowa. Potencjometry drutowe powinny być stosowane wówczas, gdy przez ślizgacz płynie duży prąd. W wieloobrotowych potencjometrach precyzyjnych czasami wykorzystuje się ścieżkę drutową, która jest pokryta warstwą przewodzącego plastiku w celu zwiększenia rozdzielczości. Inne zastosowania potencjometrów drutowych to np. regulowane rezystory szeregowo (reostaty) do regulacji prądu w różnych typach obciążen

Ścieżki oporowe potencjometrów wykonuje się z różnymi *charakterystykami*. Potencjometr *liniowy* ma ścieżkę oporową o stałej oporności powierzchniowej na całej długości i dlatego zmiana rezystancji jest taka sama wzdłuż całej drogi. Potencjometr *logarytmiczny* ma ścieżkę oporową podzieloną najczęściej na trzy odcinki. Każdy odcinek jest liniowy, ale ma różne rezystancje jednostkowe. Gdy ślizgacz znajduje się na początku ścieżki, wartość rezystancji jest niska, a jej zmiana - mała. Pod koniec ścieżki rezystancja jest duża i zmienia się

znacznie szybciej niż na początku ścieżki. Poza tymi najbardziej popularnymi charakterystykami liniowymi i logarytmicznymi stosuje się cały szereg różnych charakterystyk, do konkretnych zastosowań.



Potencjometr liniowy.



Potencjometr logarytmiczny.

Moc maksymalna jest to taka moc, której wydzielenie nie powoduje jeszcze uszkodzenia potencjometru. Jest bardzo ważne, aby pamiętać, że podana moc dotyczy całej ścieżki. Jeśli wykorzystywana jest jedynie część ścieżki - jak np. w układzie rezystora regulowanego - to zmniejsza się proporcjonalnie wytrzymałość potencjometru. Prąd płynący przez ślizgacz nie może przekraczać prądu płynącego przez ścieżkę oporową przy maksymalnej mocy. Prąd ten może być przekroczony wtedy, gdy np. mierzona jest rezystancja między jednym wyprowadzeniem potencjometru i ślizgaczem przy pomocy zwykłego multimetru i ślizgacz przesuwany jest w stronę tego wyprowadzenia.

Jako maksymalne napięcie pracy, przyjmowane jest w większości przypadków, napięcie wytrzymałości izolacji. Jest to najwyższe napięcie, które może być podane na potencjometr. Napięcie maksymalne na ścieżce jest ograniczone również maksymalną mocą, którą możemy obliczyć wg wzoru:

$$U = \sqrt{R \times P}$$

gdzie U = napięcie na całej długości ścieżki, R = rezystancja, a P = wydzielana moc. **Napięcie próby** jest to napięcie przyłożone między którejkolwiek z wyprowadzeń potencjometru i obudowę potencjometru. Często jest ono ograniczone w czasie.

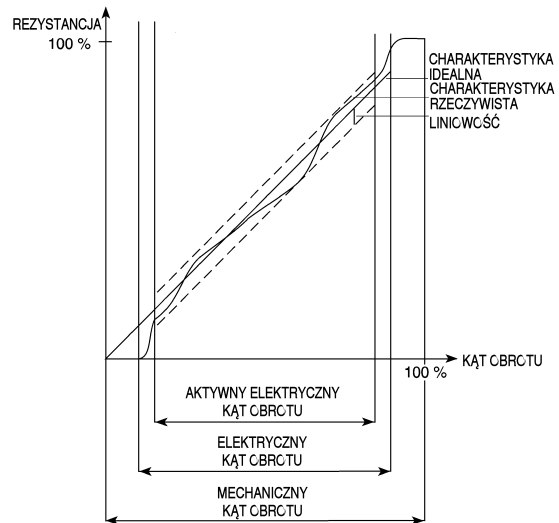
Tolerancja rezystancji potencjometru na ogół nie ma większego znaczenia. W dzielniku napięcia najważniejsza jest proporcja między rezystancjami po obu stronach ślizgacza. W układzie regulowanego rezystora tolerancja powoduje, że uzyskuje się różne maksymalne rezystancje, ale jeśli ślizgacz znajdzie się mniej więcej po środku ścieżki, to tolerancja nie ma tu większego znaczenia.

Zakres temperatury pracy można opisać w dwojaki sposób: dynamiczny - gdzie potencjometr spełnia wszystkie dane techniczne przy przesuwaniu ślizgacza i statyczny - z nieruchomym ślizgaczem.

Wskaźnik temperaturowy opisuje zmianę rezystancji w funkcji temperatury. Podaje się w ppm/°C (milionowe części stopnia). Dzielnik napięcia jest stabilny temperaturowo, gdy rezystancja po jego obu stronach zmienia się w jednakowym stopniu.

W wielu sytuacjach, np. przy pomiarze kąta, stosuje się precyzyjne potencjometry liniowe. Ważne jest wtedy, aby charakterystyka rzeczywista była jak najbliższa teoretycznej. Nazywamy to **liniowością**, a największa odchyłka rezystancji

wyrażana jest w procentach. Liniowość jest zależna od czynników takich jak: czystość surowca i zmiany powierzchniowe ścieżki oporowej.



Błąd liniowy potencjometru.

Jeśli potencjometr połączony jest w układzie dzielnika napięcia, to rezystancja obciążenia będzie połączona równolegle z pewną częścią ścieżki oporowej. Powoduje to pogorszenie liniowości. Rezystancja obciążenia, która jest dwukrotnie większa od wartości rezystancji potencjometru, powoduje błąd liniowości rzędu ok. 11%. Aby móc ją pomijać w obliczeniach, rezystancja obciążenia powinna być co najmniej 100 razy większa od rezystancji potencjometru.

Elektryczny kąt obrotu jest to kąt, w którym odbywa się zmiana rezystancji. Aktywny kąt elektryczny jest o ok. 20° mniejszy. Ok. 10° na początku i końcu ścieżki wynika z mocowania wyprowadzeń. **Mechaniczny kąt obrotu** jest ok. 30% większy niż elektryczny, aby móc otrzymać dobry styk na końcach ścieżki.

Kiedy ślizgacz znajduje się w swoim położeniu krańcowym, to jego rezystancja nie jest równa zero, lecz wykazuje pewną wartość - jest to **rezystancja położenia krańcowego**, albo rezystancja minimalna. Wynika ona m.in. z rezystancji przejścia między ślizgaczem i ścieżką, rezystancji wyprowadzeń i tolerancji mechanicznych, które mogą powodować, że ślizgacz nie może dojść do końca ścieżki. Rezystancje położzeń krańcowych wyrażane są w procentach, lub jako wartość minimum w ohm (np. "1% lub 2 Ω").

Rezystancja styku, która występuje między ślizgaczem i ścieżką jest w znacznym stopniu zależna od prądu, szczególnie w czasie ruchu ślizgacza. Bardzo małe prądy mają trudności z przepływem przez cienką warstwę tlenków, które tworzą rodzaj diody. Rezystancja styku zmienia się bardzo w czasie przesuwania ślizgacza. Zjawisko to określane jest jako **CRV** (Contact Resistance Variation) i można je interpretować jako szum. Pod pojęciem **ENR** (Equivalent Noise Resistance) można rozumieć zmiany rezystancji ścieżki. Potencjometr drutowy ma wysoką wartość ENR, ponieważ rezystancja zmienia się skokowo za każdym razem, gdy ślizgacz przesuwa się z jednego zwoju na następny. CRV wyraża się w procentach całkowitej rezystancji, zaś ENR w ohm.

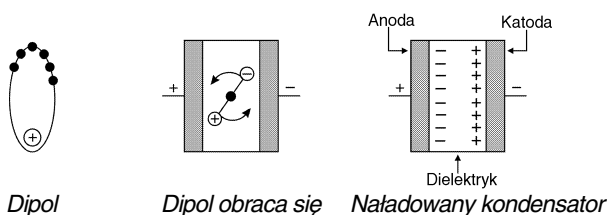
Kondensatory

Kondensator składa się z dwóch płytek przewodzących prąd elektryczny (elektrod) oraz z izolatora (*dielektrykum*) między płytkami. Elektrody można naładować ładunkami elektrycznymi tak, że elektrony nie przeskakują z elektrody ujemnej na dodatnią. Pod pojęciem pojemność C rozumie się zdolność kondensatora do ładowania ładunkiem Q w coulomb/volt. Opisuje to wzór:

$$C = Q/U$$

C to *pojemność*. Jednostka coulomb/volt nazywa się farad (F). Pojemność zwiększa się wraz ze zwiększającą się powierzchnią elektrod i zmniejszającą się między nimi odległością.

W celu zmniejszenia odstępów między elektrodami, stosuje się na izolatory materiały, które można wykonać w formie bardzo cienkiej folii np. tworzywa sztuczne, ceramikę lub warstwy tlenków. Materiały te zawierają także dipole, które dają jeszcze większą pojemność. W dipolu, atomy umieszczone w polu elektrycznym, ulegają polaryzacji w wyniku odkształcenia orbit elektronów na zewnętrznych powłokach. Przyciągane przez naładowane elektrody dipole mogą się obracać i przyjmować ten sam kierunek, jaki ma pole magnetyczne. Powoduje to zmniejszenie się odległości między elektrodami oraz zwiększenie pojemności. Ta cecha fizyczna zwana jest *przenikliwością elektryczną*. Czynnikiem, który w największym stopniu wpływa na pojemność kondensatora, poza powierzchnią i odległością elektrod, jest zdolność dielektryka (w ujęciu makroskopowym) do przyjęcia ujemnego ładunku w pobliże dodatniej elektrody, i dodatniego ładunku w pobliże elektrody ujemnej, co powoduje, że wpływ odległości między elektrodami zmniejsza się.



Dipol Dipol obraca się Naładowany kondensator

Korzystamy z następującej zależności:

$$C = \epsilon \times A/d$$

gdzie C = pojemność w faradach, A = powierzchnia w m², d = odstęp między elektrodami w m, a ϵ = przenikalność, która właściwie jest iloczynem $\epsilon_0 \times \epsilon_r$ gdzie ϵ_0 jest przenikalnością próżni, i wynosi $8,85 \times 10^{-12}$, a ϵ_r jest liczbą względną, która określa przenikalność dielektryka w stosunku do przenikalności w próżni. ϵ_r nazywana jest często *stałą dielektryczną* lub *liczbą pojemnościową*.

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

Z powyższego wynika, że wybór dielektryka w decydującym stopniu wpływa na pojemność kondensatora i jego wymiary. Istnieją jednak inne cechy (zalety i wady) materiałów, które powodują, że nie zawsze można stosować materiał o najwyższej stałej dielektrycznej.

Stać dielektryczna ϵ_r dla niektórych materiałów.

powietrze	1
woda	80
szkło	10
papier impregnowany	3,5-6
laminat fenolowo-papierowy	3,5-4,5
poliester	3,3
poliwęglan	2,8
polipropylen	2,2
polistyren	2,6
mika	4-8
tlenek aluminium Al ₂ O ₃	7
tlenek tantalum Ta ₂ O ₅	11
ceramika klasy 1	5-450
ceramika klasy 2	200-15000
ceramika klasy 3	10000-50000
ceramika NPO	60
ceramika X7R	1500
ceramika Z5U	5000

Kondensator, przy przepływie prądu zmiennego, stanowi opór zależny od częstotliwości, który jest nazywany *reaktancją pojemnościową* (X_C).

$$X_C = 1/(\omega \times C)$$

gdzie X_C = reaktancja w Ω , ω = pulsacja ($2 \times \pi \times f$) w rad/s, f = częstotliwość w hercach i C = pojemność w faradach.

Energię, którą można magazynować w kondensatorze wylicza się ze wzoru:

$$W = (1/2) \times C \times U^2$$

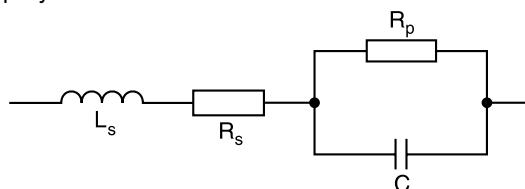
gdzie W = energia w kondensatorze w joulach (=Ws), C = pojemność w faradach, a U = napięcie w voltach.

Naładowanie i rozładowanie kondensatora zajmuje zawsze pewien czas. Zmiany ładunku wiążą się z kolei z przepływem prądu przez jakąś rezystancję. Najniższa rezystancja to rezystancja doprowadzeń i elektrod. Przez *stałą czasową* (τ) rozumiemy czas, który jest potrzebny na osiągnięcie przez ładunek 63,2% ($1 - e^{-1}$) maksymalnego napięcia.

$$\tau = R \times C$$

gdzie τ podany jest w sekundach, o ile R podane jest w Ω , a C w faradach. Przyjmuje się, że kondensator jest całkowicie naładowany, po czasie $5 \times \tau$.

W celu lepszego zrozumienia zależności między parametrami kondensatora, należy przyjąć następujący uproszczony schemat zastępczy.



Schemat zastępczy kondensatora.

R_s = rezystancja szeregową wyprowadzeń i elektrod, elektrolitu, jak również straty w dielektryku, L_s = indukcyjność doprowadzeń i elektrod, C = pojemność, R_p = rezystancja izolacji w dielektryku.

Poprzez skrót *ESR* (zastępcza rezystancja szeregową) rozumiemy całkowite straty w kondensatorze, które poza rezystancją szeregową doprowadzeń i elektrod (R_s) obejmują straty w dielektryku, powstające przy oddziaływaniu na niego

zmiennego pola elektrycznego. ESR jest funkcją częstotliwości i temperatury.

Straty powodują wzrost temperatury, która musi być kontrolowana, o ile jej wzrost jest znaczny. Do opisanego rezystancji strat stosuje się *współczynnik strat* ($\tan\delta$). Wyraża się zależnością:

$$\tan\delta = \text{ESR}/X_C$$

Współczynnik strat jest więc stosunkiem ESR do reaktancji X_C . Moc wydzielana w kondensatorze wyrażona jest zależnością:

$$P = U^2 \times \omega \times C \times \tan\delta$$

Gdy częstotliwość przyłożonego napięcia jest równa tej, przy której zmierzono ESR, można powyższy wzór zapisać:

$$P = U^2 \times \text{ESR} / X_C^2$$

ESL (szeregowa indukcyjność zastępcza), jest indukcyjnością wyprowadzeń i elektrod L_s . Indukcyjność współczesnych kondensatorów zwykle zawiera się w zakresie 10-100 nH.

Impedancja kondensatora jest przedstawiona zależnością:

$$Z = \sqrt{(\text{ESR}^2 + (X_C - X_L)^2)}$$

gdzie Z = impedancja w Ω , X_C i X_L jest odpowiednio reaktancją pojemnościową i indukcyjną przy danej częstotliwości.

Jednym z parametrów kondensatora jest *częstotliwość rezonansu własnego*, który występuje, gdy wartości bezwzględne X_C i X_L są sobie równe i kompensują się wzajemnie. Przy tej częstotliwości impedancja jest równa ESR.

Rezystancja dielektryka w kondensatorze (R) nigdy nie jest nieskończona, gdyż zawsze istnieje jakiś przepływ prądu. Prąd ten nazywamy *prądem upływu*. Powoduje on samorozładowanie kondensatora. Może to być czynnikiem krytycznym np. w obwodach czasowych.

Wiele parametrów kondensatora *zależy od temperatury*, np. stała dielektryczna, ESR i prąd upływu. Dlatego w zależności od zakresu temperatury, w którym kondensator będzie pracował, należy wybierać odpowiedni rodzaj dielektryka.

Do opisu *zmian pojemności* w funkcji temperatury służy współczynnik temperaturowy. Można go podać w ppm/°C (milionowa część na stopień Celsjusza).

Poza tym wiele parametrów jest mniej lub bardziej zależnych od częstotliwości i napięcia, co może być również czynnikiem wpływającym na wybór dielektryka.

Odporność na napięcie impulsowe określa, z jaką częstotliwością kondensator może być ładowany i rozładowywany. Zmiany napięcia powodują przepływ prądu przez elektrody i doprowadzenia, w rezystancji których następuje wydzielenie pewnej mocy. Gdy gęstość prądu w elektrodach będzie duża, wzrasta oporność własna, a w związku z tym straty mocy. Przy bardzo wysokich prądach może nastąpić stopienie i wyparowanie elektrod i wówczas w kondensatorze powstaje ciśnienie gazów, które może mieć fatalne skutki. Zmiany napięcia prowadzą ponadto do strat w dielektryku, które wspólnie ze stratami w rezystancji powodują wzrost temperatury kondensatora. Odporność na napięcie impulsowe jest podawana łącznie z napięciem pracy, które jest równe nominalnemu.

Odporność na napięcie impulsowe jest parametrem katalogowym i zależy od przyjętych warunków badania. W zależności od przyjętej metody (zgodnej z obowiązującymi normami) ilość impulsów, ich częstotliwość, wzrost temperatury itd., mogą być różne.

Prąd, wywołany zmianą napięcia można wyliczyć z następującego wzoru:

$$I = C \times (\Delta V/\Delta t)$$

Jeżeli pojemność C i odporność na napięcie impulsowe $\Delta V/\Delta t$ podana jest odpowiednio w μF i $\text{V}/\mu\text{s}$, to prąd I otrzymujemy w A .

Maksymalne napięcie pracy zależy od wielu czynników m.in. od wytrzymałości elektrycznej dielektryka, jego grubości, odległości między elektrodami i wyprowadzeniami, rodzaju obudowy. Odporność na przebicie zależy od temperatury i częstotliwości. Dlatego należy uważać, żeby nie przekroczyć maksymalnego napięcia w danych warunkach. Nawet gdy nie nastąpi bezpośrednio przebicie dielektryka, zbyt wysokie natężenie pola elektrycznego może spowodować długotrwałe zmiany w dielektryku.

Kiedy kondensator został naładowany, a dipole dielektryka powstały i zostały obrócone w kierunku napięcia pola, to po rozładowaniu kondensatora nie wszystkie powracają do swojej pierwotnej pozycji. Te dipole, które pozostały w swoim nowym położeniu powodują, że w rozładowanym kondensatorze pozostaje pewne napięcie. Zjawisko to nazywa się *absorbpcją dielektryczną* i występuje w większym lub mniejszym stopniu we wszystkich kondensatorach. W niektórych zastosowaniach np. w obwodach próbkujących, podtrzymujących i w układach audio, wymaga się, żeby była ona tak niska, jak tylko to jest możliwe. Absorbpcję dielektryczną mierzy się w procentach napięcia początkowego, po pewnym czasie od początku zwarcia. Istnieje cały szereg znormalizowanych metod pomiaru tego parametru.

Kilka przykładów zastosowań

Jako *kondensator sprzęgający*, blokujący napięcie stałe, ale przepuszcza dalej napięcie zmienne. Jako *kondensator blokujący*, zwierający napięcie zmienne, które występuje razem z napięciem stałym.

W *filtrach i obwodach rezonansowych*, gdzie najczęściej wspólnie z elementem indukcyjnym lub rezystorem, stanowi obwód rezonansowy lub obwód filtra np. w oscylatorze albo filtrze separującym głośnika.

Np. w zasilaczu sieciowym znajdują się kondensatory do *magazynowania energii*, która jest używana do filtrowania (wygładzania) napięcia stałego.

W *obwodach czasowych* wykorzystuje się ładowanie i rozładowywanie kondensatora do określenia czasu. Przykładem tego jest multiwibrator astabilny.

Jako elementu *odkłócającego*, używa się kondensatora, który może pochłoniąć krótkie impulsy napięcia tak np. jak w obwodzie RC przyłączonym do cewki przekątnika. Używa się również kondensatorów np. typu X lub Y w celu tłumienia zakłóceń o wysokich częstotliwościach (RFI).

Przy prądach zmiennych wysokiego napięcia, używa się często do pomiarów *ojemnościowych dzielników napięcia*. Nie mają one takich dużych strat jak rezystancyjne dzielniki napięcia.

Typy kondensatorów

Kondensatory z tworzywa sztucznego, w których warstwę dielektryka stanowi tworzywo sztuczne, mają małe straty dzięki niskiej rezystancji elektrod i wysokiej rezystancji izolacji. Technologiczność konstrukcji umożliwia automatyzację produkcji i w efekcie niskie ceny. Są one niepolaryzowane (nie odgrywa roli, która z elektrod będzie dodatnia, a która ujemna) i mają bardzo mały prąd upływu.

Używa się ich jako kondensatorów szeregowych lub blokujących w układach analogowych i cyfrowych, w obwodach czasowych i filtrach LC. Produkowane pojemności zawierają się w granicach od 10 pF do 100 µF.

Elektrody wykonuje się w postaci folii metalowej lub folii metalizowanej. Folia metalizowana powstaje w wyniku naporowania próżniowego cienkiej warstwy metalu na dielektryk. Zaletą tego rozwiązania jest to, że przy przebiciu elektrycznym, naporowany metal wyparowuje wokół miejsca przebicia i w ten sposób nie dochodzi do ewentualnego zwarcia. Istnieje wiele różnych technologii wykonania, poniżej podajemy przykłady tych najczęściej spotykanych.

Jak wynika z rysunku można tak nawinąć zwoje aby stanowiły dwa połączone w szereg kondensatory. Zwiększa to odporność impulsową kondensatora.

We wcześniejszych konstrukcjach kondensatorów z tworzywa sztucznego, doprowadzenia były wykonywane przewodem dołączonym do jednego z końców zwoju folii metalizowanej. W nowoczesnych kondensatorach tego typu, na zwinięty rulon folii nanosi się kontakt metalowy przy użyciu metalizacji natryskowej. Dzięki temu, można całą stronę nawiniętej folii połączyć z wyprowadzeniem i tym samym znacznie zmniejszyć rezystancję i indukcyjność kondensatora.

Do wyrobu kondensatorów stosuje się wiele różnych tworzyw sztucznych:

Poliester (PET, politereftalano-etylen) jest tworzywem, z którego można uzyskać cienkie folie (możliwe jest wytworzenie folii ok. 1µm), łatwe do metalizacji, co z kolei umożliwia otrzymanie kondensatorów o małych wymiarach i niskiej cenie. Poliester ma jednak najgorsze parametry wśród nowoczesnych tworzyw sztucznych. Kondensatory poliestrowe z elektrodami z folii metalowej, oznaczane są często KT, a jeśli są z folii metalizowanej MKT. Używa się ich w wielu mniej odpowiedzialnych miejscach układów elektronicznych, np. przy odsprężaniu.

Poliwęglan (PC) pozwala również otrzymać bardzo cienkie folie. Jest stosunkowo łatwy do metalizacji. Ma niższą stałą dielektryczną od poliestru, co powoduje, że wykonane z niego kondensatory są nieco większe i droższe. Tworzywo to ma jednak znacznie niższą stratność elektryczną i lepszą stabilność. Kondensatory oznaczone są analogicznie literami KC i odpowiednio MKC, o ile są z folii metalizowanej. Kondensatory

poliwęglanowe są stosowane w tych miejscach układów elektronicznych, gdzie można wykorzystać ich wysoką stabilność np. w strojonych filtrach i generatorach.

Polipropylen (PP) z trudem udaje się przerabiać na folie. Wymaga poza tym wstępnej obróbki, aby mógł być metalizowany. Kondensatory polipropylenowe są jednocześnie duże i drogie w porównaniu z poliestrowymi i poliwęglanowymi. Zaletą ich są bardzo małe straty, wysoka stabilność i niska absorpcja dielektryczna. Kondensatory polipropylenowe z elektrodami z folii, nazywane są KP, a o ile są z folii metalizowanej MKP. Kondensatory polipropylenowe używane są często w zastosowaniach impulsowych i tam, gdzie istotna jest niska absorpcja dielektryczna np. w obwodach próbkujących i podtrzymujących, jak również w urządzeniach audio.

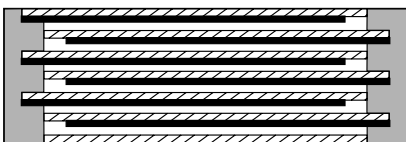
Polistyren (styrol, styroflex) jest jednym z pierwszych tworzyw sztucznych, które w coraz większym stopniu zastępowane jest przez poliwęglany i polipropylen. Metalizuje się z dużymi trudnościami, a niska wytrzymałość elektryczna powoduje, że folie polistyrenowe muszą być dużo grubsze, niż wykonane z innych tworzyw sztucznych. Polistyren posiada jednak bardzo niską stratność, wysoką stabilność i niską absorpcję elektryczną. Wykonane z niego kondensatory używane są w bardzo odpowiedzialnych miejscach obwodów elektrycznych np. w filtrach.

Siarczek polifenylu (PPS) jest materiałem, którego główną cechą jest odporność na wysokie temperatury, dobra stabilność i bardzo niskie straty. Wadą jest niska wytrzymałość elektryczna. Powoduje to konieczność stosowania folii z tworzywa o większych grubościach.

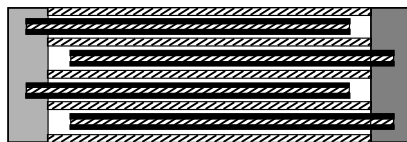
Tabela porównawcza właściwości tworzyw sztucznych (typowe wartości).

	Poli- ester	Poli- weg- lan	Poli- propy- len	Poli- styren
Stała dielektryczna:	3,3	2,8	2,2	2,5
Tanδ przy 1 kHz:	5×10 ⁻³	1×10 ⁻³	2×10 ⁻⁴	2×10 ⁻⁴
Tanδ przy 100 kHz:	18×10 ⁻³	10×10 ⁻³	3×10 ⁻⁴	3×10 ⁻⁴
Najwyższa temperatura pracy °C:	125	125	100	70
Absorpcja dielektryczna %	0,2-0,25	0,12-0,2	0,05-0,1	0,02-0,05
Współczynnik temperaturowy ppm/°C:	+400	+150	-200	-150
Siła dielektryczna V/mm:	250	180	350	150

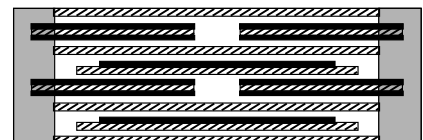
Folia metalizowana



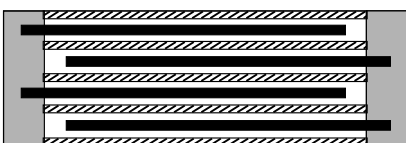
Folia dwustronnie metalizowana



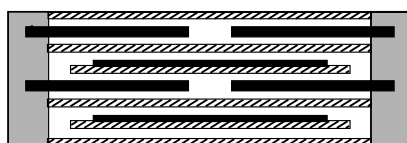
Folia dwustronnie metalizowana przy szeregowym połączeniu pojemności



Folia metalowa



Folia metalizowana/folia metalowa przy szeregowym połączeniu pojemności

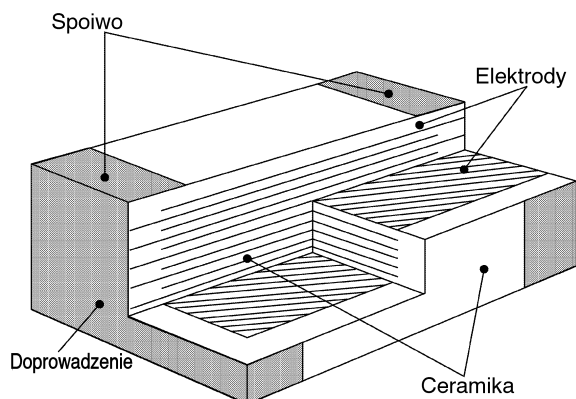


- Folia z tworzywa sztucznego (dielektryka)
- Folia metalowa
- Folia z tworzywa sztucznego metalizowana
- Folia z tworzywa sztucznego obustronnie metalizowana
- Warstwa stykowa z natryśniętego metalu

Kondensatory papierowe są w większości zastosowań zastępowane kondensatorami warstwowymi z tworzyw sztucznych. Pomimo wysokiej stałej dielektrycznej, kondensatory papierowe są większe oraz droższe niż z tworzyw sztucznych. Zaletami kondensatorów papierowych jest odporność na napięcia impulsowe i niska zawartość węgla (ok. 3%, dla porównania: 40-70% w tworzywach sztucznych), co powoduje bardzo dobre własności samoregenerujące i małe ryzyko zapłonu. W dzisiejszej dobie używane są one niemal wyłącznie jako kondensatory odkłócające (kondensatory X i Y), w których można wykorzystywać zalety papieru w stosunku do tworzyw sztucznych.

Czasami stosuje się równocześnie folię plastikową, jak i papier. Mówi się wówczas o mieszanym dielektryku, w którym usituje się wykorzystywać zalety każdego z nich.

Kondensatory ceramiczne są produkowane z jednej lub wielu płytek ceramicznych z nałożoną elektrodą metalową. Kondensator ceramiczny z pojedynczą warstwą dielektryka nazywany jest jednowarstwowym, "single plate" lub kondensatorem płytkowym. Gdy kondensator zbudowany jest z wielu warstw dielektryka i elektrod, nazywany jest wielowarstwowym albo kondensatorem monolitycznym. Podaż różnych materiałów i wykonań kondensatorów jest ogromna. Kondensatory ceramiczne produkuje się o pojemnościach od 0,5 pF do wielu setek μF . Kondensatory powyżej 10 μF są jednak rzadko spotykane, ze względu na wysoką cenę.



Kondensator wielowarstwowo.

Materiały ceramiczne dzielą się na trzy grupy.

Klasa 1 są to materiały o niskiej stałej dielektrycznej. Charakteryzują się wysoką stabilnością, nie tylko w funkcji temperatury, ale również częstotliwości, napięcia i czasu. Mają bardzo niską stratność również przy wysokich częstotliwościach. Kondensatory jednowarstwowo wytwarzane są o pojemnościach od 0,47 do 560 pF. Kondensatory wielowarstwowo (multilayer), produkowane z dielektryka NPO, mają wartości od 10 μF do 0,1 μF . Stosowane są w układach, w których wymaga się wysokiej stabilności przy krytycznych warunkach temperatury, np. w układach oscylatorów.

Dielektryki klasy 1 posiadają prawie liniowy współczynnik temperaturowy i oznakowane są literą P lub N, która wskazuje, czy współczynnik jest dodatni, czy ujemny jak również cyfrą, która jest równa współczynnikowi.

Typy i znakowanie kondensatorów klasy 1.

Dielektryk	Współcz. temp. ppm/°C	Kod barwny	Opis EIA
P100	+100 \pm 30	czerwony/fiolet	M7G
NP0	0 \pm 30	czarny	C0G
N075	-75 \pm 30	czerwony	U1G
N150	-150 \pm 30	pomarańcz.	P2G
N220	-220 \pm 30	żółty	R2G
N330	-330 \pm 60	zielony	S2H
N470	-470 \pm 60	niebieski	T2H
N750	-750 \pm 120	fioletowy	U2J
N1500	-1500 \pm 250	pomarańcz.-pomarańcz.	P3K

Klasa 2 to materiały o wysokiej stałej dielektrycznej. Mają nieliniową zależność w funkcji temperatury, częstotliwości i napięcia. Istnieje wielka różnorodność tego typu dielektryków o różnych własnościach. Posiadają niskie straty przy umiarkowanych parametrach. Starzenie w nich przebiega w tempie 1-5% na dekadę, czyli 10 lat. Dielektrykom ceramicznym można przywrócić początkowe parametry poprzez podgrzanie ich do temperatury Curie, która wynosi ok. 150° C.

W klasie 2 wytwarzane są kondensatory jednowarstwowo o pojemnościach 100 μF do 0,1 μF i wielowarstwowo od 10 pF do 10 μF . Używane są w niezbyt krytycznych zastosowaniach, np. jako kondensatory odsprężające i blokujące.

Dielektryki klasy 2 oznaczane są literą K i liczbą, która odpowiada stałej dielektrycznej wg normy EIA, z trzema znakami, z których dwa pierwsze wskazują na zakres temperatury pracy, a trzeci mówi o zmianie pojemności w tym zakresie temperatur.

Znakowanie EIA kondensatorów klasy 2.

Kod	Dolna granica zakresu temperaturowego
Z	+10 °C
Y	-30 °C
X	-55 °C

Kod	Górna granica zakresu temperaturowego
2	+45 °C
4	+65 °C
5	+85 °C
6	+105 °C
7	+125 °C
8	+150 °C
9	+200 °C

Kod	Zmiana pojemności
A	\pm 1,0 %
B	\pm 1,5 %
C	\pm 2,2 %
D	\pm 3,3 %
E	\pm 4,7 %
F	\pm 7,5 %
P	\pm 10 %
R	\pm 15 %
S	\pm 22 %
T	+22, -33 %
U	+22, -56 %
V	+22, -82 %

Z5U oznacza więc, że pojemność może zmieniać się między +22 i -56% w zakresie temperatur od +10 do +85° C.

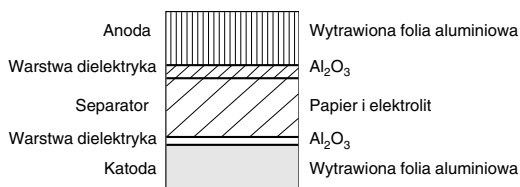
Klasa 3 dielektryków bazuje na materiałach ferroelektrycznych i często ma ziarnistą (domenową) strukturę wewnętrzną, gdzie mała pojemność pomiędzy poszczególnymi ziarnami, wspólnie tworzy dużą pojemność wynikową. Materiał ma, z grubsza biorąc, takie same albo nieco gorsze parametry, jak ceramika klasy 2, ale wytrzymałość napięciowa jest mała. Często 16 lub 50 V jest maksymalnym napięciem pracy. Ekstremalnie wysoka stała dielektryczna powoduje, że kondensatory o dużych pojemnościach można wykonywać w obudowach o małych wymiarach i o niskiej cenie. Produkowane są z pojemnościami od 1000 pF do 1 F.

Kondensatory mikowe (mica) zbudowane są podobnie, jak ceramiczne kondensatory wielowarstwowe, ale ponieważ nie podlegają wygrzewaniu w wysokich temperaturach, elektrody można wykonać ze srebra. Mika jest minerałem wydobywanym w kopalniach indyjskich, gdzie jego jakość jest szczególnie wysoka. Jest to minerał twardy i odporny, charakteryzujący się tym, że rozdziela się na cienkie płytki, które można wyposażyć w elektrody. Właściwości elektryczne, np. rezystancja izolacji, stratność i stabilność są doskonale i całkowicie porównywalne z najlepszymi tworzywami sztucznymi i ceramiką. Kondensatory mikowe są jednak względnie duże i drogie, co powoduje, że w znacznym stopniu zastępowane są m.in. przez kondensatory polipropylenowe. Stosuje się je często w układach wielkiej częstotliwości, gdzie wymagane są nie tylko niskie straty, ale również wysoka stabilność częstotliwości i temperatury. Produkowane są o wartościach pojemności od 1 pF do 0,1 μ F.

Kondensatory elektrolityczne mają elektrody aluminiowe albo tantalowe. Powierzchnia anody (biegun dodatni) jest pokryta bardzo cienką warstwą tlenku, która pełni rolę dielektryka. W celu zmniejszenia odległości między warstwą tlenku i katodą (biegun ujemny), używa się elektrolitu o niskiej rezystancji.

Kondensatory elektrolityczne aluminiowe, mokre zawierają elektrolit złożony z kwasu borowego, glikolu, soli i rozpuszczalnika. Elektrody są wytrawione w kąpeli kwaśnej, w celu uzyskania powierzchni porowatej. W ten sposób powierzchnia wzrasta aż do 300 razy. Warstewka dielektryka (tlenku) na anodzie jest formowana (buduje się ją), w kąpeli z elektrolitem zawierającym wodę, do grubości ok. 13×10^{-10} na każdy Volt napięcia, które ma on wytrzymać. Również katoda posiada cienką (ok. 40×10^{-10}) warstwą tlenku.

Aby zapobiec wzajemnemu kontaktowi warstw tlenku elektrod, które mogłyby przez to ulec uszkodzeniu, umieszcza się między nimi separator z cienkiego papieru. Obudowa kondensatora połączona jest do bieguna ujemnego. Obudowa nie może być jednak używana jako doprowadzenie.



Budowa mokrych kondensatorów elektrolitycznych.

Warstwa tlenku ma charakterystykę nieliniową, zbliżoną do diodowej. Maksymalne napięcie w kierunku zaporowym wynosi 1,5 V. O ile zostanie ono przekroczone, to następstwa mogą być fatalne.

ESR (zastępcza rezystancja szeregowa) kondensatora elektrolitycznego aluminiowego jest względnie wysoka, zależna od wysokiej rezystywności elektrolitu w porównaniu np. z

aluminium lub miedzią. *Zależność od temperatury* jest bardzo duża, szczególnie przy niskich temperaturach. W dolnej granicy temperatury, ESR może być 20 razy wyższe, niż w temperaturze pokojowej. Zmiana pojemności zależna od temperatury wynosi $\pm 20\%$ dla całego zakresu temperatury pracy.

Prądy upływu przez dielektryk są określane przy napięciu nominalnym. Dla niższego napięcia prąd zmniejsza się. Przy połowie napięcia nominalnego, prąd upływu wynosi zaledwie 20% nominalnego. Prądy upływu wzrastają ze wzrostem temperatury. W pobliżu górnej granicy zakresu temperaturowego, prąd może wzrosnąć 10 razy.

Żywotność jest określeniem mało precyzyjnym. Przez żywotność kondensatora elektrolitycznego rozumiemy czas pracy do momentu, kiedy jeden z parametrów takich, jak np. pojemność, współczynnik strat i prąd upływu przekroczy wartość graniczną. Istnieje wiele różnych metod pomiaru czasu życia, co utrudnia porównania. Przede wszystkim w wyniku różnorodnych zmian fizyko-chemicznych starzeje się elektrolit. W nowoczesnych kondensatorach elektrolitycznych używa się rozpuszczalników, które mimo dobrego zamknięcia wyparowują i kondensator wysycha. Wysoka temperatura kondensatora znacznie przyspiesza proces starzenia. Np. obniżenie temperatury o 10° C podwaja czas życia.

Kondensatory elektrolityczne aluminiowe, mokre, produkowane są o pojemnościach od 0,1 μ F do 0,5 F. Najwyższa wartość wytrzymałości elektrycznej produkowanych kondensatorów elektrolitycznych nie przekracza 500 V. Najczęściej tego typu kondensatory stosuje się jako elementy filtrujące w zasilaczach. Dla celów zmiennoprądowych produkuje się specjalne kondensatory, tzw. bipolarnie. Posiadają one doprowadzenia dołączone do anod z warstw tlenku. Między anodami znajduje się folia katodowa bez doprowadzenia.

Suche elektrolity aluminiowe. Ich produkcję rozpoczęto po roku 1900. Różniły się one znacznie od dzisiejszych suchych kondensatorów aluminiowych. Dla odróżnienia, współczesne typy, często kondensatory z dwutlenkiem manganu lub organicznymi półprzewodnikami jako elektrolit, nazywamy **kondensatorami stałymi z aluminiowym elektrolitem (SAL).**

Elektrolit na bazie dwutlenku manganu posiada niską rezystancję. Elektrody aluminiowe są wytrawiane i zanurzane w kąpeli formującej, w celu wytworzenia warstwy tlenku. Między tak wykonane elektrody, wprowadza się separator z włókna szklanego, pokryty dwutlenkiem manganu. Całość jest zwijana lub zginana dla uzyskania kształtu kondensatora. Następnie dołącza się wyprowadzenia i umieszcza w odpowiedniej obudowie.

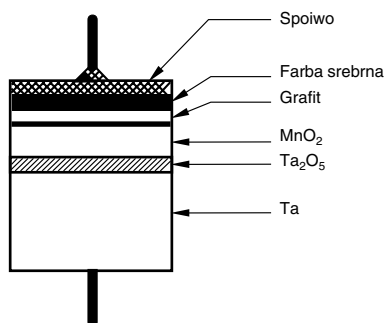
Tak wykonane kondensatory posiadają wiele cech wyróżniających je od innych kondensatorów elektrolitycznych np.: długi czas życia - ponieważ elektrolit nie może wyparować, szeroki zakres temperatury pracy -55 do + 175° C, a niektóre typy -80 do + 200° C. Wytrzymałość do 30% napięcia nominalnego w kierunku zaporowym w sposób ciągły. Niewielka zależność od temperatury (również przegrzanie nie powoduje następstw w postaci zwarć). Temperatura nie wpływa tak silnie na czas życia, jak przy innych elektrolitach. Zależny jest on jednak od napięcia. Wytwarza się je o pojemnościach od 0,1 do 2200 μ F.

W drugim z omawianych typów kondensatorów stosuje się jako elektrolit "półprzewodnik organiczny". Składa się on z kompleksu soli, zwanych TCNQ, które posiadają bardzo dobre cechy elektryczne i termiczne. Również ten kondensator posiada

wytrawiane elektrody, rozdzielone separatorem. Jego ESR porównywalny jest z kondensatorami ceramicznymi i wykonanymi z tworzyw sztucznych.

Typ ten nadaje się do zastosowania w filtrach zasilaczy, zasilaczach z przemianą częstotliwości, gdzie następstwem występowania dużej częstotliwości jest to, że wartość ESR staje się bardziej istotna niż pojemność. Nie wytrzymuje on równie wysokich temperatur, co kondensator z dwutlenku manganu. Najwyższą dozwoloną temperaturą jest 105° C, przy niskich temperaturach (aż do -55° C) posiada on, podobnie jak typ z dwutlenku manganu, bardzo niską odchyłkę pojemności i ESR. Wytrzymuje on ok. 10% napięcia nominalnego w kierunku zaporowym. Czas życia jest bardziej zależny od temperatury, niż w zwykłych elektrolitach mokrych. Wzrasta on z 2000 godzin przy 105° C do 20000 godzin przy 85° C. Następnym przebiegiem może być zwarcie, lecz gdy prąd jest mniejszy niż 1A, temperatura zaś niższa niż 200° C (temperatura rozkładu elektrolitu), kondensator nie zostanie uszkodzony w sposób trwały. Produkuje się je o wartościach od 0,1 do 220 µF.

Kondensatory tantalowe posiadają jako dielektryk tlenek tantal, o znakomitych własnościach elektrycznych. Anoda kondensatora wykonywana jest metodą spieków proszkowych z tantal. Ok. 50% objętości składa się z porów, co powoduje, że powierzchnia wewnętrzna jest 100 razy większa, niż zewnętrzna. Po pokryciu warstwą tlenku tantal w kwaśnej kąpieli formującej, elementy kondensatora zanurza się w roztworze dwutlenku manganu, który wypełnia wszystkie pory. Aby otrzymać kontakt z katodą, która składa się z przewodzącej farby srebrnej, pokrywa się element kondensatora warstwą węgla w postaci grafitu. Starsze typy kondensatorów tantalowych z mokrym elektrolitem w obudowie srebrnej, zostały zastąpione przez typy suche ze względu na wysokie koszty produkcji.

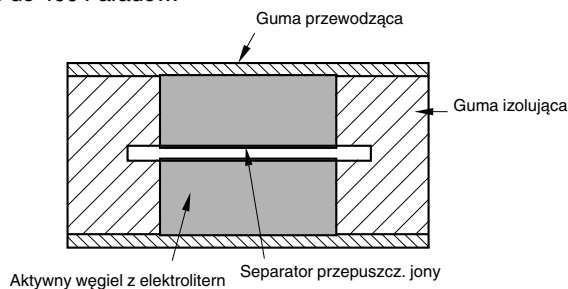


Budowa kondensatorów elektrycznych-tantalowych.

Kondensatory tantalowe posiadają niską wartość ESR dzięki niskiej rezystywności tantal i dwutlenku tantal. Mają one również znacznie mniejsze wymiary, niż kondensatory elektrolityczne aluminiowe o porównywalnych parametrach. Używane są w układach elektronicznych jako kondensatory odsprężające, blokujące, magazynujące energię oraz w układach czasowych, gdzie niska upływność jest cechą najważniejszą. Dużą wadą kondensatorów tantalowych jest tendencja do zwarcia, gdy napięcie lub temperatura przekroczy wartości graniczne. Spowodować to może rozerwanie kondensatora. Wcześniej, w układach z kondensatorami tantalowymi, zalecano stosowanie rezystancji szeregowej o wartości 3 Ω na volt, aby ograniczyć prądy ładowania i rozładowania, co oczywiście powodowało straty mocy i wydzielanie ciepła. W nowoczesnych kondensatorach zaleca się

rezystancję rzędu 0,1 Ω na volt, co oznacza, że najczęściej nie jest potrzebny żaden rezystor szeregowy, ponieważ rezystancja ścieżek miedzianych i przewodów daje dostateczne zabezpieczenie. Maksymalne napięcie zaporowe wynosi ok. 15% napięcia nominalnego przy 25° C, ale maleje ze wzrostem temperatury. Przy 85° C jest ono tylko 5% w kierunku zaporowym. Elektrolity tantalowe mają dobrą stabilność temperaturową. Produkuje się je o pojemnościach od 0,1 do 1 000 µF.

Kondensator dwuwarstwowy (kondensator back-up, supercap, goldcap, itd.) jest czymś pośrednim między kondensatorem i baterią elektryczną. W przeciwieństwie do innych typów nie posiada dielektryka. Zbudowany jest z wielu pojedynczych elementów połączonych szeregowo, z których każdy składa się z dwóch warstw węgla aktywnego, zwilżonych elektrolitem. Warstwy węgla są oddzielone separatorami, przepuszczającymi jony i zamknięte w hermetycznej osłonie gumowej. Gdy do kondensatora przyłożone zostaje napięcie, to cząstki węgla w warstwie anodowej zostają naładowane dodatnio, a katodowej ujemnie, wówczas jony ujemne elektrolitu wędrują przez separator i zbierają się wokół dodatnich cząstek węgla. Podobnie zbierają się dodatnie jony w warstwie katody. W ten sposób można gromadzić duże ładunki elektryczne. 1 gram proszku węglowego może teoretycznie dać pojemność od 200 do 400 Faradów.



Budowa kondensatorów dwuwarstwowych.

Ponieważ elektrolit komórek zawiera wodę, to maksymalna wytrzymałość elektryczna wynosi 1,2 V na komórkę. Powyżej tego napięcia woda ulega hydrolizie na tlen i wodór. Mają one wysokie ESR od 1 do 300 Ω, które w znaczny sposób ograniczają prąd rozładowania. Można je naładować w ciągu 1 minuty i mają czas życia dłuższy niż 10 000 cykli naładowania i rozładowania lub 10 lat pracy z doładowywaniem. Prąd upływu (samorozładowywanie) wynosi ok. 1 µA, co powoduje, że po upływie jednego miesiąca na kondensatorze jest w dalszym ciągu ok. 50% napięcia. Duża zależność od temperatury powoduje, że w zakresie od -25 do +70° C, pojemność zmienia się od -50 do +150%. ESR przy -25° C jest 3 razy wyższe, niż w temperaturze pokojowej. Są one niepolaryzowane, ale to doprowadzenie, które połączone jest do obudowy, zaleca się jako biegun ujemny.

Ten typ kondensatorów produkuje się o pojemnościach od 10 mF do 22F, ale prace rozwojowe wskazują na możliwość wytwarzania jeszcze większych pojemności. Kondensatory te stosowane są niemal wyłącznie jako rezerwa napięcia m.in. w układach pamięciowych i mikroprocesorowych. Używa się ich również do przechowania energii w krótkich okresach czasu np. jako dodatkowa energia, żeby uruchomić silnik, przyciągnąć przełącznik albo wygenerować impuls zapłonowy.

Ogólnie o półprzewodnikach

W początkach historii półprzewodników ważnym materiałem był german (Ge). Pierwiastek ten był łatwiejszy do obróbki niż krzem, ze względu na niższą o 420°C temperaturę topnienia w porównaniu do krzemu, topniejącego przy 1410 °C. Pierwsze tranzystory germanowe wytworzono w 1947 roku. W ciągu następnych 7 lat skonstruowano około setki różnych typów tranzystorów, głównie w USA. W 1954 roku Gordon Teal z Texas Instruments zaprezentował pierwsze prototypy tranzystorów krzemowych, a już w roku następnym były dostępne ich modele komercyjne. Diody, tranzystory i układy scalone zbudowane są z półprzewodników.

Tranzystory krzemowe w porównaniu z germanowymi miały lepsze właściwości, np. wyższe napięcie przebicia i większą obciążalność. W przypadku krzemu możliwe było również rozwiązanie wielu występujących dotychczas problemów temperaturowych. Przy podgrzewaniu germanu wzrasta liczba swobodnych elektronów zwiększających prąd płynący przez tranzystor, co powoduje dalszy wzrost temperatury. W wyniku, jeżeli nie ograniczymy w jakiś sposób wartości prądu, mamy do czynienia ze sprzężeniem zwrotnym dodatnim prowadzącym do przepalenia się tranzystora.

Półprzewodniki to największa grupa elektronicznych elementów czynnych (aktywnych), od prostej diody do złożonych obwodów scalonych. Podstawą działania ich wszystkich jest złącze P-N. Czysty materiał półprzewodnikowy po wprowadzeniu odpowiedniej domieszki charakteryzuje się nadmiarem elektronów - półprzewodnik typu-n, albo ich niedomiarem - półprzewodnik typu-p. Typowymi materiałami domieszkowymi są fosfor i bor. Nie jest to co prawda ściśle z punktu widzenia fizyki, jednak przyjęło się nazywać niedomiarem elektronu "dziurą".

W miejscu gdzie materiał typu-p łączy się z materiałem typu-n, tworzy się obszar zwany złączem P-N, przewodzący prąd tylko w jednym kierunku. Ta właściwość wykorzystana jest w diodzie, najprostszym elemencie półprzewodnikowym, do tzw. prostowania prądu.

Diody

Najważniejszą funkcją diody jest działanie jako jednokierunkowy zawór dla przepływu elektronów. Gdy napięcie na diodzie przyłożone jest w kierunku przewodzenia, prąd może przez nią przepływać, natomiast gdy spolaryzujemy ją w kierunku wstecznym (zaporowym) – prąd jest blokowany. Jest to prosta, lecz bardzo użyteczna właściwość.

Niegdyś diody były wykonywane z selenu i germanu, ale obecnie występują na rynku prawie wyłącznie diody krzemowe. Diody germanowe nie wyszły jednak z użycia, a to ze względu na niską wartość spadku napięcia na złączu w stanie przewodzenia, a mianowicie ok. 0,3 V w porównaniu do 0,7 V dla diod krzemowych. Jeżeli chodzi o inne cechy, diody krzemowe okazują się niezawodnym elementem do prawie wszystkich zastosowań, od funkcji prostowniczych w obwodach sieciowych, poprzez aplikacje w częstotliwościach radiowych, aż do wzorców napięcia odniesienia, czy też fotoogniw słonecznych. Dioda stosowana może być jako wyłącznik szeregowy w obwodach sygnałów akustycznych, albo np. jako bocznik zwierający, do włączania-wyłączania oscylatora w obwodach częstotliwości radiowych.

Dioda krzemowa występuje dzisiaj najczęściej. Diody przeznaczone do pracy przy małych prądach mają napięcie progowe (spadek napięcia w kierunku przewodzenia) ok. 0,7 V, podczas gdy diody mocy mają napięcie progowe 1 V lub więcej. Gdy napięcie zaporowe ("odwrotne") przekroczy wartość katalogową, dioda ulega zniszczeniu.

Dioda lawinowa jest specjalnym rodzajem diody, która nie ulega zniszczeniu przy przekroczeniu ustalonej wartości napięcia wstecznego. Nadmiar napięcia jest przez nią absorbowany, co czyni diodę lawinową elementem przydatnym do tłumienia nieustalonych przebiegów przejściowych, albo jako element zabezpieczający od przepięć.

Fast recovery, czyli dioda o krótkim czasie wyłączenia, przeznaczona jest do układów przełączających. Czas przełączenia wynosi od 1 do 500 ns. Innym wariantem są diody o niskiej upływności z bardzo niskim prądem wstecznym.

Dioda o niskiej upływności jest odmianą diody prostowniczej o możliwie najmniejszej wartości prądu w kierunku zaporowym.

Dioda Zenera zachowuje się w kierunku przewodzenia jak zwykła dioda, ale ma bardzo dokładnie określone napięcie przebicia w kierunku wstecznym. Diod tych używa się do pracy w kierunku zaporowym i wykorzystuje tzw. napięcie Zenera tj. napięcie, przy którym prąd wsteczny diody gwałtownie rośnie. Dlatego szeregowo z diodą Zenera należy włączać rezystor lub inny element ograniczający prąd. Dobra dioda Zenera ma precyzyjnie określone napięcie przebicia. Charakterystyka diody w kierunku zaporowym musi wykazać bardzo wyraźne przegięcie. Poza tym zmiany napięcia Zenera w funkcji temperatury powinny być możliwie małe. Najlepsze parametry termiczne mają diody w zakresie napięć Zenera 5,6 - 6,2 V. Dla napięć niższych współczynnik temperaturowy napięcia Zenera jest ujemny, dla napięć wyższych dodatni. Często dla otrzymania elementów stabilizacyjnych o bardzo małym współczynniku temperaturowym napięcia, łączy się diody o dodatnim i ujemnym współczynniku w celu ich wzajemnej kompensacji. Czasami łączy się zwykłą diodę krzemową (posiada ujemny współczynnik temperaturowy przy pracy w kierunku przewodzenia) produkowaną seryjnie, z wysokonapięciową diodą Zenera. Wypadkowa rezystancja szeregowo diod, powoduje jednak, że charakterystyka przebicia Zenera będzie mniej stroma.

Istnieją również diody stabilizacyjne o napięciu poniżej 2 V. Noszą nazwę **stabilitronów**. Są to diody pracujące w kierunku przewodzenia, nie są więc diodami Zenera.

Diody zabezpieczające są w zasadzie diodami Zenera, które tłumią krótkotrwałe napięciowe impulsy zakłócające. Używa się ich do ochrony elementów i układów elektronicznych. Ograniczenie maksymalnego napięcia jest precyzyjne i bardzo szybkie. Diody wytrzymują wysokie prądy chwilowe, które powstają przy ograniczaniu przepięć.

Diody pojemnościowe, warikapowe lub waraktorowe, w których wykorzystuje się zjawisko zmiany pojemności złącz P-N pod wpływem polaryzacji w kierunku wstecznym. Ten mechanizm występuje w każdej diodzie półprzewodnikowej spolaryzowanej zaporowo, ale dioda pojemnościowa jest specjalnie przystosowana do tego zadania. To co je różni, to sposób domieszkowania półprzewodnika w obszarze złącza P-N i w związku z tym odpowiednia koncentracja nośników prądu. W zasadzie można wyodrębnić złącza o liniowym i skokowym rozkładzie nośników prądu. W praktycznym działaniu uwidacznia się to w różnych wartościach czułości zmian pojemności w

funkcji napięcia. Diody pojemnościowe zastępują kondensatory obrotowe w obwodach strojeniowych. Mogą być również stosowane w powielaczach częstotliwości, w przełącznikach systemów wąskopasmowych oraz we wzmacniaczach parametrycznych.

Diak jest triakiem bez wyprowadzonej bramki. Kiedy podane na diak napięcie przekroczy wartość graniczną, zaczyna on przewodzić do czasu, kiedy prąd stanie się dostatecznie mały. Przewodzi on w obu kierunkach i używany jest do sterowania triakami.

Dioda stałoprądowa jest właściwie tranzystorem polowym FET, w którym źródło i dren są ze sobą połączone.

Dioda tunelowa zawiera silnie domieszkowane złącze P+-N+, które się tym się wyróżnia, że jego charakterystyka prądowo-napięciowa zawiera odcinek o rezystancji ujemnej. Dioda zaczyna przewodzić już przy bardzo niskim napięciu ok. 0,1 V w kierunku przywodzenia. Wzrost napięcia powoduje silny wzrost prądu do momentu, w którym krzywa charakterystyki ulega przegięciu, po czym zaczyna on maleć, mimo dalszego wzrostu napięcia tzn. że występuje tzw. ujemna rezystancja. Gdy napięcie na diodzie wzrośnie do ok. 0,3 V, następuje ponowne przegięcie charakterystyki diody i rezystancja powtórnie staje się dodatnia. Diody tunelowe dzięki swojej ujemnej rezystancji, wykorzystywane są jako elementy aktywne generatorów. Ujemna rezystancja kompensuje rezystancję strat obwodu rezonansowego, czego efektem jest generacja drgań.

Diody PIN są używane jako elementy o zmiennej impedancji w układach elektronicznych bardzo wielkich częstotliwości. Posiadają małą rezystancję w kierunku przewodzenia i małą pojemność w kierunku zaporowym. W rezultacie odznaczają się niskim tłumieniem gdy są załączone, a wysokim tłumieniem kiedy nie przewodzą. Charakterystyczna dla tej diody jest bezwładność przy przełączaniu. Oznacza to, że dioda nie nadąża ze swoją charakterystyką za zmianami sygnałów wejściowych. W zasadzie dioda ta funkcjonuje jak rezystor dla wysokich częstotliwości. Bezwładność, czas powrotu od napięcia zaporowego, τ , zależy od czasu życia nośników mniejszościowych. Diody PIN dla zakresu mikrofal, mogą mieć równe kilka ns, ale istnieją również diody PIN, które można

stosować aż do kilku MHz z τ równym ms. Dolna granica częstotliwości = $1/2 \pi \tau$. Poniżej tej granicy dioda funkcjonuje jak zwykle złącze P-N.

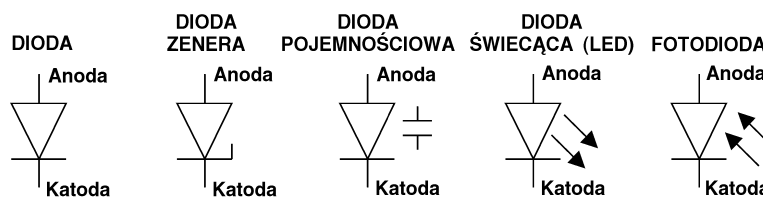
Rezystancja diody PIN w kierunku przewodzenia może się zmieniać od 1 do 10 000 Ω w zależności od polaryzacji. Stosowana jest w tłumikach sterowanych prądowo. Dioda PIN posiada wbudowaną warstwę wewnętrzną i (w idealnym przypadku warstwa półprzewodnika samoistnego), która znajduje się między obszarem materiału P i materiału N.

Dioda ładunkowa (step recovery) jest typem diody, który podobnie do diody PIN, ma trzy warstwy. Różni się jednak tym, że zmiana rezystancji odbywa się gwałtownie przy minimalnej zmianie ładunku między P i N. Umożliwia to uformowanie impulsów prądu o bardzo stromych zboczach i pozwala otrzymać wiele częstotliwości harmonicznych przebiegu podstawowego. Typowym przykładem zastosowania jest powielacz częstotliwości dla zakresu wielkich częstotliwości.

Dioda Gunna, nazwana tak od nazwiska wynalazcy J.B. Gunna z IBM, ma zastosowanie głównie do budowy oscylatorów mikrofalowych. Element ten nie jest w zasadzie diodą, a podobieństwo polega na tym, że ma dwa wyprowadzenia. Nie występuje tu efekt prostowniczy. W obwodach mikrofalowych znajduje również zastosowanie tzw. dioda IMPATT (Impact Avalanche Transit Time), jako wzmacniacz sygnału otrzymywanego z oscylatora Gunna.

Diody świecące (LED) charakteryzują się zastosowaniem w obszarze złącza P-N specjalnego materiału o budowie krystalicznej, zdolnego do emisji fotonów. Więcej na ten temat można przeczytać w rozdziale poświęconym elementom optoelektronicznym.

Fotodiody są również w istocie rodzajem diod o dużej powierzchni, gdzie wykorzystuje się właściwości fotoelektryczne półprzewodników. Gdy foton zostanie zaabsorbowany w obszarze złącza P-N tworzy się para "dziura" - elektron. Napięcie wytwarzane na ogniwie wynosi ok. 0,5 V, natomiast maksymalna wartość prądu zależy od powierzchni ogniwa, ale typowo zawiera się w zakresie od 1 do 2 A. Poprzez szeregowie i równoległe łączenie ogniw można budować systemy przetwarzania energii słonecznej o dowolnej wielkości.



Przykłady symboli diod.

Tranzystory

Tranzystor przeznaczony jest do pracy jako wzmacniacz sterowany prądowo lub napięciowo. Ma on najczęściej trzy wyprowadzenia. W tranzystorach bipolarnych są to emiter, baza i kolektor, natomiast w tranzystorach polowych: dren, bramka i źródło. Słowo "tranzystor" pochodzi od angielskich słów "TRANSfer" (przenoszenie) i "resISTOR" (rezystor). Tranzystor można sobie wyobrazić jako przenoszący ładunki rezystor o zmiennej rezystancji. Tranzystor bipolarny pracuje jako wzmacniacz prądowy. Mały prąd wpływający do bazy otwiera drogę dla przepływu większego prądu pomiędzy kolektorem i emiterym. W tranzystorze polowym odpowiednikiem bazy jest bramka, a różnica polega na tym, że czynnikiem regulującym przepływ prądu pomiędzy źródłem i drenem jest napięcie bramki zamiast prądu bazy.

Obecnie mamy do wyboru szeroką gamę typów tranzystorów przeznaczonych do najróżniejszych zastosowań. Tranzystory mogą występować jako elementy samoistne (dyskretne), najczęściej w stopniach wzmacniaczy mocy, lub jako wzmacniacze niskoszumowe, ale przede wszystkim są to podstawowe cegielki tworzące obwody scalone. **Tranzystor małosygnałowy** może być zoptymalizowany do zastosowań niskoszumowych lub wysokoczęstotliwościowych. **Tranzystor przełączający** winien odznaczać się szybkim działaniem i niskim spadkiem napięcia w stanie nasycenia. **Tranzystor mocy** natomiast powinien przenosić duże prądy i być odpornym na przebicia. Pewne tranzystory, np. tranzystory mocy w.c.z., mają specjalną budowę i strukturę umożliwiającą optymalizację cech wysokoczęstotliwościowych.

Obecnie tranzystory polowe są najpowszechniej występującymi elementami dyskretnymi. Zajęły one miejsce tradycyjnie należące do tranzystorów bipolarnych. Obwody scalone w połączeniu z tranzystorami polowymi dają nie do zastąpienia efekty w zastosowaniach zarówno nisko- jak też wysokoczęstotliwościowych, agregatach prądotwórczych czy też zastosowaniach przełączających.

Tranzystor bipolarny może być najprościej opisany jako dwie diody przewodzące prąd w kierunku do bazy (PNP), albo w kierunku od bazy (NPN).

Tranzystory unipolarne dzielą się na JFET (junction-FET), czyli tranzystory polowe z warstwą zaporową, i na MOSFET (Metal Oxid Semiconductor-FET). W tranzystorach JFET występuje warstwa zaporowa, której szerokość zależy od przyłożonego napięcia. Występuje tu bardzo wysoka rezystancja wejściowa, można więc taki tranzystor traktować jako źródło prądowe regulowane napięciowo. W tranzystorach MOSFET rezystancja wejściowa jest jeszcze wyższa, tak więc elektrodę sterującą (bramkę) traktuje się jako odizolowaną od reszty tranzystora. Praktycznie rezystancja wejściowa wynosi tu co najmniej

100 MΩ, jednak występująca pojemność wejściowa powoduje, że impedancja wejściowa obniża się ze wzrostem częstotliwości. MOSFETy dużej mocy mogą mieć stosunkowo wysoką pojemność, od kilkuset do kilku tysięcy pF, co może stwarzać problemy przy projektowaniu wyjściowych stopni mocy pracujących nawet przy niewielkich częstotliwościach.

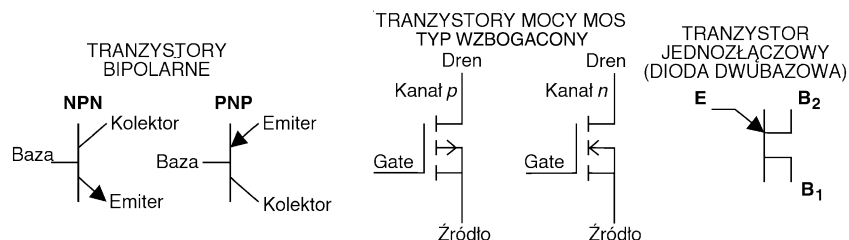
Obecnie tranzystory typu MOSFET zajmują dominującą pozycję wśród elektronicznych przełączników mocy, ze względu na dobre parametry jeśli chodzi o czas przełączania, obciążalność mocową, bezpieczny obszar pracy SOA (Safe Operating Area) i dobre właściwości dV/dT.

Tranzystory polowe (FET – Field Effect Transistor) mają wiele zalet. Jedną z ważnych jest ujemny współczynnik temperaturowy, który nie dopuszcza do lawinowego wzrostu prądu w stopniach liniowych.

Tranzystory polowe występują w dwu rodzajach, tj. jako zubożone (depletion mode) lub wzbogacone (enhancement mode). Rodzaj wzbogacony nie przewodzi prądu dopóki do bramki nie przyłoży się odpowiedniego napięcia. Natomiast rodzaj zubożony odwrotnie - przewodzi prąd jeżeli napięcie na bramce jest zerowe. Do zatkania zubożonego tranzystora typu P potrzebne jest dodatnie napięcie bramki, a w przypadku tranzystora typu N – napięcie ujemne.

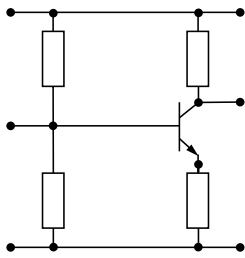
Tranzystor IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) jest dobrym przykładem urządzenia łączącego zalety tranzystorów mocy MOSFET i tranzystorów bipolarnych. Odznacza się on małymi stratami mocy, wraz z typową dla tranzystorów bipolarnych niewrażliwością na różnorodność obciążeń, i jednocześnie charakterystyczną dla MOSFETów łatwością sterowania.

Dioda dwubazowa, inaczej **tranzystor jednozłączowy**. W zasadzie jest to jednorodny pręt półprzewodnika typu N, posiadający na środku obszar domieszkowany jako P. W wyniku tworzy to dwie skierowane przeciwnie diody z wyprowadzeniami baz na obu końcach i z emiterym pośrodku. Gdy do końców pręta przyłoży się napięcie, rozdzieli się ono proporcjonalnie wzdłuż jego długości. Będzie to rodzaj dzielnika napięcia. Dopóki zewnętrzne napięcie przyłożone pomiędzy emiterym i ujemnym wyprowadzeniem bazowym jest niższe od potencjału panującego w półprzewodniku w punkcie przy emiteryze, złącze P-N nie przewodzi. Gdy napięcie emiter-baza przekroczy ten potencjał, rezystancja części pręta zacznie się zmniejszać, ponieważ emiter będzie pobierał część elektronów pochodzących z ujemnej bazy. Dzięki temu napięcie emiter-baza spada, a prąd emitera wzrasta. W rezultacie uzyskuje się charakterystykę z ujemną rezystancją, co można wykorzystać do budowy generatora drgań. Tranzystory jednozłączowe stosuje się m.in. w generatorach impulsowych i obwodach wyzwalanych.



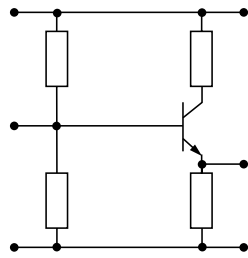
Przykłady kilku typów tranzystorów. Tranzystory MOS typu zubożonego rysowane są w taki sam sposób jak typu wzbogaconego z tą różnicą, że mają linię ciągłą między drain i źródłem. Linia ciągła = przewodzą w stanie spoczynku, przerywana = przerwa w stanie spoczynku.

Podstawowe układy pracy tranzystora



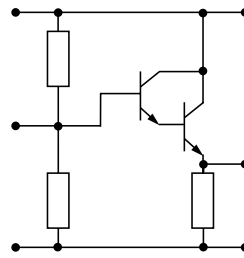
OE - Wspólny Emiter

Zaleta: Duże wzmocnienie prądowe.
Wada: Może być w pewnych warunkach niestabilny.



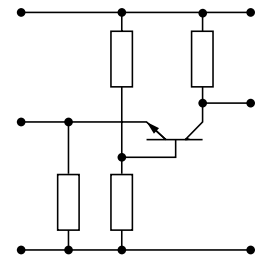
OC - Wspólny Kolektor (wtórnik emiterowy)

Zaleta: Niska impedancja wyjściowa, wysoka impedancja wejściowa. Największe wzmocnienie prądowe.
Wada: Wzmocnienie napięciowe mniejsze od 1. W zamian można wykorzystać wzmocnienie prądowe dla uzyskania transformacji impedancji.



Układ Darlingtona (OC)

Zaleta: Niska impedancja wyjściowa, wysoka impedancja wejściowa.
Wada: Wzmocnienie napięcia niższe niż 1. Dwa spadki napięcia na emiterach ograniczają możliwość sterowania przy niskich napięciach zasilania.



OB - Wspólna baza

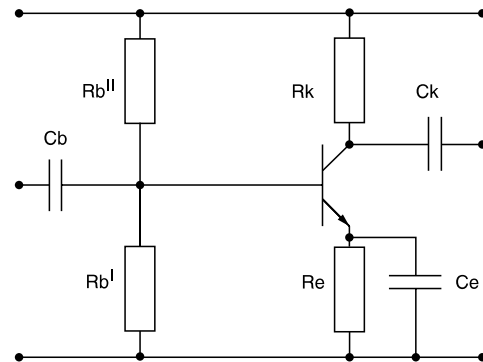
Zaleta: Stabilna praca, bez samowzbudzeń, często stosowane w obwodach wielkiej częstotliwości.
Wada: Daje niższe wzmocnienie niż połączenie OE.

Wskazówki do projektowania układów

Zakładamy, że spadek napięcia na R_e ma wynosić nie mniej niż 1V, w celu uzyskania dobrej stabilizacji termicznej i żeby wzmocnienie nie było uzależnione od rozrzutu współczynnika wzmocnienia prądowego tranzystora. Napięcie na R_b^I dla tranzystorów krzemowych wyniesie $1 + 0,7 = 1,7$ V, ponieważ spadek napięcia między bazą a emiterem wynosi ok. 0,7 V (nieco niższe dla tranzystorów nisko sygnałowych i wyższe dla tranzystorów mocy).

Na rezystorze R_e wytwarza się ujemne sprzężenie zwrotne, które zmniejsza wynikowe wzmocnienie, ale powoduje zmniejszenie niestabilności temperaturowej, oraz ustala wartość wzmocnienia układu, czyli uniezależnia je od rozrzutu wartości wzmocnienia poszczególnych egzemplarzy tranzystora.

Dla częstotliwości większych od zera (czyli dla przebiegów zmiennych) sprzężenie zwrotne może być mniejsze, ale w zamian wzmocnienie powinno być jak najwyższe. Dlatego w układzie znajduje się pojemność C_e , która zwiera do masy przebiegi zmienne. Wartość pojemności C_e w stosunku do R_e decyduje o dolnej częstotliwości granicznej wzmacniacza. Również C_b i C_k dobiera się z myślą o ich wpływie na dolną częstotliwość graniczną. Zwróćmy uwagę na to, że impedancja wejściowa jest określona przez równoległe połączenie rezystancji R_b^I , R_b^{II} i impedancji wejściowej tranzystora.



Wspólny emiter.

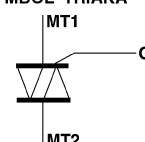
Tyrystory

Tyrystor jest elementem półprzewodnikowym składającym się z czterech warstw (pnpn). Symbol graficzny jest podobny jak dla diody, lecz ma dodatkową elektrodę, nazywaną bramką (Gate). Można w uproszczeniu przedstawić tyrystor jako dwa tranzystory przeciwstawnych typów połączone ze sobą. Tyrystor zacznie przewodzić (następuje jego zapłon), dopiero wtedy gdy dołączymy do bramki napięcie dodatnie i spowodujemy przepływ prądu sterującego I_{gt} . Tyrystor będzie w stanie zapłonu, nawet po wyłączeniu prądu sterującego. Wyłączyć go można (tj. doprowadzić do stanu blokowania) poprzez :

- Zmniejszenie prądu anodowego do tego stopnia, że będzie on niższy od prądu podtrzymania I_h (podawany w danych technicznych).
- Zostanie przerwany obwód prądu anodowego.

Triak można traktować jak dwa połączone równoległe i przeciwnie skierowane tyrystory, zmontowane w jednej obudowie ze wspólną bramką. Mogą być wyzwalane dodatnim albo ujemnym impulsem. Elektroda położona najbliżej bramki nazywa się MT1 (main terminal 1), bardziej odległa MT2. Impuls wyzwalający zawsze jest podawany w stosunku do MT1. Często stosowanym elementem w obwodach sterujących triaków jest nazywany **diak** (dynistor symetryczny). Można go potraktować jako triak bez bramki. Posiada niskie napięcie zapłonu ok. 30V. Kiedy zostanie przekroczzone zadane napięcie, następuje załączenie diaka i przepływ impulsu wyzwalającego na bramkę triaka głównego.

SYMBOL TRIAKA



Systemy oznaczania elementów półprzewodnikowych

W użyciu istnieje wiele systemów oznaczania elementów półprzewodnikowych.

Najszerzej działającą i koordynującą działania przemysłu elektronicznego organizacją jest JEDEC (Joint Electron Device Engineering Councils). Wszyscy producenci należący do JEDEC wytwarzają podzespoły wg. centralnie zarejestrowanych specyfikacji.

Najstarszą organizacją europejską standaryzującą i rejestrującą numery i typy podzespołów jest Pro Electron. Została ona utworzona w Brukseli w 1966 roku. System ten umożliwia klasyfikację elementów elektronicznych wg. ich obszarów zastosowań, jak również materiałów, z których są wyprodukowane.

System europejski Pro-Elektron

Symbol złożony z dwóch lub trzech liter, po których następują 3 lub 4 cyfry, określa to grubsza typ elementu i jego moc.

Pierwsza litera oznacza materiał:

- A Ge, german, albo ogólnie materiał o szerokości pasma zabronionego 0,6-1 eV
- B Si, krzem, lub inny materiał o szerokości pasma zabronionego 1-1,3 eV
- C GaAs, arsenek galu, lub inny materiał o szerokości pasma zabronionego większej niż 1,3 eV

Druga litera wskazuje na rodzaj elementu:

- A Dioda małosygnalowa
- B Dioda pojemnościowa
- C Tranzystor małosygnalowy m.cz.
- D Tranzystor mocy m.cz.
- E Dioda tunelowa
- F Tranzystor małosygnalowy w.cz.
- H Diody, elementy z efektem Halla
- L Tranzystor mocy w.cz.
- N Transoptor
- P m.in. Fototranzystory
- Q m.in. Diody świecące, diody laserowe
- R Tyrystor małej mocy
- S Tranzystor przełączający małej mocy
- T Tyrystor dużej mocy
- U Tranzystor przełączający dużej mocy
- W Element z falą powierzchniową
- X Dioda, powielacz w.cz.
- Y Prostownik, dioda podwyższająca
- Z Dioda Zenera, wzorzec napięcia odniesienia

Trzecia litera wskazuje, że element jest przeznaczony do zastosowań przemysłowych lub profesjonalnych. Literą tą jest zwykle W, X, Y lub Z. Po grupie literowej następuje numer złożony z 3 lub 4 cyfr, a następnie czasem występuje litera, która np. może wskazywać wartość współczynnika wzmocnienia.

Amerykański system oznaczeń JEDEC

Amerykański system nie jest jednoznaczny. Dla przykładu, symbol zaczynający się na 2N może oznaczać tranzystor bipolarny, np. 2N2222, podczas gdy 2N3819 jest tranzystorem JFET. Symbol zaczynający się na 3N oznacza tranzystor MOSFET, np. 3N128. Poszczególni producenci stosują również inne oznaczenia, takie jak TIP34, MJE3055 itd.

System Japoński JIS

Pierwsza cyfra:

- 1 Liczba wyprowadzeń 2
- 2 Liczba wyprowadzeń 3
- 3 Liczba wyprowadzeń 4

Następne dwie litery:

- SA Tranzystory PNP i Darlingtona (w.cz.)
- SB Tranzystory PNP i Darlingtona (m.cz.)
- SC Tranzystory NPN i Darlingtona (w.cz.)
- SD Tranzystory NPN i Darlingtona (m.cz.)
- SE Diody
- SF Tyrystory
- SG Diody Gunna
- SH Tranzystory jednozłączowe
- SJ Tranzystor FET z kanałem P
- SK Tranzystor FET z kanałem N
- SM Triak, tyrystor dwukierunkowy
- SQ Diody świecące LED
- SR Diody prostownicze
- SS Diody sygnałowe
- ST Diody lawinowe
- SV Diody pojemnościowe, diody PIN
- SZ Diody Zenera

Liczba następująca po literach może być 2-, 3-, lub 4-cyfrowa, pochodząca z przedziału 10–9999. Dalej następuje przyrostek składający się z jednej lub kilku liter. Mówi on o obszarze zastosowania elementu półprzewodnikowego.

- D Zaaprobowany do użytku w japońskim systemie telekomunikacyjnym (NTT)
- G Przeznaczony do zastosowań telekomunikacyjnych
- M Zaaprobowany do użytku w japońskiej marynarce (DAMGS)
- N Zaaprobowany do użytku w japońskim systemie radionadawczym (NHK)
- S Przeznaczony do zastosowań przemysłowych

W oznaczeniach wg japońskiego standardu JIS brak jest rozróżnienia półprzewodników na krzemowe czy germanowe. Na schematach, jak i w oznaczeniach nadrukowanych na samych elementach często opuszczone są dwa pierwsze znaki. Oznacza to, że np. tranzystor typu 2SC940, może być oznaczony jako C940.

Elementy optoelektroniczne

Diody świecące

Diody świecące, LED (Light Emitting Diode) emitują promieniowanie widzialne (fotony) pod wpływem przepływu przez nie prądu w kierunku przewodzenia, tj. od warstwy P do N. Promieniowanie to ma dokładnie określone widmo częstotliwościowe jako wynik rekombinacji nośników ładunków w obszarze złącza P-N. W skład materiałów półprzewodnikowych wchodzi tu przeważnie pierwiastki z III i V, jak również z II i IV grupy układu okresowego. Dlatego nazywane są one materiałami III-V lub II-IV grupy. Poniżej przedstawione są najczęściej spotykane materiały, wraz z typowymi dla nich kolorami emitowanego światła (długość fali):

Arsenek galu, GaAs, emituje w paśmie od podczerwieni do światła czerwonego (650 nm).
 Arsenofosforek galu, GaAsP, daje światło od czerwonego do żółtego (630-590 nm).
 Fosforek galu, GaP, świeci kolorem od zielonego do niebieskiego (565 nm).
 Azotek galu, GaN, świeci niebiesko (430 nm).
 Azotek indowo-galowy InGaN/YAG daje światło białe.

Diodę LED zasilają napięciem w kierunku przewodzenia, dlatego musi być zastosowany rezystor szeregowy dla ograniczenia prądu. Spadek napięcia w kierunku przewodzenia wynosi ok. 1,4 V dla GaAs, 2 V dla GaAsP i 3 V dla GaP. Wyprowadzenie katody w diodach LED do montażu przewlekane jest zwykle krótsze niż anody, natomiast w diodach do montażu powierzchniowego katoda jest specjalnie oznakowana.

Diody świecące występują jako samodzielne elementy, jak również w postaci modułów segmentowych (wyświetlaczy), a także jako klawisze przyciskowe z wbudowanym podświetleniem. Diody dwubarwne uzyskuje się poprzez równoległe, lecz przeciwsobne połączenie dwóch diod o różnych barwach. Można je używać jako samodzielnych wskaźników lampkowych, albo jako elementów kolorowych wyświetlaczy lub przycisków.

Detektory światła

Detektory światła (fotodetektory) wymagają zewnętrznego źródła zasilania, chociaż niektóre mogą działać bez niego. Niżej podane są różne grupy elementów czułych na światło.

Fotodioda jest w zasadzie zwykłą diodą spolaryzowaną w kierunku zaporowym. Przy oświetleniu złącza p-n rośnie prąd upływu. W ten sam sposób zachowuje się dioda Schottky'ego, tzn. złącze powstałe na styku metalu i półprzewodnika.

Fotorezystor zmienia swoją rezystancję w funkcji natężenia światła. Najwyższą czułość posiada przy pewnej określonej długości fali świetlnej, która zależy od wybranego materiału półprzewodnikowego i koncentracji wbudowanych domieszek. Posiada on szerokie pasmo i dużą czułość. Wadą jest długi czas reakcji.

Dioda PIN polaryzowana jest w kierunku zaporowym. Posiada ona szerokie pasmo i niski poziom szumów, jest bardzo szybka.

Fototranzystor funkcjonuje podobnie jak zwykły tranzystor, z tą różnicą, że ładunki nadmiarowe w jego bazie generowane są w wyniku naświetlenia promieniowaniem widzialnym, zamiast z zewnętrznego obwodu zasilania bazy. Jest nieco wolniejszy od fotodiody.

Fotodioda lawinowa jest szybsza niż fototranzystor. Posiada ona również wyższe wzmocnienie.

Transoptory

Transoptory składają się nadajnika i detektora światła. Przy ich pomocy można przekazywać sygnały między obwodami odizolowanymi galwanicznie. Nadajnikiem transoptora jest zazwyczaj dioda świecąca, zaś odbiornikiem może być fotoopornik, fotodioda, fototranzystor albo fototriak. Transoptory w wielu przypadkach zastępują transformatory impulsowe np. w zasilaczach z przetwarzaniem częstotliwości. Są łatwe do montażu automatycznego i w odróżnieniu od transformatorów nie posiadają dolnej częstotliwości granicznej. Istnieją również transoptory liniowe, przeznaczone do przenoszenia sygnałów analogowych.

Lasery

Lasery, (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), występują jako:

Optycznie pompowany laser rubinowy.
 Wytładowczo-pompujący laser gazowy, tzw. laser HeNe.
 Laser pompowany prądem, czyli laser półprzewodnikowy.

Laser jest źródłem spójnego (koherentnego) promieniowania monochromatycznego, emitowanego w wyniku rekombinacji promienistej wymuszonej czynnikami zewnętrznymi, tzn. promieniowania, którego wszystkie składowe mają zgodne fazy i częstotliwości. Laser półprzewodnikowy jest złączem p-n, w którym źródłem promieniowania są rekombinujące dziury i elektrony, podobnie jak w diodzie elektroluminescencyjnej. Różnica polega na tym, że dioda nie wykorzystuje wzmocnienia wynikającego z stymulacji emisji, które posiada laser. W efekcie końcowym generowane światło jest dużo silniejsze i spójne. Zwykle do produkcji laserów półprzewodnikowych stosuje się silnie domieszkowany arsenek galu GaAs. Złącze p-n lasera jest płaskie o przekroju prostokątnym, w którym krańcowe powierzchnie pełnią rolę lusterek. Lustra te są półprzepuszczalne o współczynniku odbicia r_1 i r_2 ok. 30%, a przestrzeń wewnętrzna wynosi zwykle ok. 300 μm .

Wyświetlacze

Do konstrukcji wyświetlaczy mogą być użyte lampy kineskopowe, jak w odbiornikach telewizyjnych i monitorach, elementy ciekłokrystaliczne (LCD = Liquid Crystal Display), płytki elektroluminescencyjne (EL), a także, w przypadku prostszych wyświetlaczy, matryce diodowe LED.

Wyświetlacze ciekłokrystaliczne LCD pobierają bardzo mało prądu, dlatego są szczególnie przydatne w urządzeniach zasilanych bateryjnie. Między dwiema płytkami szklanymi z wytrawionymi elektrodami znajduje się warstwa o postaci cieczy. Przyłożenie pola elektrycznego powoduje zmianę ustawienia kryształów w cieczy, a przez to zmianę kąta załamania podającego światła. Właściwości poszczególnych typów wyświetlaczy LCD różnią się znacznie. Pierwszy typ, Twist Nematic, miał bardzo słaby kontrast, a także kąt użytkowy dobrego widzenia był znacznie ograniczony. Było to kłopotliwe szczególnie w przypadku większych wyświetlaczy. Tzw. super-twist-nematic STN LCD miał wyraźnie lepszy kontrast, a kąt użytkowy wynosił ± 45 stopni. Wyświetlacze ciekłokrystaliczne nie emitują żadnego światła, ale często wyposażane są w podświetlacze o odpowiedniej barwie. Podświetlenie może pochodzić z diod świecących, lamp zimnokatodowych lub paneli elektroluminescencyjnych EL. Wyświetlacze typu refleksyjnego same odbijają światło zewnętrzne, natomiast typu transrefleksyjnego są wyposażone w podłoże odbijające światło przepuszczane przez wyświetlacz.

Wyświetlacze ciekłokrystaliczne typu cSTN (Colour Super Twist Nematic) są pasywnymi wyświetlaczami kolorowymi, o niskim poborze mocy, nadającymi się do urządzeń zasilanych bateryjnie, szczególnie jeżeli są typu refleksyjnego lub transrefleksyjnego bez podświetlenia.

Ekran ciekłokrystaliczny typu TFT (Thin Film Transistor) charakteryzują się dobrym kontrastem 40:1 i dużą szybkością działania, a więc nadają się do wyświetlania ruchomych obrazów. Zwiększenie kontrastu osiągnięto w ten sposób, że każdy punkt obrazu (piksel) ma swój własny tranzystor wykonany na szkle w amorficznym krzemie. Tranzystor dzięki swemu wzmocnieniu zapewnia silniejsze wysterowanie ciekłego kryształu. Zdolność przepuszczania światła jest tu jednak tylko ok. 3 %, co często wymaga energochłonnego podświetlenia. Kolorowe wyświetlacze TFT wykorzystują tę samą technikę uzyskiwania barw jak w kineskopach katodowych, tzn. poszczególne punkty mają przypisane wartości RGB.

Ekran ciekłokrystaliczny typu LTPS-TFT (Low Temperature Poly Silicon-Thin Film Transistor) opierają się na podobnej zasadzie jak zwykłe wyświetlacze TFT, ale dzięki zastosowaniu na podłożu szklanym krystalicznego krzemu uzyskuje się wyższą skalę integracji, a dzięki temu można umieścić bardziej wyrafinowane układy wysterowujące, pozwalające na obniżenie zużycia energii przy zastosowaniach w urządzeniach bateryjnych.

Wyświetlacze EL mają dobrą luminancję ok. 100 cd/m² i relatywnie wysoki kontrast ok. 20:1. Podstawowa barwa jest żółta. Napięcie zasilające o wartości co najmniej 80 V i 60 Hz dołącza się do warstwy cynkowo-fosforowej. Zmienne pole elektryczne wywołuje przemieszczanie elektronów w atomach fosforu generując światło.

Wyświetlacze plazmowe (oparte na jonizacji gazu) mają bardzo dobry kontrast, do 150:1, ale wymagają do zasilania względnie wysokiego napięcia. Ekran plazmowy przeznaczony dla telewizji mają wysoką luminancję rzędu 400 cd/m². Poszczególne komórki wyświetlacza plazmowego działają w ten sposób, że zjonizowany gaz emituje promieniowanie ultrafioletowe, które pobudza do świecenia płamkę luminoforu, podobnie jak w typowej telewizyjnej lampie kineskopowej.

Wyświetlacze fluoryzujące próżniowe odznaczają się wysoką luminancją, wyższą niż wyświetlacze EL ok. 45 razy. Przeważnie mają kolor zielony, bywają również białe, pomarańczowe, lub niebieskie.

Lampy kineskopowe są w dalszym ciągu typem wyświetlacza o najwyższej luminancji, do 700 cd/m², i wysokim kontraście. Układ sterujący lampy kineskopowej jest skomplikowany: wzmacniacz wizji z regulacją jaskrawości, złożony system odchyłania, korekcja zbieżności dla kineskopów kolorowych, oraz na ogół układy zapobiegające zniekształceniom, umożliwiające uzyskanie obrazu możliwie płaskiego i o kątach prostych.

Moduły wyświetlaczy są to podzespoły składające się z wyświetlacza typu LED, LCD, TFT, VF lub EL, wyposażonego w układ sterujący, przełączający segmenty, albo też zawierający dekodery i mikroprocesor, umożliwiające bezpośrednie sterowanie kodem ASCII lub sygnałem wizyjnym.

Szybkość działania, tj. czas przełączenia elementu ze stanu "białego" na "czarny", lub odwrotnie, może się znacznie różnić dla poszczególnych rodzajów wskaźników. Wyświetlacz diodowy może zostać przełączony w ciągu 10 ns, lampa kineskopowa w 0,1 ms, wyświetlacz plazmowy w czasie rzędu 1 ms, wyświetlacz EL w 0,1 ms do 1 s, a LCD/TFT w 10 ms do 1 s. Czas zadziałania ciekłych kryształów wydłuża się silnie ze spadkiem temperatury, a często w temperaturze poniżej minus 20 stopni wyświetlacz LCD przestaje działać zupełnie.

Wzmacniacze operacyjne

Wzmacniacz operacyjny pojawił się w latach sześćdziesiątych, od tego czasu powstało wiele jego odmian. Z grubsza może być opisany jako wzmacniacz z dwoma wejściami: odwracającym (-) i nie odwracającym (+). Wzmacniana jest różnica sygnałów z tych wejść, a wartość tego wzmocnienia jest normalnie bardzo wysoka. Dla uzyskania pożądanego wzmocnienia stosuje się sprzężenie zwrotne. Sprzężenie zwrotne poszerza przenoszone pasmo i polepsza liniowość. W niektórych wzmacniaczach operacyjnych możliwe jest zastosowanie sprzężenia zwrotnego tak silnego, że wartość wzmocnienia = 1 bez występowania problemów ze stabilnością. Nie wszystkie wzmacniacze są do tego zdolne, dlatego na ogół wymagana jest kompensacja zewnętrzna typu RC.

Wielkość *amplitudy międzyszczytowej* napięcia wyjściowego zależy od wartości napięć zasilających. Tradycyjnie stosowało się najczęściej ± 15 V, ale obecnie mamy do wyboru wiele rodzin wzmacniaczy przeznaczonych do różnych zastosowań, z różnymi napięciami zasilającymi. Istnieją specjalne typy z napięciem zasilania poniżej ± 1 V, a inne zasilane napięciem pojedynczym. Zasilanie pojedyncze oznacza jednak, że mogą wystąpić trudności z obróbką sygnałów symetrycznych.

Niektóre zastosowania wymagają niskiej wartości *wejściowego napięcia niezrównoważenia (napięcia offsetu)* tj. napięcia, jakie trzeba przyłożyć między wejściami, aby zniwelować niesymetrię wejściowego stopnia wzmacniacza, a także małej wartości *współczynnika cieplnego wejściowego napięcia niezrównoważenia*. Aby spełnić takie szczególnie ostre wymagania, zbudowano *wzmacniacz z przetwarzaniem*. Napięcie wejściowe jest zamieniane przez przełącznik analogowy na ciąg impulsów o dużej częstotliwości, a kondensator zapamiętuje jego przebieg w czasie między próbkowaniami. Technika przetwarzania umożliwia osiągnięcie wartości napięcia niezrównoważenia rzędu $\pm 1 \mu\text{V}$. Dryft temperaturowy napięcia jest również bardzo mały i wynosi $0,05 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Technikę przetwarzania używa się głównie dla sygnałów stałoprądowych lub wolnozmiennych.

Kiedy sygnał podawany jest między oba wejścia wzmacniacza operacyjnego w układzie wejścia zrównoważonego, ważnym jest, aby jednakowe sygnały o tej samej fazie zostały całkowicie stłumione. Właściwość ta jest opisywana w danych technicznych przez *współczynnik tłumienia sygnału współbieżnego (Common Mode Rejection Ratio - CMRR)* wyrażany w dB.

O szybkości wzmacniacza mówi parametr *szybkość zmian napięcia wyjściowego* (slew rate) równy maksymalnej pochodnej napięcia wyjściowego. Pokazuje on po prostu o ile woltów może wzrosnąć sygnał w czasie $1 \mu\text{s}$. Wysokiej szybkości zmian napięcia wyjściowego odpowiada duża szerokość pasma.

Szumy układów określane są przez *współczynnik szumu*. Na ogół podaje się go w $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$. Oznacza to, że napięcie szumu wzrasta z kwadratem zastosowanej szerokości pasma.

W wielu zastosowaniach wymagana jest wysoka impedancja wejściowa. W takich przypadkach należy używać wzmacniacza operacyjnego, który na wejściu posiada tranzystory polowe FET lub MOSFET. Technologia Bi-FET umożliwia jednocześnie umieszczanie na jednym podłożu zarówno układów bipolarnych, jak i unipolarnych złączowych FET. Wzmacniacze MOSFET posiadają teoretycznie wyższą oporność wejściową, dzięki w zasadzie czysto pojemnościowemu charakterowi wejść. W

praktyce ich oporność wejściowa ma wartość tego samego rzędu, jak wejścia z tranzystorami FET. Bierze się to stąd, że wejścia wykonane w technologii MOSFET muszą być chronione diodami zabezpieczającymi, a prąd upływu diod zmniejsza oporność wejściową wzmacniacza.

Dwoma szczególnymi odmianami wzmacniaczy operacyjnych są, wzmacniacz Nortona i wzmacniacz o zmiennej transkonduktancji.

Wzmacniacz Nortona ma bardzo małą oporność wejściową, a jego sterowanie odbywa się prądowo. Oba wejścia można traktować jako diodę. Innymi słowami można powiedzieć, że działanie wzmacniacza jest oparte na odejmowaniu prądów wejściowych.

Wzmacniacz transkonduktancyjny ma wejście różnicowe wysokoomowe. Wyjątkowość polega na istnieniu trzeciego wejścia, którym można sterować wartością wzmocnienia prądowego.

Komparatory są w zasadzie zbudowane w taki sam sposób jak wzmacniacze operacyjne. Zostały one zoptymalizowane tak, aby dla małych zmian napięcia wejściowego, napięcie wyjściowe mogło szybko przełączać się z pełnej wartości dodatniej na pełną wartość ujemną. Aby uzyskać histerezę przełączania stosuje się dodatnie sprzężenie zwrotne. Na ogół pozwala to na pewniejsze przełączanie i zmniejsza ryzyko oscylacji, o ile sygnał wejściowy nie zmienia się zbyt szybko.

Wzmacniacze pomiarowe powstały w wyniku rozwoju wzmacniaczy operacyjnych z wewnętrzną pętlą sprzężenia zwrotnego. Mają możliwość regulacji wzmocnienia jednym rezystorem zewnętrznym. Ponieważ są często używane do wzmacniania niewielkich sygnałów różnicowych w zastosowaniach pomiarowych, charakteryzują się bardzo dużym współczynnikiem tłumienia sygnału współbieżnego (CMRR). Wzmacniacze pomiarowe są często wysokoomowym obciążeniem źródeł sygnałów o bardzo niskim napięciu.

Wtórnikami napięciowym nazywamy wzmacniacz operacyjny, w którym wejście odwracające jest połączone z wyjściem. Taki typ wzmacniacza operacyjnego daje wzmocnienie napięciowe równe 1, stąd inna nazwa - wzmacniacz o wzmocnieniu jednostkowym. Podobnie, jak tranzystorowy wtórnik emiterowy używany jest do sterowania większych obciążeń. Może być również zastosowany w układach separujących, np. po wzmacniaczu operacyjnym.

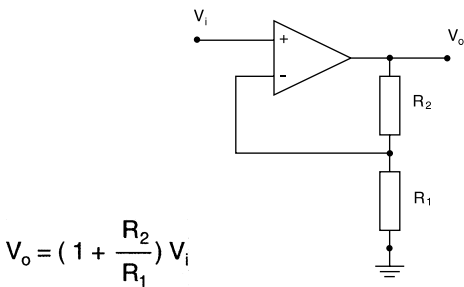
Wzmacniacze oszczędne energetycznie są zaprojektowane tak, by pobierać jak najmniej mocy, przy jak najniższym napięciu zasilania. Istnieją wzmacniacze, które w stanie jałowym pobierają poniżej $1 \mu\text{A}$, a do zasilania urządzeń przenośnych zbudowanych na takich układach wystarczają dwa ogniwa.

Wzmacniacze wizyjne są zoptymalizowane pod kątem wzmacniania sygnałów wizyjnych. Normalnie odznaczają się pasmem powyżej 100 MHz , mają niski poziom szumów i dobre właściwości fazowe. Wiele z nich ma obwód wejściowy dopasowany impedancyjnie do bezpośredniego dołączania kabla 75Ω .

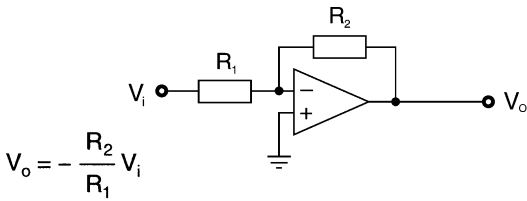
Wzmacniacze niskoszumne specjalnie zaprojektowane do zastosowań pomiarowych, akustycznych i wizyjnych wykorzystują własności szumowe umożliwiające konstruowanie i wytwarzanie zaawansowanych systemów fonicznych i wizyjnych o profesjonalnych parametrach.

Wzmacniacze izolacyjne przekazują liniowo sygnał pomiędzy układami o rozdzielonych masach. Posiadają wejście odizolowane galwanicznie od wyjścia. Przenoszenie sygnału może odbywać się w sposób optyczny, indukcyjny lub pojemnościowy. Wzmacniacz taki może mieć napięcie izolacji między wejściami i wyjściami rzędu tysięcy woltów, a oporność izolacji może mieć wartość powyżej 10 MΩ. Ten typ wzmacniacza ma również możliwość tłumienia sygnału współbieżnego o ponad 100 dB. Pozwala to na pracę z małymi sygnałami, które znajdują się na potencjale zmieniającym się w dużym zakresie. Przykładem zastosowania może być np. technika medyczna, gdzie podczas badania pacjentów musi być zachowana duża rezystancja między nimi, a urządzeniami pomiarowymi. Innym zastosowaniem jest zbieranie danych pomiarowych w środowiskach o silnych polach zakłócających.

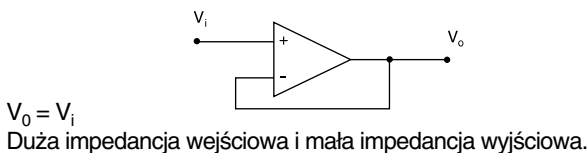
Wzmacniacz nieodwracający



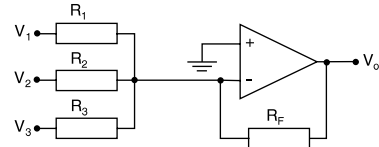
Wzmacniacz odwracający



Wtórnik napięciowy

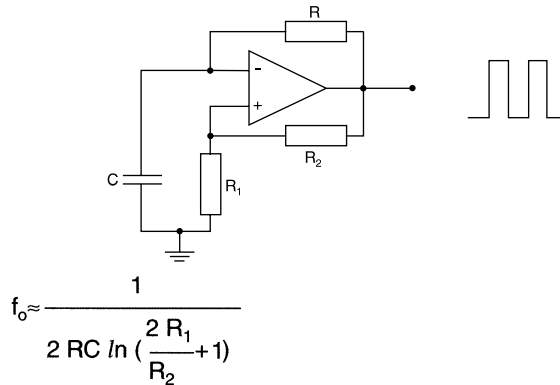


Wzmacniacz sumujący



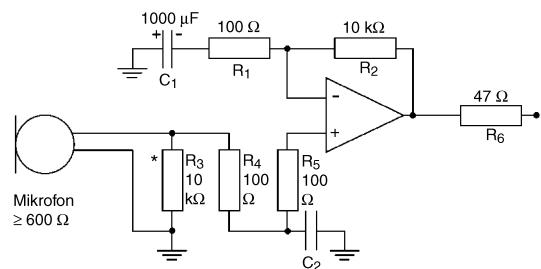
O ile R_F, R_1, R_2 i R_3 będą miały równe wartości, to napięcie wyjściowe wynosić będzie: $V_o = -(V_1 + V_2 + V_3)$

Generator fali prostokątnej



R_1 i R_2 dobiera się tak, żeby R_1 było mniej więcej równe $1/3 R$ a R_2 było 2 do 10 razy większe niż R_1 .

Wzmacniacz mikrofonowy



Wzmocnienie = 40 dB
 Dla wzmocnienia 20 dB $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$
 * R_3 musi być równe 10 x impedancja mikrofonu

Przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe

Układy przetwarzające sygnały analogowe na cyfrowe i odwrotnie, znajdują coraz więcej zastosowań. Składa się na to wiele powodów. Układy cyfrowe i mikroprocesory są tanie w produkcji masowej. Natomiast produkcja układów czysto analogowych jest trudna, ponieważ trzeba uporać się z takimi problemami jak szum, napięcie niezrównoważenia, dryft napięcia, charakterystyki częstotliwościowe itd.

Poprzez cyfrową obróbkę sygnałów analogowych, można uzyskać lepszą kontrolę nad parametrami systemu. Dzięki temu zmniejsza się potrzeba wykonywania operacji dostrajających podczas produkcji oraz pomiarów kontrolnych i regulacji przy serwisie. Tradycyjne układy analogowe np. w radiowych odbiornikach komunikacyjnych, zostały zastąpione przez procesory sygnałowe. Korzystając z algorytmów zawartych w programach sterujących, mogą one działać jako filtr (IIP lub FIR), detektor, czy też modulator.

Przetworniki analogowo-cyfrowe (A/D)

Układy te są często stosowane w komputerach, np. do zbierania danych z pomiarów. Analogowe wartości sygnałów pomiarowych przetwarzane są na wartości cyfrowe w przetworniku analogowo-cyfrowym. Przetwornik A/D na ogół poprzedzony jest multiplexerem, który pozwala na kolejne przetwarzanie wyników pomiarów z różnych czujników przez ten sam przetwornik. Istnieją przetworniki A/D z wbudowanym multiplexerem i dodatkowo z układami dopasowującymi do bezpośredniej współpracy z mikroprocesorem, co ułatwia łączenie i zmniejsza liczbę koniecznych dodatkowych układów. Czasami na wejściu przetwornika A/D używa się układu próbkującego z pamięcią w celu zapamiętania wartości sygnału analogowego na czas potrzebny do przetwarzania.

Czas przetwarzania zmienia się w zależności od zasady działania przetwornika. Trzy główne metody przetwarzania w przetwornikach analogowo-cyfrowych to: metoda z kolejnym porównywaniem (kompensacyjna), integracyjna oraz bezpośredniego porównania.

Najczęściej spotykane są przetworniki A/D z **kolejnym porównywaniem (aproksymacją)**. Porównują one najpierw pierwszy bit (ten najbardziej znaczący), później drugi, itd. Przetwornik kontynuuje swoją pracę tak długo, aż wartość cyfrowa na wyjściu odpowiada wartości sygnału analogowego na wejściu.

Multimetry na ogół korzystają z przetwornika o **integracyjnej metodzie przetwarzania**, nie dotyczy to precyzyjnych przyrządów pomiarowych, które używają metody z kolejnym porównywaniem. W przetwornikach wykorzystujących metodę integracyjną, przetwarzanie trwa dość długo, ale są one bardzo tanie w produkcji. Istnieje cały szereg wariantów tego typu przetworników. W multimetrach cyfrowych najczęściej używa się przetworników z podwójnym całkowaniem. W stałym przedziale czasu, wyznaczonym przez zliczenie np. 1000 impulsów zegara, na kondensatorze narasta napięcie. Jest one proporcjonalne do napięcia wejściowego. W pewnej chwili sygnał wejściowy zostaje odłączony, kondensator rozładowuje się, a czas tego rozładowania wyznaczany jest przez zliczanie ilości impulsów zegara. Liczba tych impulsów jest proporcjonalna bezpośrednio do napięcia wejściowego.

Niektóre zastosowania wymagają bardzo szybkich przetworników A/D, np. w oscyloskopach cyfrowych i cyfrowych analizatorach widma. Używa się wtedy niezwykle szybkiego **przetwornika z bezpośrednim porównaniem (flash)**.

Producenci przyrządów pomiarowych, produkują do własnego użytku przetworniki, które pracują z częstotliwością przetwarzania 1 GHz lub większą. Na wolnym rynku dostępne są układy standardowe pracujące z częstotliwością aż do setek MHz. Przetwornik z bezpośrednim porównaniem składa się z drabinki komparatorów. Przetwarzają się one jednocześnie i dają bezpośrednio wartość cyfrową.

Odmianą przetwornika flash jest, przetwarzający sygnał w dwóch etapach, **przetwornik z dwustopniowym bezpośrednim porównaniem (half-flash)**. Metoda ta jest o połowę wolniejsza niż stosowana w przetwornikach flash, ale daje wyższą rozdzielczość przy tym samym koszcie. Ponieważ przetworniki z bezpośrednim porównaniem mają na wejściu dużą ilość komparatorów, dlatego ich impedancja jest niska i zmieniająca się. Z tego powodu powinny być one poprzedzone stopniem sterującym o dobrych parametrach sygnału wyjściowego, aby zmiany impedancji nie powodowały błędów nieliniowości.

Poprzez stosowanie uśredniania możliwe jest zwiększenie rozdzielczości przetwarzania powyżej tej, jaką zapewnia przetwornik w jednym cyklu przetwarzania, np. 8-bitowy przetwornik może dać rozdzielczość 10-bitową. Przetwarzanie takie wymaga na każdy pomiar pewnej ilości słów cyfrowych, żeby wytworzyć wartość średnią, z tego względu czas przetwarzania znacznie się wydłuża.

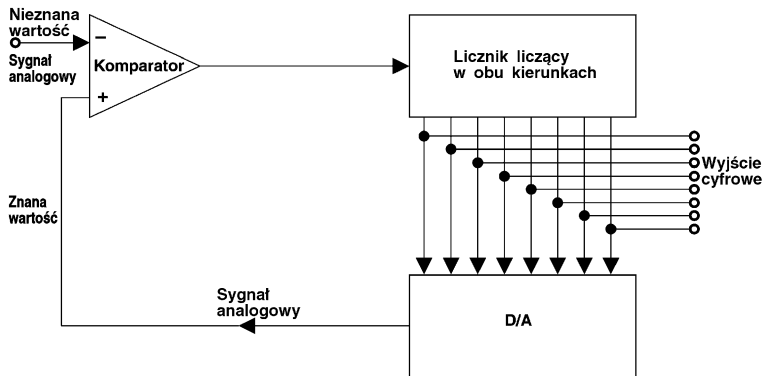
Szczególną wersją przetworników uśredniających jest **przetwornik delta-sigma**, nazywany często także przetwornikiem ze strumieniem bitów. Funkcjonalnie jest to przetwornik 1-bitowy, który dzięki uśrednianiu może pracować z rozdzielczością aż do 20 bitów, ale wówczas szerokość pasma jest bardzo mała. Technikę przetwarzania 1-bitowego stosuje się obecnie w odtwarzaczach CD. Przetworniki delta-sigma mają dobrą liniowość i nie występują w nich zakłócenia szpilkowe. Poza tym, są one tańsze w produkcji dzięki temu, że większa część układu wykonuje funkcje cyfrowe.

Przetworniki cyfrowo-analogowe (D/A)

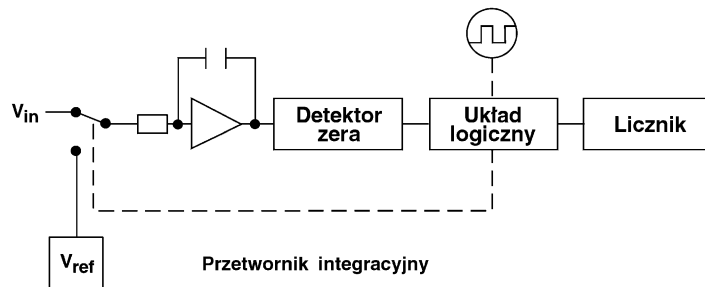
Przetworniki D/A mogą być budowane z rezystorami o wartościach wagowych (1, 2, 4, 8, 16 Ω itd.) lub z zasilanymi prądowo lub napięciowo rezystorowymi matrycami drabinkowymi. Istnieją również inne układy przetworników D/A, stosowane w układach monolitycznych.

Dane techniczne przetwornika D/A zawierają informację o rozdzielczości (ilość bitów, dokładność sygnału wyjściowego), czasie ustalania (setting time), szybkości narastania (slew rate) i współczynniku maksymalnej zmiany napięcia wyjściowego. Sprzęt audio, np. odtwarzacze CD, stawia wysokie wymagania przetwornikom D/A.

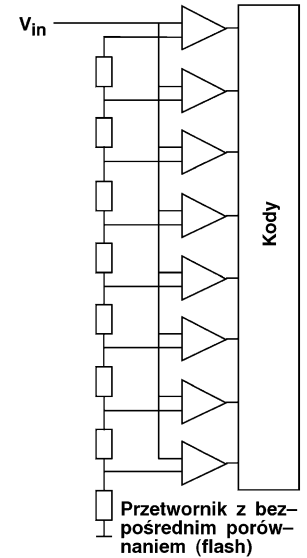
Różne zasady działania przetworników A/D



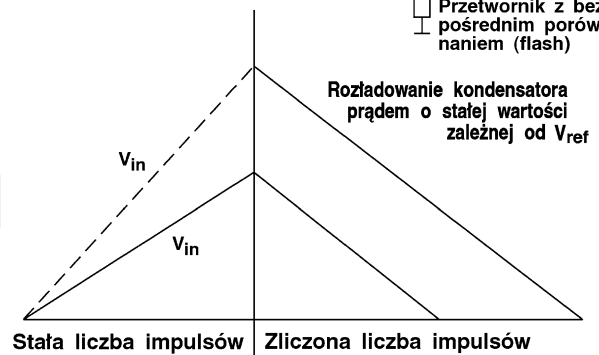
Przetwornik z kolejnym porównywaniem (aproxymacyjny)



Przetwornik integracyjny



Przetwornik z bezpośrednim porównaniem (flash)



Układy logiczne

Prostym kryterium podziału dzisiejszych rodzin układów logicznych jest wielkość napięcia zasilania. Tradycyjne układy TTL (Transistor-Transistor-Logic) mają napięcie zasilania 5 V. Aktualnie istnieją również rodziny zasilane z 3,3 V i 2,5 V, dostosowane do współpracy zarówno ze współczesnymi układami pamięci, jak i nowymi, bardzo szybkimi magistralami.

Inny podział następuje według technologii. Do tradycyjnych, tzn. bipolarnej i CMOS, doszła technologia BiCMOS, tak więc aktualnie mamy trzy technologie wykonawstwa układów logicznych.

Rodziny układów logicznych bipolarnych

Rodziny bipolarne charakteryzują się względnie ostrymi wymaganiami co do napięcia zasilania. Rodzina 74 (nominalna wartość zasilania 5 V) wymaga by napięcie zasilania utrzymywało się w granicach od 4,75 do 5,25 V. Przy projektowaniu obwodów zasilanie należy rozdzielać na grupy, ponieważ obciążenie źródła zasilania zmienia się w zależności od aktualnego przebiegu sygnałów, jak również ze względu na występowanie pików prądowych w momencie gdy tranzystorowe wyjścia "totempole" przewodzą prąd wszystkie jednocześnie. Kondensatory odsprężające powinny mieć doprowadzenia jak najkrótsze. Aby zapewnić odpowiedni margines odstępów od zakłóceń, pomimo, że w obwodach występują sygnały szybkozmienne, poziom "ziemi" musi być stabilny. Wartości graniczne poziomów na wyjściach TTL wynoszą dla sygnału "0" nie więcej niż 0,4 V, a dla sygnału "1" co najmniej 2,4 V, ale nie więcej niż napięcie zasilania. Poziom "1" nie jest wyższy z powodu specyficznej budowy wyjścia TTL, ze spadkiem napięcia na rezystorze 130 Ω , jednym tranzystorze i jednej diodzie. Jeżeli chodzi o poziomy wejściowe, to mamy tu odpowiednio maksimum 0,8 V i minimum 2,0 V. W najgorszym przypadku mamy margines na zakłócenia 0,4 V dla "1" i 0,4 V "0". Zwykle jednak zakłada się do 0,7 V dla "1".

74 Standard-TTL jest podgrupą rodziny TTL. Dzisiaj z powodzeniem zastąpiona nowocześniejszymi odmianami. Na jedną bramkę przyjmuje się opóźnienie ok. 10 ns, a zapotrzebowanie mocy 10 mW.

74S Schottky-TTL była to pierwsza szybka podrodzina TTL. Dzięki zastosowanej tu diodzie Schottky'ego tranzystor nie wchodzi w głębokie nasycenie. Obecnie używa się raczej układów AS, które są szybsze. Dla S-TTL opóźnienie bramki wynosi 3 ns. Moc na bramkę 20 mW. W diodzie Schottky'ego występuje złącze metal-N zamiast złącza P-N. Poza tym dioda Schottky'ego ma niższą pojemność i niższy spadek napięcia niż dioda krzemowa, oraz łatwo wykonywana jest w układzie scalonym.

74AS Advanced Schottky-TTL mają ok. 1,5 ns opóźnienia na bramkę. Zapotrzebowanie mocy wzrasta jednak do 22,5 mW na bramkę.

74LS LowPowerSchottky-TTL stosowane są obecnie zamiast standardowych TTL. Opóźnienie bramki wynosi ok. 9 ns, czyli są one nieco szybsze niż standardowe układy TTL. Natomiast zużycie mocy jednej bramki wynosi jedynie 2 mW.

74ALS Advanced Low Power Schottky-TTL mają jeszcze lepszą szybkość i zapotrzebowanie mocy, a mianowicie 4 ns opóźnienia i 1 mW mocy na bramkę.

74F FAST-TTL są bardzo szybkie, tj. 3 ns opóźnienia i 4 mW mocy na bramkę.

Rodziny układów logicznych CMOS

Można w niej wyróżnić dwa podstawowe typy układów. Pracujące z poziomami logicznymi CMOS oraz pracujące z poziomami TTL. Tych ostatnich używa się jednocześnie z bipolarnymi układami TTL, kiedy trzeba zachować jednolitość poziomów logicznych w złożonych układach cyfrowych. Cała rodzina wzięła nazwę od komplementarnych tranzystorów MOS, z których zbudowany jest stopień wyjściowy. W stanie statycznym pobór mocy jest bardzo mały i wynosi ok. 10 nW/bramkę. Zwiększa się on wraz ze wzrostem częstotliwości pracy i przy kilku MHz jest tego samego rzędu co w układach TTL-ALS. Układy CMOS mają dużo szersze marginesy zakłóceń. Można je dodatkowo rozszerzyć przez podniesienie wartości napięcia zasilającego. Możliwość ta sprawiła, że układy CMOS przejęły rolę układów bipolarnych, zaliczanych do klasy o wysokiej odporności na zakłócenia i świetnie nadają się do stosowania w środowisku przemysłowym, do pracy z umiarkowanymi częstotliwościami. Trzeba jedynie zwrócić uwagę, aby połączenie wysokiego napięcia zasilania oraz dużej częstotliwości zegara nie doprowadziło do nadmiernego wydzielania się mocy w układach.

4000, najstarsza z rodzin CMOS, pojawiła się w końcu lat 60. Szybkość działania jest tu niższa w porównaniu z układami TTL. Opóźnienie wynosi ok. 20 ns na bramkę. Konfiguracja wyprowadzeń jest podobna jak w TTL. Napięcie zasilające może wynosić od 3 do 15 V (w niektórych przypadkach 18 V). Istnieją wersje buforowane układów 4000B, które w porównaniu z niebuforowanymi charakteryzują się większym opóźnieniem, ale są mniej wrażliwe na zakłócenia, mają stałą impedancję wyjściową, większe wzmocnienie i niższą pojemność wejściową. W układach buforowanych istnieje ryzyko wystąpienia oscylacji przy wysterowywaniu impulsem o wolnozmiennym zboczu.

74C jest wersją układów serii 4000 o wyprowadzeniach odpowiadających układom TTL, ale z poziomami pracy CMOS.

74HC i 74HC4000 zastąpiły rodziny 74C i 4000. Konfiguracja wyprowadzeń pozostała nie zmieniona, ale są to układy wyraźnie szybsze. Opóźnienie wynosi ok. 8 ns na bramkę. Napięcie zasilania może wynosić od 2 do 6 V. Margines zakłóceń wynosi 1,4 V w odniesieniu do poziomu wysokiego jak i niskiego.

74HCT są wariantem układów HC, dopasowanych do poziomów TTL. Szybkość ich jest taka sama jak HC. Napięcie zasilania wynosi 4,5 - 5,5 V. Margines zakłóceń 0,7 V w odniesieniu do poziomu niskiego, i 2,4 V w odniesieniu do poziomu wysokiego w sytuacji gdy HCT współpracuje z HCT. Gdy HCT jest dołączony do LS-TTL wartości te wynoszą odpowiednio 0,47 i 2,4 V, a przy połączeniu LS-TTL do HCT odpowiednio 0,4 i 0,7 V, tj. tak samo jak przy współpracy LS-TTL z LS-TTL.

ACL, wraz ze swymi wariantami **AC** (poziomy CMOS) i **ACT** (poziomy TTL) pojawiły się w 1985. Są one zdecydowanie szybsze niż układy HC. Opóźnienie jest mniejsze niż 3 ns. Wśród zalet wyróżnia się możliwość sterowania sygnałem zarówno wysokoomowym jak i symetrycznym., a także zarówno wysterowywanie, jak i obciążanie sygnałem 24 mA. Niektóre typy wysterowują sygnał ± 48 mA lub ± 64 mA. Wyjście można bezpośrednio dołączać do linii przesyłowej, która może być wykonana w postaci kabla koncentrycznego, pary skręconej, lub mikrolinii paskowej. Odbiornik powinien być obciążony rezystorem np. 300 Ω dla uniknięcia odbić od wysokoomowego wejścia.

FCT są to układy wytwarzane w technologii CMOS, ale które mogą współpracować z wejściami i wyjściami TTL. Wyjście może być obciążane do 64 mA i możeysterowywać do 15 mA. Odmiana FCT-T, wytwarza w stanie wysokim poziom 3,3 V, co odpowiada nominalnemu wysokiemu poziomowi TTL, natomiast w układach FCT na wyjściu są dwa tranzystory CMOS w połączeniu komplementarnym działające jak rezystory względem poziomu zasilania lub masy. FCT-T mają podobną szybkość działania jak F i FCT, albo są szybsze.

AHC Advanced High-Speed CMOS mogąysterowywać 8 mA przy 5 V, charakteryzując się opóźnieniem bramki 5,2 ns.

Rodziny układów logicznych BiCMOS

Zawierają zarówno tranzystory bipolarnie jak i komplementarne pary tranzystorów MOS. Tranzystory bipolarnie stosuje się w stopniach wyjściowych ze względu na ich dobrą obciążalność, natomiast tranzystory MOS wykorzystuje się dla osiągnięcia wysokoomowych wejść, albo energooszczędnych stopni pośrednich wewnątrz układu.

BCT jest rodziną układów BiCMOS przeznaczonych przede wszystkim do stosowania w obwodach sterowania szynami danych. Wyjścia są w stanieysterować 25-omową linię transmisyjną, co oznacza chwilowy pobór prądu do 188 mA. Przy braku zasilania zarówno wejścia jak i wyjścia są wysookomowe. Wejście zbudowane na elementach CMOS posiada próg zadziałania 1,5 V, a więc dopasowane jest do współpracy z układami TTL.

ABT są układami typu BiCMOS, w których tranzystory bipolarnie charakteryzują się częstotliwością f_T aż 13 GHz. Opóźnienie bramki wynosi 4,6 ns. Obwody są przydatne doysterowywania szyn danych, gdzie wymagana jest duża prędkość działania i dobra obciążalność. Wyjścia mogą być obciążane do 64 mA iysterowują do 32 mA. Do zalet można zaliczyć niezależność czasu opóźnienia od temperatury. Pobór prądu w stanie jałowym jest bardzo niski, a przy wysokich częstotliwościach pracy jest niższy niż w przypadku CMOS.

Rodziny układów logicznych niskonapięciowych

ALB Advanced Low Voltage BiCMOS są specjalnie skonstruowane dla napięcia zasilania 3,3 V i mają obciążalność 25 mA, przy opóźnieniu bramki 2,2 ns. Wejścia wyposażone są w diody poziomujące, zmniejszające przesterowanie jak i niedosterowanie wejścia.

ALVC Advanced Low-Voltage CMOS są układami 3,3-woltowymi typu CMOS, o opóźnieniu 2 ns i zdolnościysterowywania do 24 mA. Układy tej rodziny są przeznaczone do stosowania w zaawansowanych systemach pamięciowych z np. pamięciami SDRAM.

AVC Advanced Very Low Voltage CMOS są układami którym do działania wystarcza napięcie zasilania 1,8 V, a opóźnienie na stopień wynosi tylko 3,2 ns.

ALVT Advanced Low-Voltage BiCMOS są to rodziny 2,5- i 3,3-V, przeznaczone do pracy w szybkich magistralach. Mają one opóźnienie 2,5 ns, i mogąysterowywać prądem do 64 mA. Poza tym nadają się do użytku w układach typu "hot-swap" ("przełączanie na gorąco"), pozwalających wyjmowanie i wsuwanie kart przy włączonym napięciu zasilającym, czyli tzw. wsuwanie na żywo (live-insertion).

LVC Low Voltage CMOS są dalszym udoskonaleniem 74HC, gdzie osiągnięto utrzymanie wysokich parametrów dotyczących szybkości i zdolnościysterowywania, pomimo obniżenia zasilania do 3,3 V. Niższe napięcie zasilania oznacza niższy pobór mocy, a w przypadku zasilania baterijnego, mniejszą liczbę ogniw. Układy 74LVC mają układ wyprowadzeń identyczny z 74HC, a do zasilania wystarcza im napięcie z przedziału 1,0 - 3,6 V. Rodzina ta obejmuje odpowiedniki wszystkich głównych układów z rodziny 74HC i wykonywana jest tylko w wersji do montażu powierzchniowego. Co do współpracy z logiką 5 V, to układy 74LV mogą byćysterowywane przez układy TTL, a nie mogą przez 74HC(T). Układy 74LV mogą z koleiysterowywać zarówno układy TTL jak i 74HCT. Jeżeli chodzi o 74HC to współpraca z nimi oznacza wyjście poza granice specyfikacji, a konkretnie obwódysterowywany pobiera więcej prądu niż normalnie.

LVT Low Voltage BiCMOS jest rodziną 3,3-woltową akceptującą 5 V, o opóźnieniu na stopień 3,5 ns i zdolnościysterowywania do 64 mA, przeznaczoną do stosowania w zaawansowanych układach współpracy mikroprocesorów z obwodami peryferyjnymi.

Rodziny układów logicznych specjalnych

ABTE/ETL Advanced BiCMOS Technology / Enhanced Tranceiver Logic są to układy odznaczające się zdolnościąysterowywania do 90 mA, które spełniają specyfikacje VME64-ETL.

BTL/FB+ Backplane Tranceiver Logic są układami spełniającymi wymagania norm IEEE 1194.1 i IEEE 896 Futurebus+. Mają opóźnienie mniejsze od 5 ns i mogąysterowywać następane stopnie prądem do 100 mA.

GTL/GTLP Gunning Tranceiver Logic och Gunning Tranceiver Logic Plus są to układy przeznaczone do stosowania w zaawansowanych układach współpracy mikroprocesorów z obwodami peryferyjnymi, przy częstotliwości zegara 80 MHz lub wyższej. Zdolnośćysterowywania może osiągać 100 mA, przy czym wyjścia mają możliwość regulacji czasów narastania i opadania, co zapewnia zmniejszenie odbić, a także ogranicza emisję zakłóceń elektromagnetycznych.

Starsze rodziny układów logicznych

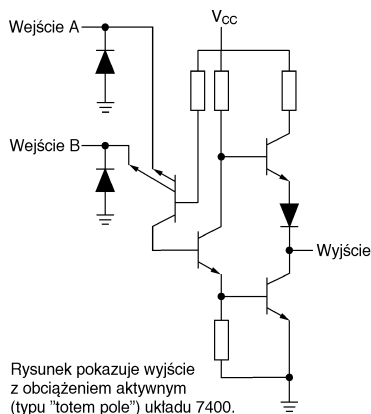
ECL Emitter Coupled Logic stosuje się tam gdzie wymagane są największe szybkości działania. Poziomy są typowe, jak dla rodziny MECL 10000, tj. -0,9 V dla "1" i -1,75 V dla "0", tzn. amplituda zmian jest rzędu 0,85 V. Jeżeli chodzi o budowę wewnętrzną układu, to bazuje ona na stopniu różnicowym, gdzie prądemysterowuje się jedno lub drugie wyjście kolektorowe. Dzięki zastosowaniu sterowania prądowego unika się nasycania tranzystorów, co leży u podstaw osiągnięcia wysokich szybkości. Opracowuje się układy ECL pracujące z częstotliwością zegara bliską 1 GHz. Są one stosunkowo energochłonne.

RTL Resistor Transistor Logic należy do jednego z najstarszych systemów półprzewodnikowych układów logicznych. Połączenia są typu rezystancyjnego i zawierają stosunkowo niewiele tranzystorów. Wejścia budowane są z pewnej liczby rezystorów dołączonych do wejścia tranzystorowego. Jedną z wad jest występowanie przeników pomiędzy wejściami, a inną - mała szybkość działania. Obwody wejściowe nigdy tutaj nie pojawiły się w postaci scalonej. Dlatego powstała rodzina **DCTL** jako wariant logiki połączeń

rezystorowych, gdzie dla uniknięcia przeniów każde wejście miało swój tranzystor. Opóźnienie na stopień było duże, od 50 do 100 ns. Margines dla zakłóceń jest mały, tylko ok. 0,2 V. Układy te występują obecnie jedynie jako części zamienne do starszej aparatury.

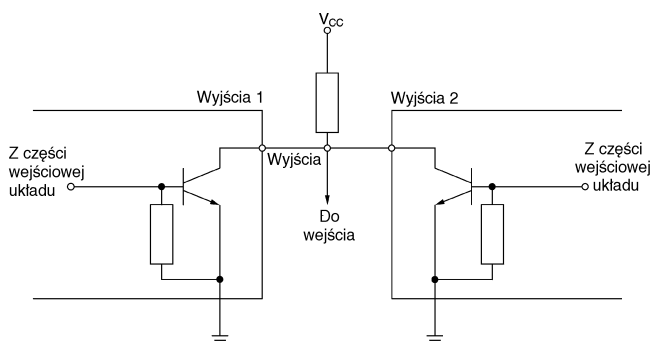
DTL Diode Transistor logic była pierwszą dużą rodziną układów logicznych. Stała się popularna w połowie lat sześćdziesiątych, lecz szybko została zastąpiona zdecydowanie lepszą rodziną TTL. W owym czasie zdarzało się spotykać stosowanie w jednej konstrukcji układów obu typów, tj. DTL i TTL, ponieważ poziomy sygnałów nie różniły się znacznie. W DTL wiele rezystorów występujących przedtem w RTL zostało zastąpionych diodami, zajmującymi mniej powierzchni krzemu. Podczas pracy diody obniżają poziom sygnału, a tranzystor ten poziom przywraca. Wyjście na tranzystorze z opornikiem emiterowym charakteryzuje się słabymysterowaniem w kierunku napięcia dodatniego, a polepszenie tego byłoby wskazane, ze względu na upływność diod na dołączanych wejściach. W TTL znaleziono rozwiązanie w postaci wyjścia "totempole", oraz wejść na tranzystorze wieloemiterowym. Obecnie układy DTL mają znaczenie jedynie jako części zamienne.

DTLZ, HLL, HNIL są przykładami starszych, bipolarnych rodzin układów logicznych zwanych układami wysokopoziomowymi. Napięcie zasilania było tu 12 lub 15 V. Układy były powolne, ale charakteryzowały się bardzo dobrym marginesem dla zakłóceń. Niekiedy, dla uzyskania odporności na zakłócenia dołącza się kondensatory, które oczywiście spowalniają działanie układów.

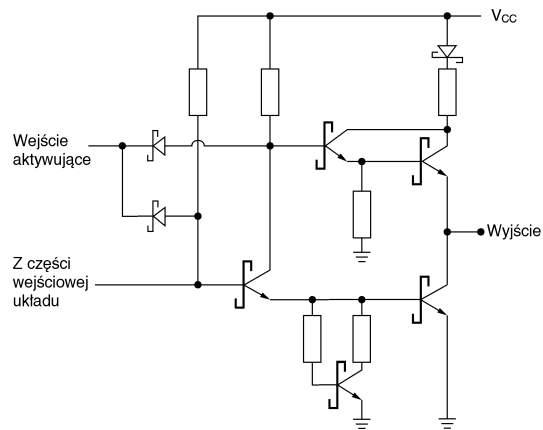


Rysunek pokazuje wyjście z obciążeniem aktywnym (typu "totem pole") układu 7400.

Wyjście z obciążeniem aktywnym



Wyjście z otwartym kolektorem



Wyjście trójstanowe

Stopnie wyjściowe

Najczęściej spotykanym układem wyjściowym w rodzinie układów logicznych TTL jest **wyjście z obciążeniem aktywnym** (ang. totempole). W pewnych sytuacjach nie jest to jednak rozwiązanie najlepsze, dlatego stosowane są również inne rozwiązania.

Układ wyjściowy z otwartym kolektorem (ang. open collector) stosuje się w sytuacji, gdy pojedyncze wejście następnej bramki ma byćysterowywane kilkoma równolegle połączonymi wyjściami bramek poprzednich (tzw. suma montażowa, ang. wired-OR), lub też gdy dany stopień wyjściowy ma być obciążony wysokim poziomem napięcia i/lub prądu. Jeżeli wyjście jest dołączane do następnego stopnia logicznego, jest ono obciążane zewnętrznym rezystorem. Wyjście to jest zbudowane z jednego wyjścia kolektorowego tranzystora NPN. W stanie włączonym tranzystora wyjście jest całkowicie połączone z masą, a w stanie wyłączonym jest całkowicie otwarte.

Wyjście trójstanowe (ang. tri-state) używa się w sytuacji gdy wiele wyjść jest dołączonych do jednego wejścia, np. do przewodu magistrali w komputerze. Stosuje się tu dodatkowe wejście sterujące układem wyjściowym (lub kilkoma wyjściami), określające kiedy tranzystor ma przewodzić.

Podstawowe zasady projektowania

Przed wszystkim należy zwrócić uwagę na **obciążalność wejściową i wyjściową** bramek logicznych. Bramka typu 7400 (standardowy TTL), ma obciążalność wejściową = 10. Oznacza to, że może zostać obciążona 10 wejściami następnych bramek. W wyniku tego obciążenie prądem wyniesie 0,4 mA w stanie wysokim wyjścia, albo 16 mA w stanie niskim. Możliwe jest łączenie bramek TTL z brankami typu CMOS dopasowanymi do TTL. Tak więc przykładowo wyjście HCT może zostać obciążone 2 brankami standardowego TTL, lub 2 brankami S-TTL, lub 2 brankami AS-TTL, lub 10 brankami LS-TTL, lub 20 brankami ALS-TTL, lub 6 brankami F-TTL.

Pobór prądu przy stosowaniu układów typu CMOS może być bardzo mały. W stanie statycznym bramka pobiera bardzo mało prądu. W stanie dynamicznym pobór prądu wzrasta wraz z częstotliwością pracy. Wynika to z obciążenia wyjścia pojemnościami układu ścieżek i wejść następnych układów logicznych. Przy bardzo wysokich częstotliwościach nie ma więc praktycznie różnicy w wielkości poboru prądu między układami wykonanymi w technice bipolarnej i CMOS.

Problem zakłóceń winien być brany pod uwagę od początku prac projektowych. Generalnie trzeba wiedzieć, że jeżeli chodzi o generowanie zakłóceń układy CMOS są lepsze niż TTL, a także, że nie należy stosować układów szybszych niż to jest niezbędne z punktu widzenia konstrukcji. Z kolei niższe napięcie zasilania układów CMOS zmniejsza generację zakłóceń, ale czasem prowadzi do zmniejszenia marginesu odporności na zakłócenia. Przy przesyłaniu sygnału na większą odległość należy stosować układy buforowane, oraz kable i złącza transmisyjne. Ścieżki dołączające do linii transmisyjnej powinny być jak najkrótsze. Oba przewody, tj. sygnałowy i masy powinny być prowadzone razem. Jeżeli chodzi o płytki drukowane to należy starać się by ścieżki sygnałowe były usytuowane po jednej, a rozprowadzenie masy po drugiej stronie. Należy też wiedzieć, że pętle masy mogą zarówno odbierać jak i emitować zakłócenia.

Programowalne układy logiczne

Programowalne układy logiczne zastępują w nowych konstrukcjach w coraz większym stopniu tradycyjne rodziny układów logicznych. Mogą być one opisane jako układy z konfigurowalnymi blokami funkcjonalnymi i obwodami przełączającymi. Bloki te mogą być swobodnie łączone między sobą, a następnie programowane z pomocą komórek pamięciowych, tworząc złożone konstrukcje obwodów logicznych. Obecnie istnieje wiele typów programowalnych układów scalonych logicznych o różnej architekturze, oferowanych przez różnych wytwórców.

Tabela przedstawia kilka typów programowalnych układów logicznych:

SPLD	Simple Programmable Logic Devices
CPLD	Complex Programmable Logic Devices
FPGA	Field Programmable Logic Arrays
FPIC	Field programmable InterConnect

SPLD (również określanych przez poszczególnych wytwórców jako PAL, GAL, PLA, PLD) przedstawia sobą najmniejszą i najtańszą formę programowanej logiki. Układ SPLD składa się z pewnej liczby, do kilkudziesięciu, makrokomórek. Każda makrokomórka, zbudowana z układów serii 7400, może być łączona z innymi makrokomórkami układu. Programowanie zwykle odbywa się w technice EEPROM lub FLASH.

CPLD (zwane również EPLD, PEEL, EEPLD, MAX, w zależności od producenta) można określić jako SPLD o znacznie większych możliwościach. Typowy układ CPLD bywa od 2 do 100 razy większy od SPLD, i może zawierać od 100 do kilkuset makrokomórek. Zwykle makrokomórki są zgrupowane po 8 lub 16 sztuk, i mogą być wszystkie nawzajem dowolnie łączone w ramach grupy, ale występują pewne ograniczenia co do łączenia pomiędzy grupami.

FPGA (zwane również, w zależności od producenta LCA, pASIC, FLEX, APEX, ACT, ORCA) różnią się od SPLD i CPLD zastosowaniem najwyższego stopnia scalenia możliwości logicznych. Układ FPGA zbudowany jest z sieci bloków funkcji logicznych, otoczonych blokami I/O (wejść/wyjść), realizujących zaprogramowane połączenia. Typowy układ FPGA ma od kilkuset do 10000 bloków logicznych i jeszcze więcej przełączników. Nie ma tu 100-procentowej możliwości łączenia między blokami, dlatego trzeba stosować zaawansowane oprogramowania potrafiące dynamicznie przekierowywać połączenia, tak by łączyć bloki w jak najefektywniejszy sposób (tzw. routing). Układy scalone FPGA mogą zawierać bloki pamięci i złożone procesory, w przeróżnych wariantach układowych, w zależności od producenta i rodziny.

FPIC w rzeczywistości nie posiadają możliwości samodzielnego wykonywania funkcji logicznych, lecz raczej są rodzajem "central telefonicznych", realizujących w zaprogramowany sposób komutowanie dużej liczby wejść i wyjść obwodów zewnętrznych.

VHDL

W celu ułatwienia konstrukcji i programowania logicznych układów programowalnych opracowano wspólny język, który jest obecnie standardem EEE. Jest to VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language). Język ten opisuje strukturę i zachowanie się układu, to znaczy wejścia i wyjścia oraz logiczne połączenia między nimi. Dostępne są również odpowiednie narzędzia do symulacji funkcji przed zaprogramowaniem układu. Dla celów programowych został opracowany standard JEDEC dający model pliku używanego jako dane wejściowe dla urządzeń programujących.

Mikroprocesory/Komputery jednoukładowe

Historia mikrokomputerów rozpoczęła się od urządzenia kalkulacyjnego ENIAC (the Electronic Numerical Integrator And Calculator) protoplasty dzisiejszych mikroprocesorów i całego przemysłu komputerów PC. ENIAC powstał w listopadzie 1945 i potrafiła wykonać 5000 działań dodawania albo 300 mnożenia w ciągu sekundy. Kosztowała pół miliona dolarów, pobierała 150 kW mocy i ważyła, ze swymi 19 000 lamp elektronowych ok. 30 ton.

Alan Turing sformułował ideę, że program i dane mogą wspólnie egzystować w pamięci komputera. John von Neuman sformalizował ten pomysł w pracy opublikowanej w 1945 roku, kładąc w ten sposób fundamenty architektury "von Neumana". Dane i program mają więc swe miejsce w komputerze, podobnie jak jednostka sterująca, arytmometr i jednostka wejścia/wyjścia.

Kluczem do pierwszego mikroprocesora stało się doświadczenie przeprowadzone w październiku 1958, kiedy to Jack Kilby (nagroda Nobla w fizyce w r.2000) podłączył zasilanie do pierwszego układu scalonego w laboratorium firmy Texas Instruments. Prace rozwojowe w latach 1960. doprowadziły Frederico Faggina w firmie Intel do skonstruowania w roku 1971 procesora MCS4004. Był to 4-bitowy CPU o 46 instrukcjach wykonywanych w rytmie 10 mikrosekundowym. Wkrótce powstały procesory 8008, 8080 i rodzina 68 w firmie Motorola, a następnie Z80 w firmie Zilog.

Istnieją dwie główne grupy mikroprocesorów, jedne do współpracy grupowej z innymi typami układów, drugie jako jeden złożony układ. Te pierwsze znane są jako **mikroprocesory**, a drugie jako **mikrokontrolery** albo **komputery jednoukładowe**. Po angielsku będą to "microprocessor" albo "microcontroller".

Mikrokontroler, czyli komputer jednoukładowy jest w zasadzie samowystarczalny i do działania nie potrzebuje zewnętrznych składników. W jednym czipie scalone są zarówno pamięci do przechowywania danych i programu, układy realizujące funkcje we-wy, np. przetworniki A/D i D/A, jak i cyfrowe wejścia i wyjścia. Istnieje wielki wybór mikrokontrolerów wielu producentów. Wszystkie one w ten, czy w inny sposób realizują zasadę minimalizacji liczby komponentów dla konkretnego zastosowania, niezależnie od tego, czy chodzi o piecyk mikrofalowy, analizator krwi, wagę, pilot zdalnego sterowania, czy też o kartę bankową, albo o grającą melodyjki pocztówkę świąteczną.

Mikrokontrolery, nawet najprostsze, programowane są zwykle w języku wysokiego poziomu, chociaż programowanie assemblerowe ciągle jeszcze się spotyka. Najczęściej używa się programowania typu C, lub jakiejś formy programowania zorientowanego obiektowo (OOP) typu C++.

Przechowywanie programu w mikrokomputerze może się dokonywać w różnych formach. Tradycyjnie w zastosowaniach wielkoseryjnych używa się pamięci ROM (Read Only Memory), gdzie układ wyposaża się w program już na etapie jego wytwarzania. Uzyskuje się przez to najniższy koszt produkcji, pod warunkiem, że wielkość serii będzie odpowiednio duża. Obecnie powszechnie stosuje się pamięci programowalne, takie jak FLASH, EPROM lub EEPROM, z których każda ma swoje zalety.

Zaletą mikrokontrolerów bazujących na pamięciach **FLASH** jest łatwość programowania i możliwość późniejszego przeprogramowywania bez wyjmowania układu z karty. Można to porównać do modyfikowania programu BIOS na płycie głównej komputera. Przy użyciu technologii FLASH można uzyskiwać zintegrowane w mikrokontrolerze pamięci programów o dużej objętości.

Mikrokontrolery bazujące na technologii **EPROM** są często typu OTP (One Time Programmable), czyli programowalne jednorazowo. Zaletą jest, że programu nie trzeba zmieniać ani modyfikować. Dawniej istotną była również zaleta niższej ceny w porównaniu do drogich układów wyposażonych w pamięci FLASH. Układy wyposażone w okienka na obudowie umożliwiają kasowanie programu przy użyciu promieniowania ultrafioletowego. Układy te są względnie drogie i używane często tylko do prac rozwojowych.

Mikrokontrolery oparte na technologii **EEPROM** umożliwiają łatwe programowanie, a także dają nieograniczoną możliwość przeprogramowywania. Zarówno FLASH jak i EPROM mają w tym względzie ograniczenia. Jednak trudno jest wykonywać pamięci EEPROM o dużych pojemnościach, z tego powodu w układach, gdzie gra rolę cena rzadko spotyka się pamięci większe niż kilka kB.

Mikroprocesory rozwinęły się w dwu kierunkach, **CISC** i **RISC**. Pierwotnie dominujące były procesory o kompleksowej liście rozkazów CISC (Complex Instruction Set Computer). Procesory RISC (Reduced Instruction Set Computer), tzn. o zredukowanej liście rozkazów, używano się najczęściej w szybkich stacjach roboczych, oraz do przetwarzania grafiki i do analizy sygnału. Nowoczesne typy procesorów CISC przejęły część właściwości, które przedtem występowały tylko w procesorach RISC, np. przetwarzanie potokowe i równoległe, oddzielne szyny danych i rozkazów (architektura Harvard), pamięci cache itp.

Dobór właściwego mikroprocesora lub mikrokontrolera nie ogranicza się do wyboru jednostki o najlepszych parametrach przetwarzania danych. W pewnych zastosowaniach dominującym może być aspekt kosztów, w innych wybór mocy itd. Bardzo ważnym może okazać się istnienie środowiska ułatwiającego prace projektowe, oferującego emulatory i oprogramowanie do danego procesora lub mikrokontrolera.

Zestaw środowiska projektowego, wspomagający opracowanie programu, a następnie jego "odpluskwienie", ma często duże znaczenie dla oceny przyszłej przydatności danego układu. Karta emulacyjna, służąca do ICE (In Circuit Emulation), jest ważnym i oszczędzającym czas narzędziem, tak samo jak dobrze działający język wysokiego poziomu, czy też program ułatwiający usunięcie błędów projektowych (tzw. odpluskwanie).

Język wysokiego poziomu oszczędza czas programisty. Obliczono, że czas napisania i uruchomienia jednego wiersza programu w języku wysokiego poziomu jest taki sam jak w kodzie assemblerowym, jednak w tym drugim wypadku ilość wierszy jest znacznie większa. Wynika stąd, że pisanie nawet niewielkiego programu w języku wysokiego poziomu może być od 10 do 100 razy efektywniejsze. Może okazać się bardziej ekonomicznym, szczególnie przy niewielkich projektach, przeznaczyć pieniądze na droższy element, o większej pamięci, niż poświęcić dużo czasu na prace programowe.

Pamięci w mikrokomputerze są dwojakie: pamięć danych i pamięć programu. Pamięć danych w czipie ma zwykle wielkość od 1 do 32 kilobajtów (czyli do 256 kilobitów), a pamięć programu od 16 kB do 1 MB (8 Mbit). Pamięć programu rzędu kilkuset kB umożliwia efektywne programowanie w języku wysokiego poziomu zarówno prostych jak i bardzo zaawansowanych systemów.

Podstawowe funkcje, często występujące w mikroprocesorach to układy czasowe, układy nadzorujące (watchdog), interfejsy szeregowy, przetworniki A/D i D/A, i sterowniki wyświetlaczy.

Układy czasowe występują w różnych wariantach. Niektóre są to proste liczniki o rozdzielczości 8, 16 lub 32 bitów. Często wykorzystuje się generator procesora, czyli zegar, do bezpośredniego, albo poprzez dzielnik częstotliwości, zliczania impulsów lub mierzenia czasu. Ale układ czasowy może być również złożonym systemem rejestrów, które można programować dla uzyskania żądanych ciągów impulsów lub sekwencji do wysterowywania np. silników krokowych, albo sygnałów z modulacją szerokości impulsów.

Watchdog (układ nadzorujący) jest funkcją niezbędną w wielu systemach, umożliwiającą wykrycie sytuacji zawieszenia się procesora. Zawieszenie może wystąpić np. jako rezultat zakłóceń w zasilaniu, albo z powodu błędu programowego. Układ nadzorujący może takie wstrzymanie pracy wykryć i zrestartować procesor w zaprogramowany wcześniej sposób.

Interfejs szeregowy. Komunikacja szeregowy może się odbywać na wiele różnych sposobów. Dawniejszy tradycyjny protokół asynchroniczny, jak np. RS232 wymaga zastosowania układu UART (Universal Asynchronous Receive Transmit), albo wariantu synchronicznego USART. Systemem opracowanym przez firmę Philips, który stosowany jest w wielu układach jest tzw. szyna I²C (Inter-IC). Inne, stosowane obecnie systemy komunikacji szeregowy między urządzeniami peryferyjnymi to USB (Universal Serial Bus) i Ethernet.

Przetworniki A/D i D/A są w stałym rozwoju, z coraz lepszą z roku na rok rozdzielczością. Często stosuje się zintegrowane multipleksery analogowe wielokanałowe, dla umożliwienia nadzorowania wielu sygnałów analogowych równocześnie.

Sterowniki wyświetlaczy. W wielu przypadkach jedynym urządzeniem dołączonym do wyjścia systemu mikroprocesorowego jest wyświetlacz. Jeżeli w układzie scalonym zawarty jest sterownik, często nie potrzeba żadnych elementów zewnętrznych dla wysterowania wyświetlacza.

Mikroprocesory i mikrokontrolery można łatwo podzielić z punktu widzenia stosowanej długości słowa (szerokość szyny). Generalnie można powiedzieć, że im większa długość słowa, tym lepsza zdolność obliczeniowa. Więcej bitów w słowie oznacza przetwarzanie większej liczby cyfr naraz. Najczęściej spotykaną długością słowa w mikrokontrolerach jest 8 lub 16 bitów, ale spotyka się i 4 bity w prostych, najczęściej starszych typach. Dla mikroprocesorów standardem jest słowo 32- lub 64-bitowe, a w specjalnych procesorach do grafiki nawet 128- lub 256-bitowa długość słowa nie jest niczym szczególnym.

Cyfrowy procesor sygnałowy (DSP) jest specjalnym typem procesora przeznaczonym do bardzo szybkiego przetwarzania algorytmów numerycznych. Wiele funkcji tradycyjnie przypisanych do procesorów DSP znajdujemy dzisiaj nawet w stosunkowo prostych mikrokomputerach. Przykładem jest instrukcja MAC (Multiply Add and Accumulate), umożliwiająca usprawnienie wielu standardowych programów przy przetwarzaniu sygnałów. W połączeniu ze scalonymi przetwornikami A/D instrukcje DSP umożliwiają mikrokomputerom na rozpoznawanie mowy, albo odczytywanie pisma ręcznego na ekranie LCD pokrytym czułą na nacisk folią.

Układy scalone pamięciowe

Wszelkie formy komputerów, niezależnie od tego czy mówimy o produktach konsumenckich, jak np. videokamery, czy też o urządzeniach profesjonalnych, jak systemy sterowania sond kosmicznych, zawierają pamięci półprzewodnikowe. Pojemność pamięci zawartej w jednym układzie scalonym powiększyła się od 1024 bitów w 1971 roku, do 1 073 741 824 bitów w układzie 30 lat później. Rozwój ten oznacza, że pojemność pamięci ulegała podwojeniu co 18 miesięcy (prawo Moore'a). Aby zobrazować ten postęp można powiedzieć, że pamięć z lat siedemdziesiątych mogła pomieścić dwie linijki tekstu. Trzydzieści lat później w jednej 1-gigabitowej pamięci FLASH można zmieścić tekst z 200 typowych książek.

Najbardziej popularne pamięci występujące na rynku można podzielić na ulotne i nieulotne.

Pamięci ulotne

Pamięci ulotne tracą wpisane informacje po odłączeniu zasilania.

DRAM (Dynamic Random Access Memory, czyli dynamiczna pamięć o dostępie swobodnym). Tłumaczenie na polski może nie wyjaśnia zbyt dobrze o co chodzi, ale najważniejsze jest, że można tu przechowywać dane bez dbałości o kolejność, czy też o to gdzie w obrębie pamięci je umieścić. Poszczególne miejsce pamięciowe (komórka), jest adresowane indywidualnie, swobodnie. Jednostka informacji wpisywana jest w postaci ładunku elektrycznego do komórki, która jest w rzeczywistości małym kondensatorem. Do utrzymania ładunku wymagane jest zastosowanie w obrębie pamięci specjalnego układu odświeżającego.

FPM (Fast Page Mode), jest techniką nie używaną już w nowych konstrukcjach. Ten rodzaj pamięci był popularny w komputerach PC z początku lat dziewięćdziesiątych.

EDO (Extended Data Output), następca pamięci typu FPM, o lepszym (krótszym) czasie dostępu, i potrzebujący o ok. 25% mniejszą niż FPM liczbę cykli pamięciowych do odczytania lub zapisania pewnej ilości danych. Jest to możliwe dzięki temu, że adresowanie może się odbywać jednocześnie z prezentacją zawartości w magistrali.

SDRAM (Synchronous DRAM), jest układem pamięciowym wymagającym taktowania oddzielnym zegarem. Najczęściej są to zegary PC66, PC100 lub PC133 o częstotliwościach odpowiednio 66, 100 lub 133 MHz. Organizacja logiczna pamięci jest taka, że dane odczytuje się blokami, bez zaopatrywania pamięci w nowe adresy. Odczyt dokonywany jest w takt zegara pamięci. Oznacza to, że w przypadku pamięci PC100 strumień informacji ma szerokość rzędu kilkuset megabajtów na sekundę.

DDR SDRAM (Double Data Rate Synchronous DRAM). Poprzez wykorzystanie obydwu zboczy impulsu zegarowego, tzn. zarówno dodatniego jak i ujemnego, szybkość odczytu podwaja się w porównaniu ze standardową pamięcią SDRAM.

D-RDRAM (Direct Rambus DRAM). Rambus jest nazwą firmy, która opracowała specjalną metodę adresowania umożliwiającą uzyskanie szerokości strumienia informacji rzędu 1,6 GB/s. W pamięci RDRAM zrezygnowano z multiplesowanej szyny adresowej, charakterystycznej dla innych DRAM-ów. Stosuje się tu obudowy typu BGA (Ball Grid Array) lub CSP (Chip Scale Package) o liczbie wyprowadzeń rzędu 100. Obudowy te są wygodne w użyciu, mają wiele wyprowadzeń, ale o niskiej pojemności i indukcyjności, zapewniając dobre właściwości wysokoczęstotliwościowe.

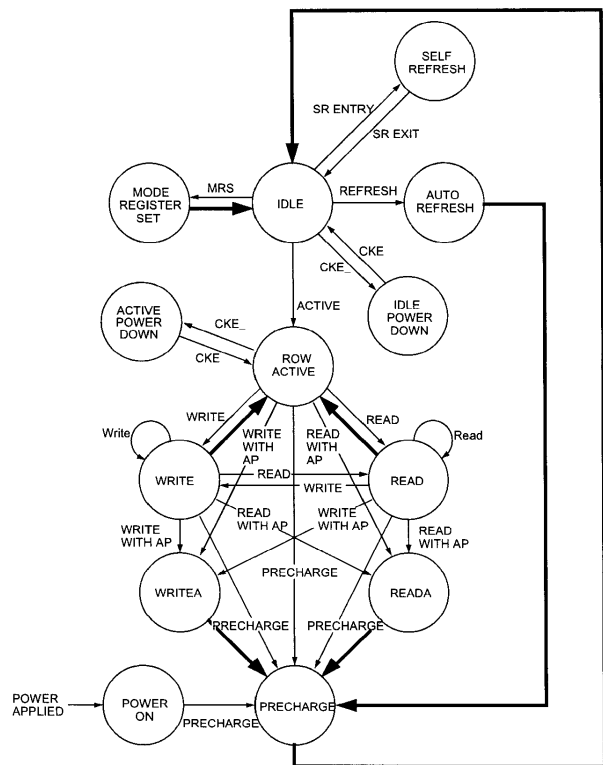


Diagram stanów typowej współczesnej pamięci SDRAM.

SRAM (Static Random Access Memory) jest typem pamięci, w której podobnie jak w pamięci DRAM aby nie utracić zapisanych danych konieczne jest utrzymywanie ciągłości zasilania. Różnica polega na tym, że dla utrzymania informacji zapisanych w pamięci SRAM nie jest potrzebne odświeżanie. Informacja nie jest zapisywana w postaci ładunku w kondensatorze, lecz w przerzutniku, zbudowanym z pewnej liczby tranzystorów. Pamięci SRAM charakteryzują się mniejszym zużyciem prądu i, ogólnie mówiąc, są szybsze od pamięci DRAM. Najczęściej spotykane obszary zastosowań pamięci SRAM to urządzenia z zasilaniem bateryjnym i szybkie pamięci typu cache, np. pamięć cache L2 do komputerów PC.

Pamięci nieulotne

Pamięci nieulotne zachowują wpisane informacje po odłączeniu zasilania.

FLASH EPROM, czyli pamięć błyskowa, zawdzięcza swą nazwę sposobowi kasowania zawartości. Pamięć jest zorganizowana w postaci bloków, z których każdy kasowany jest w pojedynczej krótkotrwałej operacji, porównywalnej do błysku (ang. "flash"). Kasowanie dokonuje się w ten sposób, że dzięki efektowi tunelowemu Fowlera-Nordheima elektrony przenikają bardzo cienką warstwę dielektryka, zbierając ładunek z nie podłączonej galwanicznie bramki sterującej każdej z komórek. Stosowanie pamięci FLASH jest obecnie najbardziej popularnym sposobem nieulotnego przechowywania danych. W zwykłej pamięci FLASH w jednej komórce składowany jest 1 bit informacji. Stan naładowania komórki wskazuje, czy wpisane jest "0", czy "1". W nowoczesnych typach dużych pamięci FLASH do przechowywania informacji używa się kilku poziomów naładowania komórki. Przy wykorzystaniu czterech poziomów naładowania można w każdej komórce zapisać dane dotyczące dwóch bitów informacji. Ta "wielopoziomowa" technologia stosowana jest w pamięciach FLASH o pojemnościach 512 Mb lub wyższych. Pamięci FLASH stosuje się m.in. w układach BIOS do komputerów PC, w telefonach komórkowych i kamerach cyfrowych. Układów FLASH używa się do zapisywania informacji w różnych typach kart pamięciowych, a także do umieszczania programów w urządzeniach mikroprocesorowych.

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), czyli elektrycznie kasowana i elektrycznie programowana pamięć do odczytu. Spełnia podobne funkcje jak pamięć FLASH, lecz z możliwością indywidualnego programowania każdej komórki. EEPROM nie konkuruje z pamięcią FLASH jeżeli chodzi o wielkość, natomiast przeważa tkwi w tym, że dozwala na dokonywanie od 10 do 100 razy więcej operacji przeprogramowywania. Ta zaleta czyni pamięci EEPROM przydatne w wielu zastosowaniach gdzie dane muszą być ciągle aktualizowane. Typowymi obszarami stosowania EEPROM są pamięci seryjne do zapisywania np. numerów w telefonach komórkowych, albo pamięci programu w przeprogramowalnych mikrokontrolerach, albo też karty mikroprocesorowe typu GSM SIM.

EPROM (Electrically Programmable Read Only Memory).

Elektrycznie programowana pamięć EPROM kasowana jest przy użyciu promieniowania ultrafioletowego. Był to pierwszy rodzaj pamięci nieulotnej, programowanej elektrycznie. Choć od ćwierćwiecza jest to pamięć dominująca wśród pamięci do odczytu, coraz częściej zastępowana jest pamięcią FLASH. Obecnie nie prowadzi się już prac rozwojowych nad technologią EPROM.

PROM jest poprzednikiem EPROM. Ten typ pamięci jeszcze czasami występuje, ale w bardzo wąskim obszarze zastosowań. Programowanie dokonuje się poprzez przepalanie wewnętrznych mostków chromoniklowych. Z tego powodu pamięci nie da się wykasować i zaprogramować ponownie.

ROM (Read Only Memory), czyli pamięć tylko do odczytu.

Programowana maską na etapie produkcji pamięć ta jest nadal oszczędną ekonomicznie alternatywą, jeżeli chodzi o złożenie dużej ilości danych w jednym układzie scalonym. Dane wpisuje się na etapie wykonawstwa struktur krzemowych, poprzez modyfikację masek zawierających całą budowę wewnętrzną pamięci. Zamawiający pokrywa jednorazowo, często względnie niewysoki, koszt maski. Układy pamięciowe ROM stosuje się zwykle tylko w systemach lub urządzeniach produkowanych w bardzo dużych seriach.

Lampy elektronowe

Na ogół uważa się, że lampy elektronowe zostały całkowicie wyparte przez tranzystory. Są jednak urządzenia elektroniczne, w których zastąpienie ich jest niecelowe lub wręcz niemożliwe. Lampy odgrywają dużą rolę i zajmują należne im miejsce np. w końcowych stopniach nadajników wielkich częstotliwości. Nie do zastąpienia są lampy do urządzeń rentgenowskich, jak również do mierników Geigera-Müllera czy lampy obrazowe. Ponadto przez pewien czas lampy będą jeszcze potrzebne jako części zamienne.

Innym zastosowaniem, w którym lampy elektronowe przeżywają swój renesans, są stopnie końcowe wzmacniaczy akustycznych. Zniekształcenia wprowadzane przez lampy mają zupełnie inne brzmienie, niż wprowadzane przez tranzystory.

W lampach mają przewagę parzyste harmoniczne, podczas gdy niemiłe dla ucha harmoniczne nieparzyste, są znacznie słabsze. Charakterystyczne zniekształcenia wzmacniacza, wynikające z nasycania się transformatora wyjściowego, przyczyniają się do powstawania oczekiwanego przez niektórych melomanów "dźwięku lampowego". Jest to istotne we wzmacniaczach gitarowych i niskotonowych, w których amplituda sygnałów jest często "obcinana". Bardziej miękkie "obcinanie" powoduje, że stopień końcowy możnaysterować do wyższej mocy, bez niemiłych dla ucha zniekształceń brzmienia. Z tych względów twierdzi się, że wzmacniacz lampowy może nam dać dużo lepsze i głośniejsze brzmienie, niż tranzystorowy, mimo że pomiar mocy wykazuje jednakowy poziom na wyjściu obu wzmacniaczy.

To nowo powstałe zainteresowanie lampami w zastosowaniach akustycznych, doprowadziło do rozwoju nowych, specjalnych lamp audio. Sprzedaje się w parach, lub czwórkach dobranych starannie pod względem przeniesionego spektrum częstotliwości.

W oznaczeniach lamp podane są ich własności. USA i Europa mają jednak różne systemy oznaczania:

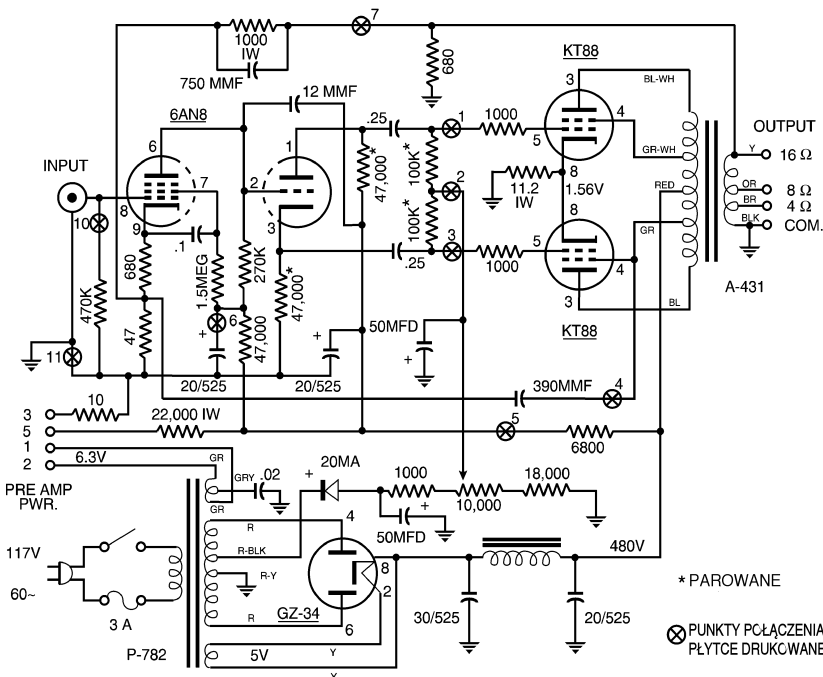
Europejskie normy oznaczania

- Pierwsza litera oznacza napięcie żarzenia lub prąd żarzenia: A = 4 V, E = 6,3 V, D = 1,4 V - napięcie ogniwa, G = 5 V, H = 150 mA - żarzenie szeregowo, K = 2 V - napięcie ogniwa, P = 300 mA - żarzenie szeregowo, U = 100 mA - żarzenie szeregowo, V = 50 mA - żarzenie szeregowo. Pierwsza litera Q oznacza tetrodę do końcowego stopnia nadajnika.
- Druga litera oznacza rodzaj lampy: A = dioda, B = podwójna dioda, C = trioda, F = pentoda do niskich sygnałów, H = heptoda, L = pentoda do stopnia mocy, M. = wskaźnikysterowania "oko magiczne", Y = prostownik.
- Trzecia litera oznacza, że lampa ma dwie lub więcej funkcji: ECC83 oznacza np. podwójną triodę z żarzeniem zmiennoprądowym 6,3 V.

Czasami cyfry i litery są przestawione, by zaakcentować, że mamy do czynienia z lampą specjalną. E83CC odpowiada np. ECC83, ale o przedłużonym czasie życia. Zdarza się również, że lampy specjalne oznaczone literami nie trzymają się systemu. Angielska lampa KT66 ma np. napięcie żarzenia 6,3 V, mimo wprowadzającej w błąd pierwszej litery K, która oznacza 2 V.

Amerykańskie standardy oznaczeń

Amerykańskie oznaczenia lamp zaczynają się zwykle cyfrą, która podaje napięcie żarzenia, ale poza tym niewiele więcej można z nich odczytać. Np. amerykańska lampa 12AX7 jest odpowiednikiem europejskiej lampy ECC83, co może wydać się zaskakujące. Wynika to stąd, że podwójna trioda ma dwa obwody żarzenia, które można połączyć równolegle dla 6,3 V lub szeregowo dla 12,6 V.



Jeden z najlepszych wzmacniaczy lampowych wyprodukowanych w latach 60. - Mark III z firmy Dynaco. Produkcja została zakończona dawno temu, ale ten, kto zna technikę analogową i umie praktycznie wykonać układ elektroniczny, powinien poradzić sobie z wykonaniem wzmacniacza na własną rękę, ewentualnie z pewnymi modyfikacjami.

* PAROWANE
⊗ PUNKTY POŁĄCZENIA NA PŁYTCIE DROKOWANEJ

Transformatory

Transformator składa się w swojej najprostszej formie z żelaznego rdzenia z nawiniętymi dwoma uzwojeniami. O ile prąd w uzwojeniu pierwotnym ma kształt sinusoidy, również strumień magnetyczny w rdzeniu będzie się zmieniał według tej krzywej. Zmiany strumienia indukują w uzwojeniu wtórnym napięcie, również o kształcie sinusoidy. W przypadku, gdyby strumień nie zmieniał się w czasie, to napięcie w uzwojeniu wtórnym nie mogłoby być indukowane. Inaczej mówiąc - transformator nie przenosi prądu stałego.

Z tego prostego opisu widzimy, że transformator ma dwa zadania:

- Przeniesienie napięcia zmiennego z uzwojenia pierwotnego do wtórnego, przy jednoczesnym oddzieleniu galwanicznym strony pierwotnej od wtórej.
- Transformacja (= przenoszenie, przetwarzanie) napięcia zmiennego na napięcie o podobnym przebiegu czasowym, ale o innej wartości. Zależność tą można opisać przy pomocy prostego wzoru:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

gdzie U_p = napięcie pierwotne
 U_s = napięcie wtórne
 n_p = liczba zwojów w uzwojeniu pierwotnym
 n_s = liczba zwojów w uzwojeniu wtórnym

Transformator sieciowy jest przykładem transformacji jednej wartości napięcia zmiennego na inną, np. 230 V na 11 V. Moc przenoszona przez transformator ulega zmniejszeniu o wartość strat. Ponieważ moc jest iloczynem wartości napięcia i natężenia prądu, więc w przykładowym transformatorze, przy poborze 1 A po stronie wtórej, co najmniej 0,05 A będzie przepływać po stronie pierwotnej.

Transformator jest obliczany na pewną maksymalną moc, której nie wolno przekraczać. Oznacza to, że rezystancje uzwojeń muszą być wystarczająco niskie, aby nie dawały zbyt dużych spadków napięcia. Oznacza to także, że rdzeń transformatora musi mieć wystarczającą wielkość, aby nie był nasycany. Wielkość ta decyduje nie tylko o przenoszonej mocy, ale również o częstotliwości pracy. Ogólnie, im mniejsza częstotliwość przenoszona, tym większy rdzeń jest niezbędny.

Rdzeń nie może stanowić jednolitej masy, ponieważ prądy wirowe, które w takim przypadku powstają, powodują duże straty. W związku z tym używa się blach transformatorowych, które są układane w pakiet blaszek, wzajemnie od siebie odizolowanych. Są one często wycinane w formie liter E i I. Tworzą w ten sposób rdzeń EI, w którym uzwojenie umieszczone jest w środku, aby uzyskać możliwie duże pole magnetyczne.

W pewnych zastosowaniach strumień rozproszenia może być krytyczny. Dotyczy to np. wzmacniaczy Hi-Fi i urządzeń pomiarowych, w których pole indukują przydźwięk sieci. W takich wypadkach lepszym rozwiązaniem są transformatory o rdzeniu toroidalnym, ponieważ dają one bardzo małe rozproszenie. Właściwością rdzeni toroidalnych jest to, że prądy załączania są większe niż w transformatorach o rdzeniu EI. Przenoszą one również, w dużo większym stopniu, zakłócenia sieciowe. Rdzenie toroidalne używane są rzadko do mocy powyżej 500 VA.

Transformatorami pełnymi nazywamy transformatory z oddzielnymi uzwojeniami pierwotnymi i wtórnymi. Posiadają one galwaniczne oddzielenie wejścia i wyjścia.

Autotransformatory mają wspólne uzwojenie pierwotne i wtórne. Dlatego ten typ transformatorów nie posiada oddzielenia galwanicznego między wejściem i wyjściem, ale może być używany zarówno do transformacji napięć w górę jak i w dół. Ze względu na "ściste" sprzężenie między uzwojeniami i fakt, że uzwojenie zajmuje mniej miejsca, ten typ transformatora posiada mniejsze wymiary niż porównywalny transformator dwuuzwojeniowy.

Transformator regulacyjny jest najczęściej odmianą autotransformatora, gdzie odczep uzwojenia wtórnego jest ruchomy, tak że napięcie w tym uzwojeniu można zmieniać. Jest on bardzo praktyczny w zastosowaniach laboratoryjnych, gdzie chcemy badać, jak aparatura zachowuje się przy zmiennych napięciach zasilania. Transformator regulacyjny produkowany może być również w wersji dwuuzwojeniowej, czyli jako pełny transformator.

Transformator separujący jest transformatorem dwuuzwojeniowym, którego używa się do zasilania urządzeń napięciem odizolowanym od podstawowej sieci zasilającej. W laboratoriach pomiarowych stosuje się go np. tam, gdzie nie można używać uzziemionych wyjść sieciowych, ponieważ wtedy otrzyma się pętle uziemień, które mogą mieć wpływ na wynik pomiaru. Bieguny sieci mają, jak wiadomo, napięcie 230 V i 0 V w stosunku do ziemi. Uzwojenie wtórne transformatora separującego można pozostawić nieuziemione i w takim wypadku nie daje ono napięcia w stosunku do ziemi (napięcie wtórne pozostanie "pływające"). To pływające napięcie zmniejsza zasadniczo ryzyko dla osób pracujących w laboratorium. Transformator może być wyposażony w ekran pomiędzy stroną pierwotną a wtórną, aby zapobiec zakłóceniom przenoszonym pojemnościowo.

Transformator bezpieczny i pośredni do celów ochronnych winny być używane, aby ograniczyć ryzyko porażenia prądem w urządzeniach elektrycznych i przedmiotach powszechnego użytku. Transformatory te muszą mieć zapewnioną izolację pomiędzy stroną pierwotną a wtórną, a także ograniczone napięcie wyjściowe, które może wynosić 12, 24, 42 i 115V, w zależności od wymaganego zastosowania. Transformatorem bezpiecznym nazywamy taki transformator, który posiada tzw. bezpieczne, niskie napięcie pracy, najwyżej 50 V, transformator pośredni dla celów ochrony to taki, który dostarcza napięcia w zakresie pomiędzy 50 i 125 V.

Do zabawek powinno się używać tzw. transformatorów zabawkowych, które dają napięcie o wartości najwyżej 24 V i zapewniają bezpieczeństwo w przypadku nieostrożnej obsługi.

Transformator dzwonek, to transformator przeznaczony do dzwonek drzwiowych i podobnych zastosowań. Może on mieć wartość prądu zwarcowego najwyżej 10 A, aby uniknąć ewentualnego uszkodzenia przewodów dzwonek, które mogą przenosić tylko krótkotrwałe obciążenia.

Powyższe typy transformatorów, jak również transformatory do **golarek i lamp przenośnych**, muszą spełniać różne wymagania, które są wyspecyfikowane w międzynarodowych normach.

Transformatory małej częstotliwości (m.c.z., akustyczne) spełniają zadania, które różnią się zasadniczo od zadań transformatorów sieciowych. Używa się ich przede wszystkim nie w celu transformowania wartości napięcia, ale do transformacji impedancji. Używane są do dopasowania impedancji pomiędzy np. dwoma stopniami wzmacniacza lub też do dopasowania impedancji między wzmacniaczem a głośnikiem.

Przełożenie impedancji dokonuje się z kwadratem przekładni uzwojenia (przełożenia napięciowego), tzn. transformator z przełożeniem uzwojenia 10:1 ma przełożenie impedancji 100:1.

Transformatory małej częstotliwości do zastosowań Hi-Fi muszą przenosić cały zakres częstotliwości akustycznych 20 Hz do 20 kHz bez zmian w tłumieniu i bez większych przesunięć fazowych. Oznacza to w praktyce, że muszą one przenosić jeszcze szerszy zakres częstotliwości. Dlatego jest znacznie trudniej skonstruować i zbudować transformator małej częstotliwości, niż transformator sieciowy, który musi funkcjonować dobrze tylko przy jednej częstotliwości.

Transformator wyjściowy, akustyczny jest bardzo krytycznym elementem. Obecnie znowu stało się to aktualne w związku z tendencją do budowy wzmacniaczy Hi-Fi i innych przyrządów w oparciu o lampy elektronowe. Lampy winny być obciążane optymalną impedancją wynikającą z ich charakterystyk. Chodzi tu o impedancję rzędu wielu k Ω , która przy pomocy transformatora dopasowywana jest do niskiej impedancji głośnika. Ta wysoka impedancja oznacza wiele zwojów uzwojenia pierwotnego, posiadających określoną pojemność. W celu uniknięcia rezonansu, który przypada w pobliżu zakresu tonów słyszalnych, staramy się utrzymać tę pojemność na jak najniższym poziomie, poprzez nawijanie transformatora sekcjami: na przemian sekcje uzwojenia pierwotnego i wtórnego. Poprawia to również stopień sprzężenia między uzwojeniami. Czasami stosuje się specjalne stopy na rdzeń, aby straty były jak najniższe.

Transformatory małych częstotliwości używa się np. w mikrofonach, w przetwornikach gramofonowych z ruchomą cewką oraz na wejściach wzmacniaczy. Również tu istnieje wymaganie dużej szerokości pasma. Szczególnie ważne jest, aby transformator znajdujący się na początku łańcucha wzmacniającego był jak najlepiej ekranowany przeciwko polu wytwarzanemu przez sieć energetyczną. Bardzo efektywne ekranowanie dają tzw. mumetale.

Transformatory modemowe zapewniają galwaniczne odseparowanie modemu od sieci telefonicznej. Zbudowane są tak, aby spełniać normy stawiane przez przepisy telekomunikacyjne. Należy zwrócić uwagę, że normy te mogą znacznie różnić się w różnych krajach. W Szwecji wystarczy np. wytrzymałość napięciowa 2,5 kV, a w innych, np. w Wielkiej Brytanii i w Niemczech, wymaga się 4 kV.

Transformator częstotliwości pośrednich składa się z dwóch połączonych stopni rezonansowych. Jest on skonstruowany na pewne częstotliwości pracy np. 455 kHz (AM) lub 10,7 MHz (FM), które mogą być dostrójone przy pomocy ruchomych rdzeni. Przy AM, SSB i CW pożądane jest by pasmo było możliwie wąskie, tzn. by wartość Q była jak największą, podczas gdy transformatory dla radia FM powinny mieć szerokość pasma ok. 250 kHz, dla uniknięcia zniekształceń. W tunerach Hi-Fi wymagana jest najczęściej większa szerokość pasma, gdyż chcemy mieć jak najniższe zniekształcenia, podczas gdy w radiu samochodowym możemy tolerować większe zniekształcenia, dla uzyskania w zamian większej czułości i selektywności.

Transformator prądowy, zwany również **przekładnikiem prądowym**, stosuje się do pomiaru - za pośrednictwem pola magnetycznego - natężenia prądu płynącego przez przewód. Oznacza to, że obwód przepływu prądu nie musi być przerywany dla dokonania pomiaru. Transformatorów tych używa się np. w wyłącznikach różnicowo-prądowych.

Transformatory impulsowe używane są najczęściej w zasilaczach sieciowych i przetwornicach DC/DC. W agregatach impulsowych występują częstotliwości, które są znacznie większe niż częstotliwość występująca w sieci. Są one często na poziomie 100 kHz, a czasami nawet kilku MHz.

Ogniwa, baterie, akumulatory

Ogniwo jest urządzeniem, służącym do przetwarzania energii reakcji chemicznej na energię elektryczną. Dla utrzymania wyższych napięć łączy się ogniwa w baterie. Ogniwa dzieli się najczęściej na dwie grupy: *ogniwa pierwotne i wtórne*. Nazwy te są stare i wynikają z tego, że kiedyś ładowano ogniwo wtórne z ogniwa pierwotnego. Obecnie te drugie nazywamy akumulatorami.

Ogniwa pierwotne służą do jednorazowego użytku. Reakcja chemiczna, która wytwarza w nich energię elektryczną jest nieodwracalna.

Ogniwa wtórne mogą być rozładowywane i ponownie ładowane. Reakcja chemiczna, która w nich przebiega jest odwracana poprzez doprowadzenie prądu z zewnątrz. Ogniwa, używane do akumulowania (gromadzenia) energii, nazywamy akumulatorami lub ogniwami ładowalnymi.

Ogniwa pierwotne

Do tej grupy zalicza się np. ogniwa cynkowo-węglowe (braunsztynowe), alkaliczne, magnezowe, rtęciowe, srebrne i litowe.

Ogniwa cynkowo-węglowe są najczęściej spotykanymi. Biegun dodatni wykonany jest w postaci pręta węglowego, wokół którego umieszczony jest sproszkowany dwutlenek manganu (braunsztyt). Ujemnym biegunem jest cynk, uformowany w kształcie pojemnika. Między biegunami znajduje się kwaśny elektrolit, w skład którego wchodzi salmiak i chlorek cynku. Zewnętrzna strona cynkowego pojemnika pokryta jest szczelną osłoną zabezpieczającą przed wyciekami elektrolitu. Gdy kwaśny elektrolit wydostanie się na zewnątrz ogniwa, może zniszczyć gniazdo baterii, obwody drukowane lub elementy elektroniczne.

Nowe ogniwo ma napięcie 1,5 V, które spada w trakcie wyładowania. Pojemność ogniwa obniża się znacznie przy temperaturach poniżej 0°C.

Ogniwo alkaliczne ma elektrolit zasadowy, będący wodnym roztworem wodorotlenku potasu. Elektrody wykonane są następująco: biegun ujemny z tlenku cynku, biegun dodatni z dwutlenku manganu. Pojemność ogniwa alkalicznego jest wyższa niż w cynkowo-węglowych i wytrzymują one wyższy pobór prądu. Różnice w pojemności między ogniwami cynkowo-węglowymi i alkalicznymi są najwyższe przy dużym obciążeniu. Dlatego są szczególnie godne polecenia w małych magnetofonach typu "walkman", w przetwornicach lamp błyskowych, itd. Ogniwa alkaliczne pracują efektywnie w zakresie temperatur -30°C do +70°C.

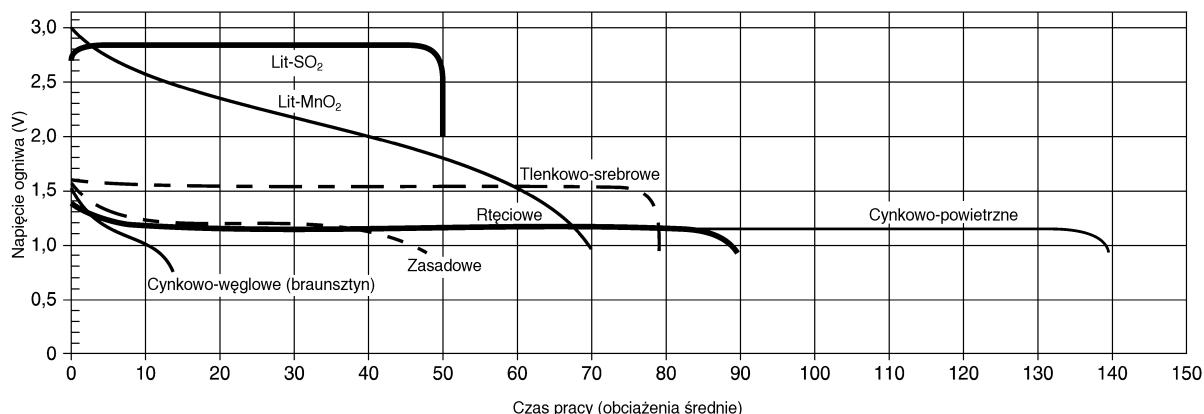
Ogniwo tlenkowo-srebrne posiada biegun ujemny z cynku, dodatni z tlenku srebra. Elektrolit jest alkaliczny. Największą zaletą jest fakt, że napięcie wyjściowe jest względnie stałe, o wartości 1,5V; po wyładowaniu ogniwa gwałtownie spada. Stosowane są przede wszystkim w kamerach, kalkulatorach i zegarkach. Istnieją ogniwa alkaliczne, skonstruowane z wykorzystaniem innych, tańszych rozwiązań, ale ich napięcie spada wraz z poborem prądu i dlatego nie mogą być używane w urządzeniach czułych na zmiany napięcia zasilania.

Ogniwo rtęciowe posiada biegun ujemny wykonany z cynku, biegun dodatni z rtęci, a elektrolit jest wodnym roztworem wodorotlenku potasu. Dają one 1,35 V (zdarza się 1,4 V) w zakresie użytecznym, po czym napięcie spada gwałtownie. Zakres zastosowania jest podobny jak ogniwa z tlenku srebra.

Ogniwo litowe występuje dzisiaj w wielu odmianach handlowych, do rozlicznych zastosowań. Katoda i elektrolit mogą być wykonane z różnych materiałów. Najczęstszym zakresem zastosowań są układy podtrzymujące pamięć, zegary, kamery, kalkulatory i urządzenia zabezpieczające przed włamaniem, gdzie najistotniejszym parametrem jest pojemność i niezawodność. Stosowane są również w urządzeniach narażonych na ciężkie warunki pracy, ze względu na ich zdolność do pracy w ekstremalnych temperaturach.

Nominalne napięcie ogniwa litowego wynosi 3 V, poza chlorkowo-jonowymi, które mają 3,6 V.

Obecnie znajdują się na rynku również ogniwa litowe ładowalne.



Porównanie ogniw typu pierwotnego (wg Duracell)

Cynkowo-powietrzne są trzecim typem ogniwa pierwotnego, którego budowa i zastosowane materiały są przyjazne dla środowiska. Nominalne napięcie wynosi 1,4 V. W ogniwie wykorzystuje się reakcję katalitycznego utleniania cynku tlenem atmosferycznym. Zamknięte fabrycznie ogniwo może być przechowywane aż do 4 lat. Po rozpakowaniu, musi być ono zużyte w ciągu 3-4 miesięcy, po czym jego zawartość nasycza się węglem. Napięcie wyjściowe w czasie cyklu wyładowywania wynosi 1,2 do 1,3 V. Gęstość energii w ogniwie jest bardzo wysoka, dwa razy wyższa niż w bateriach litowych.

Ogniwo cynkowo-powietrzne pracuje w zakresie temperatur w zakresie od -20°C do +60°C, ale możliwość poboru prądu zmniejsza się wraz ze spadkiem temperatury. Na pojemność ma również wpływ wilgotność względna powietrza i zawartość w nim dwutlenku węgla. Inną wadą ogniwa jest ograniczenie pobieranego prądu. Może to zakłócać pracę pewnych urządzeń, jak np. aparaty dla słabo słyszących, w których zastosowano układ przeciwsobny. Mimo tego, w większości wypadków ogniwo powietrzno-cynkowe może zastąpić ogniwo rtęciowe. Nadaje się ono również do pagerów i urządzeń telemetrycznych.

Akumulatory (ogniwa wtórne)

- Niewielki ciężar
- Długa żywotność
- Duża pojemność
- Łatwe ładowanie
- Duży prąd wyładowania
- Nie zanieczyszczanie środowiska
- Mała zależność od temperatury

Powyższe cechy powinny charakteryzować idealne źródło zasilania do urządzeń przenośnych. Wszyscy mamy kontakt z wyposażeniem elektronicznym, w którym znajdują się akumulatory. W jak najszerszym zakresie chcemy mieć możliwość swobodnego poruszania się z urządzeniami elektrycznymi, bez podłączeń do stałych instalacji. Dlatego istnieje duży, stale rosnący, asortyment akumulatorów o różnorodnych własnościach.

Zaprezentujemy najczęściej spotykane typy akumulatorów, ich własności i wymagania eksploatacyjne, zapewniające optymalne warunki pracy i maksymalny czas życia. Skoncentrujemy się na trzech typach, które występują najczęściej na rynku i są w powszechnym użyciu: ołowiowe, niklowo-kadmowe oraz nowy typ - akumulatory niklowo-metaliczno-wodorkowe (NiMH).

Akumulatory ołowiowe

Ogniwa wtórne, istnieją od roku 1860, kiedy Raymond Gaston Planté wynalazł akumulator ołowiowy, kwasowy. Ten typ stanowi dzisiaj ok. 60 % ogólnej ilości wszystkich akumulatorów znajdujących się w sprzedaży. Najczęściej akumulatory ołowiowe są najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem, ponieważ koszt jednej Ah pobieranego prądu, szczególnie dla większych akumulatorów, jest zdecydowanie najniższy. Charakterystyczna dla tego typu akumulatorów jest duża odporność na skrajne warunki zewnętrzne, duża ilość cykli ładowania i rozładowania. Akumulator ołowiowy jest zdecydowanie najlepszy jako źródło zasilania rozrusznika samochodowego, lub źródło mocy rezerwowej. Niestety elektrody wykonane są z ołowiu, co z jednej strony jest korzystne przy ładowaniu i rozładowaniu, ale oznacza to również duży ciężar. Wcześniej rynek był zdominowany przez akumulatory

ołowiowe otwarte, dziś z kolei, najczęściej spotykanym typem, są akumulatory bezobsługowe - hermetyczne lub z zaworem regulacyjnym, szczególnie jeśli chodzi o zastosowania przemysłowe. W dalszym opisie skoncentrujemy się na tym, nowszym typie akumulatorów.

W związku z powyższym powinniśmy wspomnieć o tym, że istnieje kilka typów akumulatorów ołowiowych z zaworami regulacyjnymi. Są to np. specjalne typy akumulatorów ołowiowych, gdzie elektrody są nawinięte spiralnie, z cienkim separatorem między nimi i cylindryczną obudową. Typy te mają bardzo niską rezystancję wewnętrzną, która umożliwia pobór bardzo dużych prądów w krótkim czasie.

Ładowanie

Akumulator ołowiowy ładuje się stałym napięciem, czyli ze zmieniającą się wartością prądu. Elektrody ołowiowe i elektrolit, składający się z kwasu siarkowego dają napięcie ogniwa 2 V. Ogniwa te łączy się najczęściej w baterie, składające się z 3 lub 6 ogniw. Jeżeli akumulator używany jest do pracy cyklicznej, tj. ładowanie i rozładowanie odbywa się na przemian, napięcie ładowania powinno wynosić 2,40-2,50 V/ogniwo, co oznacza 14,4-15,0 V dla akumulatora 12-woltowego. Często używa się akumulatorów ołowiowych jako źródła zasilania rezerwowego. Normalnie nie pobiera się z nich prądu, lecz są stale ładowane, by były w pełni sprawne w sytuacjach alarmowych. Jest to tzw. praca buforowa. Chodzi tu o zastosowania w UPS-ach, albo instalacjach alarmowych. Napięcie ładowania powinno być wtedy 2,25-2,30 V/ogniwo, czyli 13,5-13,8 V dla akumulatora 12-woltowego. Ładowarka powinna zapewniać optymalne warunki ładowania, tj. prąd ładowania przy pracy cyklicznej nie powinien przekraczać ok. 10% pojemności akumulatora (0,1 C), a przy pracy buforowej - ok. 5 % (0,05 C). Maksymalny prąd ładowania nie powinien nigdy przekroczyć 1/3 pojemności akumulatora ołowiowego.

Podczas ładowania przyrost napięcia akumulatora jest wskaźnikiem stopnia jego naładowania. Dlatego też zasilacz sieciowy ze stałym (stabilizowanym) napięciem może być używany jako automatyczna ładowarka. Docelową wartość napięcia akumulatora nastawia się w zasilaczu, przed rozpoczęciem ładowania. Z chwilą, gdy akumulator osiągnie stan pełnego naładowania, prąd ładowania spada do wartości kompensującej samoistne rozładowanie się. Jeżeli ładowanie jest kontynuowane, mimo całkowitego naładowania akumulatora, prąd będzie używany wyłącznie do tworzenia pary wodnej z wody w elektrolicie. Napięcie ogniwa wynosi wtedy 2,4 V. Stabilizowany zasilacz sieciowy charakteryzuje się małą wartością tętnień napięcia wyjściowego, co jest cenną zaletą w przypadku ładowania akumulatora bez odłączania go od czułej aparatury. W obwodzie ładowania powinien być wbudowany bezpiecznik, zapobiegający nagłemu, niekontrolowanemu poborowi z akumulatora dużego prądu w przypadku powstania zwarcia.

Rozładowanie

Największą zaletą akumulatora ołowiowego jest możliwość rozładowywania dużymi prądami w krótkim czasie. Normalnie akumulator ołowiowy z zaworem regulacyjnym może być krótkotrwale (< 5 sek.) obciążony prądem odpowiadającym 15-krotnej pojemności akumulatora. Maksymalny ciągły pobór prądu nie powinien przekraczać 3-krotnej pojemności.

Żywotność

Dla najczęściej spotykanych akumulatorów ołowiowych czas życia wynosi od 3 do 5 lat. Istnieją jednak typy, które mogą pracować nawet ponad 10 lat. Używa się ich przede wszystkim w telekomunikacji, w urządzeniach alarmowych i źródłach mocy rezerwowej. Lepszym sposobem mierzenia żywotności jest podanie ilości cykli, które przechodzi akumulator, zanim jego pojemność spadnie do 60 % wartości początkowej. Na liczbę tę duży wpływ ma sposób eksploatacji, tj. jaka część pojemności jest wykorzystywana przy każdym rozładowaniu (głębokość rozładowania). Wartością standardowa jest 500 cykli, kiedy wykorzystuje się 50 % pojemności przy każdym rozładowaniu.

Podsumowanie dotyczące akumulatorów ołowiowych

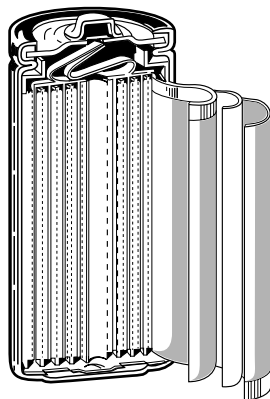
Ciężar jest wyraźnym minusem konstrukcji akumulatora ołowiowego. **Czas życia** jest różny w zależności od wykonania i sposobu eksploatacji, lecz może być uważany jako długi w stosunku do innych typów akumulatorów. **Pojemność** często porównuje się z ciężarem, co nie wypada dla nich korzystnie. Jednak produkcja akumulatorów ołowiowych o większych pojemnościach jest relatywnie prosta i tania. **Ładowanie** jest ich wyraźną zaletą, ponieważ jest bardzo łatwe i nie wymaga złożonych obwodów sterowniczo-kontrolnych. Niestety akumulator ołowiowy, nawet przy najlepszych chęciach, nie może być określony jako **korzystny dla środowiska**, ponieważ zawiera znaczne ilości niebezpiecznego dla środowiska ołowiu. Parametry akumulatora nie są w szczególności **zależne od temperatury** przy rozładowywaniu (choć niska temperatura zmniejsza pojemność akumulatora), natomiast ładowanie winno przebiegać w temperaturze pokojowej, w przeciwnym wypadku wartość napięcia ładowania musi być skorygowana w górę dla osiągnięcia pełnego naładowania.

Akumulatory niklowokadmowe

Pierwszy akumulator zasadowy NiFe (niklowo-żelazowy) został skonstruowany w roku 1899 przez Szweda o nazwisku Jungner. Dopiero w 1932 akumulator zasadowy otrzymał elektrody z niklu i kadmu, a w latach 60-tych zaczęto go produkować na skalę przemysłową. Dzisiaj akumulator NiCd jest bardzo popularny, szczególnie w urządzeniach elektronicznych powszechnego użytku.

Sukces wielu urządzeń bezprzewodowych jest związany z wykorzystaniem akumulatorów niklowo-kadmowych i ich dynamicznym rozwojem w ostatnich latach.

Akumulatory te charakteryzują się dużą gęstością zgromadzonej energii (ilość energii w stosunku do ciężaru), możliwością poborów dużych prądów, długim czasem życia i dużą ilością cykli ładowania i rozładowania. Zwykle używa się akumulatorów NiCd o pojemnościach od kilku mAh do 10 Ah. Wcześniej produkowano akumulatory w jednym wykonaniu, które miało pokryć wszystkie zakresy zastosowań, lecz obecnie



Przekrój ogniwa NiCd

wykonywane są w postaci wielu typów tak, aby można otrzymać jak najlepsze parametry dla danego zastosowania. Niektóre muszą mieć maksymalnie dużą pojemność, inne muszą być ładowane możliwie szybko, a jeszcze inne powinny pracować przy wysokich temperaturach otoczenia.

Ogniwo zbudowane jest z elektrody ujemnej z kadmu i dodatniej z niklu. Elektrolitem jest wodny roztwór wodorotlenku potasu. W celu zapobieżenia zwarcia, elektrody są przedzielone porowatym separatorem, wykonanym najczęściej z tworzywa sztucznego. W ogniwach cylindrycznych, w celu uzyskania możliwie dużej powierzchni elektrod (wysoka pojemność), nawija się je spiralnie, z możliwie najcieńszym separatorem (niska wewnętrzna rezystancja, a więc wysoki prąd rozładowania). Procesy elektrochemiczne w akumulatorze są tak dobrane, by powstające przy ładowaniu gazy (tlen powstaje poprzez elektrolizę wody) były pochłaniane. Naturalnie, wszystkie ogniwa są wyposażone w zawór bezpieczeństwa, który zapobiega tworzeniu nadciśnienia przy silnym przeładowaniu.

Ładowanie

Akumulatory niklowo-kadmowe ładuje się stałym prądem. Elektrody z niklu i kadmu, oraz elektrolit z wodorotlenku potasu dają napięcie ogniwa ok. 1,2 V. W czasie ładowania należy doprowadzić więcej energii niż otrzymuje się przy wyładowaniu. Przyjmuje się, że energia doprowadzana wynosi 140 % energii następnie odzyskiwanej, tzn. że współczynnik ładowania jest 1,4. Normalny prąd ładowania akumulatora NiCd wynosi 0,1 C w czasie 14-16 h. Ładowanie można określić zależnością:

$$I = C \times 1,4 / t$$

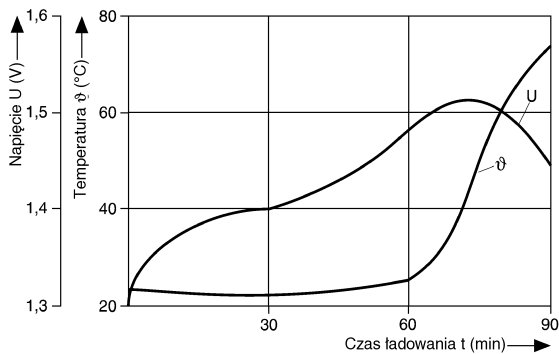
- I = Prąd ładowania w A
- C = Pojemność i Ah
- 1,4 = Współczynnik ładowania
- t = Czas ładowania w godzinach

Napięcie ogniwa w trakcie ładowania stopniowo rośnie, dochodząc do 1,45-1,5 V w końcowym etapie. Dla prądów ładowania poniżej 0,2 C nie ma potrzeby nadzoru nad procesem ładowania. Ładowanie powinno się odbywać w temperaturze pokojowej. Należy dokładnie sprawdzić polaryzację przy podłączeniu. Bateria NiCd ulega zniszczeniu przy nieprawidłowej polaryzacji zasilacza.

Ładowanie szybkie (0,5-1,5 C)

Akumulatory niklowo-kadmowe mają bardzo korzystną właściwość, polegającą na możliwości przyjęcia dużego ładunku w krótkim czasie. Im krótszy jest czas ładowania, tym ściślejsza musi być kontrola ładowania. Napięcie ogniwa NiCd w czasie ładowania sukcesywnie wzrasta, aby w końcowym etapie nieco zmaleć, gdy ogniwo w pełni jest naładowane. W tym czasie temperatura ogniwa silnie wzrasta. Nowoczesne ładowarki do szybkiego ładowania wykorzystują metodę $-\Delta V$ (minus delta V) tzn., że wykrywają one zmniejszenie się napięcia i przerywają ładowanie (spójrz na wykres powyżej). Należy unikać nadmiernego wzrostu temperatury ogniwa, gdyż skraca ona znacznie ich czas życia. Dlatego zaleca się używanie jako dodatkowego zabezpieczenia, wyłączników bimetalowych (samopowrotch). Temperatura ogniwa, po szybkim naładowaniu wynosi ok. 45°C. Wyłącznik bimetalowy powinien być włączony szeregowo w obwód ładowania i umieszczony na obudowie ładowanego ogniwa. Gdy temperatura przekroczy

45°C, ładowanie zostaje przerwane. Szybkie ładowanie $1C$ można również prowadzić przy użyciu wyłącznika czasowego, zgodnie z wcześniej podaną zależnością, lecz również wtedy należy stosować wyłącznik bimetalowy, w celu uniknięcia przegrzania ogniw.



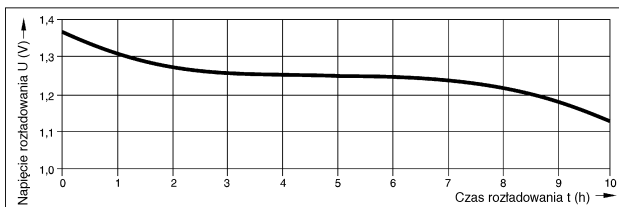
Szybkie ładowanie ogniw NiCd. Krzywe pokazują napięcie i temperaturę ogniw przy szybkim jego ładowaniu prądem 1,0 C w okresie ok. 90 minut. Krzywe wskazują, że akumulator po czasie 70 minut jest w pełni naładowany i osiąga temperaturę ok. 45°C.

Ładowanie podtrzymujące (buforowe)

Jest to metoda najczęściej stosowana dla ogniw wysokotemperaturowych i ogniw pastylkowych. Oznacza to, że akumulator jest stale ładowany, tak aby mógł być w każdej chwili wykorzystany przy zaniku napięcia, np. jako zasilanie rezerwowe komputera. Ogniw cylindryczne NiCd powinny być wówczas ładowane prądem 0,03-0,05 C, zaś ogniw pastylkowe 0,01 C. Prąd ładowania podtrzymującego ogniw cylindrycznego o pojemności 800 mAh powinien wynosić 24-40 mA.

Rozładowanie

Ogniwo NiCd znosi dobrze duże pobory prądu. Można je obciążać przez bardzo krótkie okresy prądem aż do 100 C. Przy rozładowaniu ciągłym, maksymalny pobór prądu nie powinien przekraczać 8-10 C w czasie 4-5 minut. Ogniwo NiCd charakteryzuje się również stałym napięciem (1,2 V) w czasie całego okresu rozładowywania. Za napięcie końcowe (gdy ogniwo jest wyladowane) przyjmuje się wartość 1,0 V. Wadą akumulatorów nikielowo-kadmowych jest duży prąd samorozładowania, ok. 1 % na dobę. Efektem tego jest niska sprawność przy ładowaniu podtrzymującym.



Napięcie rozładowania w funkcji czasu przy obciążeniu 0,1 C.

Żywotność

Najczęściej podawanym parametrem ogniw NiCd jest ilość cykli ładowania i rozładowania, który osiąga wartość 1000. Wartość ta zależy jednak w dużym stopniu od sposobu ich eksploatacji. Gdy następuje przeładowanie ogniw, o czym wspomniano wcześniej, rośnie jego temperatura wewnętrzna, przyspieszająca degradację materiałów składowych. Podobnie dzieje się przy silnym wyladowaniu. Gdy akumulator składający się z wielu ogniw jest rozładowywany, istniejące różnice

pojemności mogą spowodować, że niektóre ogniwa osiągną napięcie końcowe wcześniej przed innymi. To spowoduje, że część ogniw będzie nie w pełni naładowana, a część przeładowana, co w konsekwencji skróci czas życia całego akumulatora. Przy silnym rozładowaniu, kiedy napięcie ogniw spada aż do 0,2 V, zdarza się, że może wystąpić odwrócenie polaryzacji. Ogniwa NiCd mają optymalne warunki gdy są rozładowane do 1,0 V przed powtórным ładowaniem. W ten sposób unika się różnic pojemności poszczególnych ogniw i osiąga najlepsze funkcjonowanie akumulatora.

Podsumowanie wiadomości o akumulatorach nikielowo-kadmowych

Waga jest ich dużą zaletą, szczególnie jeżeli przeliczy się ją w stosunku do **pojemności**. **Czas życia**, a przede wszystkim podatność na pracę cykliczną, są dla tych akumulatorów bardzo dobre. **Ładowanie** wymaga ścisłego przestrzegania parametrów procesu, o ile chce się łądować szybko z dużym prądem, bez zmniejszenia czasu życia akumulatora. Warunek ten nie jest specjalnie kłopotliwy. Parametry ogniw NiCd są **zależne od temperatury**, ponieważ rezystancja wewnętrzna wzrasta ze spadkiem temperatury. Praca przy wysokiej temperaturze otoczenia jest możliwa, jeżeli używa się akumulatorów wykonanych specjalnie do tego celu. Stosuje się je np. w urządzeniach oświetlenia awaryjnego.

Akumulatory NiCd zawierają silnie szkodliwy kadm, którego stężenie należy w przyrodzie ograniczać. Obecnie nie ma całkowitej alternatywy dla tego typu akumulatora. Należy więc ściśle przestrzegać, aby wszystkie wyeksploatowane akumulatory NiCd były zwracane do recyklingu.

Akumulatory NiMH (nikielowo-metaliczno-wodorkowe)

Akumulatory NiMH znane są od połowy lat 70-tych. Dopiero jednak dziś opinia publiczna żąda bardziej przyjaznych dla środowiska zamienników akumulatorów NiCd i w związku z tym, producenci zaczęli prowadzić prace rozwojowe, szczególnie na potrzeby rynkowe. Tocząca się ostatnio dyskusja na temat ochrony środowiska, często dotyczyła szkodliwości działania akumulatorów NiCd i możliwości zastąpienia ich przez akumulatory NiMH. Faktycznie ten typ akumulatorów ma pewne zalety w stosunku do akumulatorów NiCd, ale również liczne wady. W wielu dzisiejszych urządzeniach elektronicznych będzie można zastąpić szkodliwe akumulatory NiCd, ale w wielu innych zastosowaniach, gdzie wykorzystuje się charakterystyczne ich własności, trzeba będzie jeszcze z tym poczekać.

W poniższym opisie chcemy przede wszystkim porównać akumulatory NiMH z NiCd, aby wykazać podobieństwa i różnice między nimi i wyraźnie podkreślić specyfikę akumulatorów NiMH, po to by móc korzystać z nich w możliwie długim czasie.

NiMH jest typem ogniw wtórnego (akumulatorem), który charakteryzuje się najwyższą gęstością energii z ogniw znajdujących się na rynku. Jest to największą zaletą akumulatora NiMH w porównaniu z NiCd. NiMH można używać we wszystkich standardowych zastosowaniach, np. w telefonach komórkowych, telefonach przenośnych, kamerach video, itp. gdzie większa pojemność umożliwia dłuższy czas pracy urządzenia. Ograniczeniem jest wyższa cena ogniw, która powinna jednak z czasem zmaleć, ponieważ materiały do ich produkcji nie są drogie.

Zasada działania ogniw opiera się na magazynowaniu gazowego wodoru w stopie metalu (wcześniej nazywano to ogniwo nikielowo-wodorkowe). Płytką nikielową stanowi elektrodę

dotadnią, a elektrodą ujemną jest specjalny stop metali ziem rzadkich, niklu, manganu, magnezu, aluminium i kobaltu. Żaden z producentów nie chce dzisiaj ujawnić jego składu procentowego, gdyż decyduje on o własnościach akumulatora. Separator wykonuje się z poliamidu lub polietylenu. Elektrolit jest zasadowy. Przy ładowaniu i rozładowywaniu wodor przemieszcza się między elektrodami. Zdolność pochłaniania wodoru przez stop decyduje o pojemności akumulatora. Największym problemem, który wymaga aktualnego rozwiązania jest to, że wzrost pojemności powoduje zmniejszenie szybkości reakcji fizyko-chemicznej procesów ładowania, co z kolei ogranicza prąd rozładowania i czas ładowania. Akumulatory NiMH, podobnie jak NiCd, wyposażone są w zawór bezpieczeństwa, który zapobiega powstawaniu nadmiernego ciśnienia w ogniwie.

Ładowanie

Akumulatory NiMH posiadają wyższą pojemność w proporcji do objętości niż NiCd. Oznacza to istnienie większej ilości aktywnej substancji w tej samej objętości. Substancje te mają więc mniejszą objętość do rozszerzania się w obudowie i spada szybkość reakcji fizyko-chemicznych. Następstwem tego NiMH muszą być ładowane wolniej niż NiCd, a proces ładowania wymaga dokładniejszej kontroli w celu uniknięcia przeładowania. Oba typy akumulatorów mają napięcie ogniwa 1,2 V. Ładowanie normalne odbywa się w taki sam sposób, to znaczy prądem ładowania o wartości ok. 0,1 C w czasie 14-16 godzin. Oznacza to, że również współczynnik ładowania, jest taki sam dla obu typów tj. 1,4. Podobnie również wzrasta napięcie ogniwa, by w końcowej fazie ładowania osiągnąć 1,45-1,5 V. Przy ładowaniu prądem o wartości $<0,2$ C nie trzeba żadnej kontroli ładowania, poza pomiarem czasu.

Ładowanie szybkie

O ile akumulator NiCd można było ładować szybko w czasie 15 minut, to minimalny czas ładowania dla NiMH wynosi ok. 1 godziny. Wzrost temperatury, gdy ogniwo jest bliskie naładowania następuje dużo szybciej w NiMH. Występujące przy tym obniżenie napięcia jest jednak znacznie mniejsze, dlatego dokładność układów kontrolnych wyczuwających jego spadek musi być wyższa. Przy szybkim ładowaniu akumulatorów NiMH, zaleca się używanie co najmniej dwóch systemów zabezpieczeń ($-\Delta V$, temperatura powierzchni $>45^{\circ}\text{C}$, timer). Należy tu podkreślić, że czas życia akumulatorów NiMH wyraźniej się skraca przy przegrzaniu ogniwa niż NiCd. Zaletą ogniwa NiMH jest, że nie podlegają "efektowi pamięciowemu". Jest to zjawisko, które czasami występuje w ogniwach NiCd, pracujących w układach, w których wykorzystuje się niewielką część pojemności. Gdy cykl niepełnego rozładowania i ładowania powtarza się, następuje zmniejszenie maksymalnej pojemności. Zjawisku temu można zapobiec przeprowadzając kilka (3-4) cykli pełnego rozładowania i ładowania.

Ładowanie podtrzymujące (buforowe)

Ten typ ładowania można zalecać jedynie dla akumulatorów NiMH, wykonanych w formie pastylkowej. W akumulatorach cylindrycznych oznacza to ładowanie ciągłe, co zawsze odbywa się kosztem żywotności. Dla ogniwa pastylkowego natomiast nie ma większych różnic w stosunku do NiCd.

Rozładowanie

Jak wspomniano wcześniej, aktywne materiały w ogniwie NiMH mają mniej miejsca na rozszerzanie się wewnątrz ogniwa. Powoduje to zmniejszenie aktywności reakcji. Jest więc naturalne, że również maksymalny prąd rozładowania jest niższy niż w ogniwach NiCd. Zwykle nie zaleca się prądów rozładowania większych od 3 do 5 C. Nie ma natomiast żadnej różnicy między końcowym napięciem dla obu typów, które wynosi ok. 1,0 V. Baterie NiMH mają wyższe prądy samorozładowania, ok. 1,5 % dziennie, w stosunku do 1,0 % dla NiCd. Wynika z tego, że czas przechowywania w pełni naładowanego akumulatora NiMH jest krótszy, niż odpowiednika typu NiCd.

Żywotność

Ponieważ NiMH jest stosunkowo nowym typem akumulatorów, brak jest długoletnich obserwacji pozwalających na określenie czasu życia. Według informacji dostarczanych przez producentów sprzedających swoje akumulatory w Szwecji, czas życia nie powinien być krótszy niż dla akumulatorów NiCd, tzn. ok. 1000 cykli. Należy zwrócić uwagę, że liczba ta dotyczy idealnych warunków, np. ładowania z 0,1 C w czasie 14 godzin i temperatury pokojowej przy każdym ładowaniu. Nie wzięto pod uwagę ewentualnego przeładowania, które może nastąpić i skrócić czas życia. Realna liczba cykli w normalnych warunkach eksploatacji wynosi prawdopodobnie ok. 500-800.

Podsumowanie wiadomości o akumulatorach NiMH

NiMH jest jedynym typem akumulatora, który nie zawiera metali ciężkich, zanieczyszczających otoczenie i dlatego jest znacznie **korzystniejszy dla środowiska** niż inne typy. Stosunek **ciężaru** do pojemności jest jego następną zaletą. Jest to również ogniwo o największej **gęstości energii**. **Czas życia** jest dobry przy pracy pełnymi cyklami ładowania i rozładowania, ale nie wypada korzystnie przy ładowaniu podtrzymującym. Nie dotyczy to jednak ogniwa pastylkowego, które mają własności takie same, jak ich odpowiedniki NiCd. **Ładowanie** wymaga bardziej precyzyjnej kontroli niż dla innych typów akumulatorów, o których była wcześniej mowa. Podobnie jak w akumulatorach NiCd, parametry ogniwa NiMH **zależą od temperatury**, dlatego powinna być bezwzględnie przestrzegana znamionowa temperatura pracy.

W niniejszym omówieniu wspomnieliśmy jedynie o podstawowych parametrach różnych typów akumulatorów. Ponieważ istnieją bardzo duże różnice między nimi, należy zawsze porównywać dane dotyczące ładowania i rozładowania z danymi podawanymi przez producenta.

Ogniwa i panele słoneczne

Ogniwa słoneczne przetwarzają światło na energię elektryczną. Ogniwa te mogą być produkowane z różnych pierwiastków, ale najczęściej używanym jest krzem.

Mówi się o ogniwach pojedynczych (monokrystalicznych), wielokrystalicznych (polikrystalicznych) i cienkowarstwowych (amorficznych). Różnica między ogniwem mono- a polikrystalicznym nie jest zbyt duża, właściwie chodzi o różnice w produkcji bazowego materiału ogniwa. Dzięki jednolitemu materiałowi, ogniwo monokrystaliczne ma nieco wyższą sprawność tzn. wytwarza nieco więcej energii na jednostkę powierzchni, niż ogniwo polikrystaliczne. Różnica jest jednak niewielka, 12–15 % dla monokrystalicznego i 10–14 % polikrystalicznego.

Zwykłe ogniwo słoneczne z krystalicznego krzemu o wymiarach 10 × 10 cm ma nominalne napięcie ok. 0,5 V. Przez połączenie szeregowo różnej ilości ogniw słonecznych można otrzymać tzw. baterie słoneczne. Ilość ogniw zależy od zastosowania i jak i ich jakości. Bateria słoneczna używana do ładowania baterii ołowiowych na naszej szerokości geograficznej powinna mieć co najmniej 30 ogniw monokrystalicznych lub 32 szt. typu wielokrystalicznego. Przy wzroście temperatury spada napięcie ogniwa, co oznacza, że może wystąpić potrzeba baterii o większej ilości ogniw (w przypadku wysokiej temperatury w miejscu zainstalowania).

Zwykła bateria składająca się z 30–32 ogniw ma maksymalną moc rzędu 40–45 W. Inne wielkości można otrzymać poprzez dołożenie większej ilości ogniw lub przez podział na mniejsze części. Jest to jednak dość drogie, gdyż wymaga dodatkowych zabiegów w procesie produkcji.

Technika cienkowarstwowa ma bardzo dużo zalet z punktu widzenia możliwości produkcyjnych, ponieważ można bardzo dokładnie określić charakterystykę poprzez ułożenie wzoru połączeń. Bateria cienkowarstwowa produkowana jest w ten sposób, że nakłada się cienką warstwę aktywnego materiału na specjalnie przygotowaną płytę szklaną. Następnie przy pomocy lasera wycina się ogniwa w pożądanych wielkościach i ilościach. Niestety sprawność tego typu ogniw jest znacznie niższa niż ogniw krystalicznych, ale do zastosowań o małym zużyciu prądu ten typ stał się bardzo powszechny np. kalkulatory. Standardowa bateria cienkowarstwowa do ładowania akumulatorów ma zazwyczaj moc ok. 10 W.

Baterii słonecznych używa się zazwyczaj do ładowania akumulatorów lub do bezpośredniego zasilania urządzeń np. pompy wodnej, wentylatora itp. Do ładowania akumulatora należy zbudować system złożony z jednego lub wielu paneli słonecznych i regulatora ładowania, tak aby dać maksymalny przebieg ładowania z zabezpieczeniem przed przeładowaniem lub zbyt głębokim rozładowaniem. Akumulatory mogą być różnych typów. Zwykły typ akumulatora samochodowego nie jest odpowiedni ze względu na to, że jest zdudowany tak aby oddawać dużo energii w ograniczonym okresie czasu, a nie do tego, żeby oddawać mniejsze ilości energii w dłuższym okresie czasu, co ma zazwyczaj miejsce w instalacjach słonecznych. Do tego celu nadają się akumulatory ogólnego przeznaczenia np. stosowane w układach podtrzymywania zasilania.

Baterie słoneczne powinny być montowane w ten sposób, aby były maksymalnie wystawione na działanie światła. Moc wyjściowa jest wprost proporcjonalna do ilości padającego światła. Kierunek ustawienia powinno się wybrać pomiędzy południowym wschodem a południowym zachodem w miejscu bez cienia. Panele krystaliczne są szczególnie czułe na zaciemnienie i nawet jeśli jedno ogniwa jest zaciemnione, traci się znaczą część energii. Półcień nie jest tak niebezpieczny jak całkowite zaciemnienie. Kąt ustawienia do słońca ma również znaczenie. W czasie półrocza zimowego jest bardzo ważne, aby panel był ustawiony pod kątem prostym do promieni słonecznych. Natomiast latem najlepszy jest kąt 30–45°. Bateria słoneczna produkuje również energię wówczas, gdy słońce jest za chmurami, oczywiście z mniejszym skutkiem. W słoneczny, letni dzień w Szwecji napromieniowanie wynosi aż do 1000 W/m² i w tym czasie można ładować akumulator maksymalnie prądem 3 A. W dzień pochmurny przy napromieniowaniu 200 W/m² prąd ładowania jest nie większy niż ok. 0,5 A.

Zasilacze sieciowe

Napięcie przemienne 230 V nadaje się doskonale do dystrybucji energii elektrycznej w budynkach, ale następnie musi być przetworzone na napięcie dostosowane do potrzeb zasilanych urządzeń. Istnieje wiele metod przetwarzania, mniej lub bardziej przydatnych w zależności od rodzaju zastosowania.

Najprostszy zasilacz sieciowy składa się z transformatora, prostownika i filtru wygładzającego. Straty w tych elementach, a także ładowanie i rozładowanie kondensatorów z powodu pulsacji prądu stałego, daje względnie wysoką impedancję wyjściową, która powoduje, że napięcie wyjściowe zmienia się znacznie wraz ze zmianą obciążenia. Ten typ zasilaczy występuje prawie wyłącznie w tzw. "eliminacjach baterii" do zastosowań, gdzie nie wymaga się dużej stałości napięcia.

W celu uniknięcia zmian wartości napięcia przy zmianach obciążenia, musimy je w jakiś sposób stabilizować, np. poprzez połączenie prostego zasilacza sieciowego, opisanego powyżej, z nieliniowym układem regulacyjnym. Najprostszą jego formą jest **regulator równoległy**, składający się z diody Zenera. Można go połączyć z wtórnikami emiterowymi, dzięki czemu możemy uzyskać wyższy prąd wyjściowy. Zastosowanie wtórników emiterowych powoduje również spadek rezystancji wyjściowej. Rozwiązanie to znajdujemy w eliminacjach baterii i w prostszych zasilaczach.

Lepszym sposobem jest zastosowanie **regulatorów szeregowych** ze sprzężeniem zwrotnym. Regulator taki może być zbudowany w ten sposób, aby dawał bardzo małe tętnienia przy niskiej impedancji wyjściowej. Cały regulowany prąd musi jednak przejść przez tranzystor szeregowy, w którym wydziela się duża moc strat, o ile prąd jest duży. Dlatego ten typ zasilaczy ma względnie niską sprawność. Rozwiązanie to nadaje się doskonale do zasilaczy laboratoryjnych.

W **zasilaczach impulsowych z przetwarzaniem po stronie wtórnej**, przełączany jest prąd. Przez zmianę szerokości impulsu, reguluje się ilość przekazywanej energii. Stosując sprzężenie zwrotne można w ten sposób regulować napięcie wyjściowe. Technika przełączania powoduje, że sprawność może być bardzo wysoka. W dalszym ciągu mówimy jednak o dość dużym urządzeniu, ze względu na duży transformator. Jego wielkość decyduje nie tylko o przenoszonej mocy, ale również o $d\phi/dt$.

Wymiary transformatora można zmniejszyć przez podwyższenie częstotliwości. W praktyce stosuje się częstotliwości przetwarzania rzędu 20-50 kHz, ale można spotkać wyższe, aż do 2 MHz. W tym wypadku przełącza się napięcie po stronie pierwotnej, i mówimy wówczas o **zasilaczu impulsowym z przetwarzaniem po stronie pierwotnej**.

Przetwarzanie impulsowe generuje zakłócenia i dlatego ważne jest, aby taki zasilacz wyposażać w skuteczne filtry na wejściu i wyjściu. Natomiast przetwarzanie rezonansowe, stara zasada, która ponownie coraz częściej znajduje zastosowanie, oznacza, że pracuje się z przebiegami zbliżonymi do sinusoid zamiast prostokątnych. Stawia to niższe wymagania dla filtrowania i ekranowania i często taki zasilacz daje mniejsze zakłócenia.

Przetwornice prądu stałego (DC/DC) przetwarzają, jak nazwa wskazuje, napięcie stałe o jednej wartości na napięcie stałe o innej wartości. Wchodzące napięcie stałe jest przełączane, transformowane na inne napięcie i stabilizowane poprzez

sprzężenie zwrotne przy pomocy regulacji liniowej. Takie przetwornice prądu stałego mogą mieć bardzo małe wymiary, tak aby można je było montować na płytkach drukowanych. Niektóre przetwornice prądu stałego, mają galwaniczną izolację między wejściem i wyjściem.

Zakłócenia

W sieci energetycznej istnieje bardzo duża liczba różnego typu zakłóceń elektrycznych, które mogą stwarzać problemy dla wrażliwych urządzeń elektronicznych. Zakłócenia pochodzą z zewnątrz, np. od wyładowań atmosferycznych, przełączeń w stacjach energetycznych, włączania i wyłączania kompensacji fazowej i przełączania w stacjach transformatorowych. Duża część zakłóceń pochodzi również od lokalnych użytkowników. Są to zakłócenia powodowane najczęściej przez windy, świetlówki, kopiarki, chłodziarki, sprężarki, itd. Nawet ekspres do kawy generuje zakłócenia w sieci elektrycznej. Zakłócenia powstają przede wszystkim przy włączaniu i wyłączaniu. Powstające zakłócenia mogą mieć formę stanów nieustalonych, impulsów napięciowych, zmian napięcia, zmian częstotliwości oraz zniekształceń.

W celu ochrony wrażliwych urządzeń elektronicznych przed tego typu zakłóceniami, stosuje się szereg różnych zabezpieczeń.

Filtry

Filtr przeciwzakłóceńowy jest najprostszą formą zabezpieczenia przeciwko nieustalonym stanom przejściowym i impulsom napięciowym. Filtr ma efekt tłumiący jedynie dla częstotliwości powyżej 50 kHz. Filtry takie nie zabezpieczają przeciwko wahaniom napięcia. Filtr zawiera zwykle warystory albo ochronniki typu "Comgap". Filtrują one w pewnym stopniu takie stany przejściowe, które mogą uszkodzić układy elektroniczne, ale zawsze istnieje ryzyko, że przytłumione zakłócenie jest w dalszym ciągu wystarczająco duże, aby uszkodzić niektóre, najbardziej wrażliwe elementy elektroniczne. Poza tym, filtry takie posiadają zazwyczaj wytrzymałość napięciową izolacji 600-1400 V, co oznacza, że jeżeli podłączy się je do instalacji energetycznej o wytrzymałości 4 kV, maleje wytrzymałość izolacyjna tego gniazdka, do którego filtr jest przyłączony. Dlatego istnieje ryzyko, że zakłócenia będą "przyciągane" właśnie do tego gniazdka.

Transformatory przeciwzakłóceńowe

Transformator taki tłumia zakłócenia od ok. 100Hz wzwyż, również zakłócenia o średnich częstotliwościach, tzw. dzwonięcia. Transformatory przeciwzakłóceńowe nadają się przede wszystkim do ochrony urządzeń komputerowych i wrażliwej elektroniki przeciwko stanom przejściowym, impulsom napięciowym i zakłóceniom związanym z uziemieniami. Transformator przeciwzakłóceńowy posiada odpowiednie ekranowania w celu przyjmowania i odprowadzania zakłóceń, poza tym posiada on zazwyczaj przerwę w uziemieniu między wejściem i wyjściem. Po stronie wyjścia istnieje tzw. nowe "uziemienie komputerowe". Bezpieczeństwo osobiste przy ewentualnym uszkodzeniu izolacji przyłączonego urządzenia można osiągnąć poprzez wbudowanie automatycznego wyłącznika różnicowo-prądowego. Zwykle transformator przeciwzakłóceńowy ma, podobnie jak instalacja sieciowa, wytrzymałość izolacji 4 kV.

Stabilizator magnetyczny

Stabilizator magnetyczny jest specjalnym typem transformatora, który pracuje na zasadzie ferorezonansu. Jego głównym zadaniem jest stabilizacja napięcia. Komputery zazwyczaj wyposażone są w zasilacze impulsowe, które dobrze znoszą wahania napięcia ok. $\pm 10-15\%$. Stabilizatory magnetyczne mogą regulować napięcie w bardzo szerokim zakresie. Stabilizator o wyjściowym napięciu znamionowym 230 V reguluje napięcie do tego poziomu, już od 135 V napięcia wejściowego. Ponadto zabezpiecza on przyłączone obciążenie przy przepięciach sieci, posiada również działanie filtrujące. Stabilizator magnetyczny ma na ogół oddzielne uziemienie i napięcie izolacji 4 kV.

Zasilacze awaryjne

Zasilacze awaryjne stosuje się, aby chronić komputery i inne wrażliwe urządzenia elektroniczne przeciwko nagłym zmianom napięcia, przebiegom nieustalonym i przerwom w dopływie prądu, które mogą mieć poważne konsekwencje. Systemy takie zawierają akumulatory, przetwornice, jak również obwody nadzorujące.

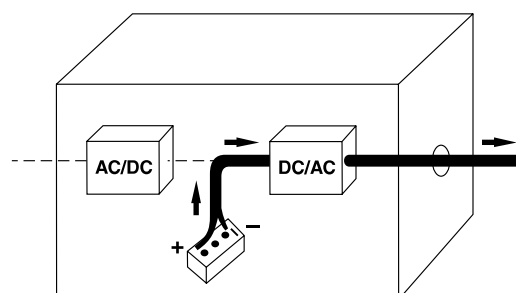
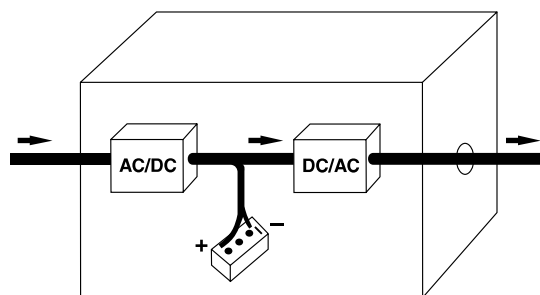
Urządzenia te na ogół działają według jednego z dwóch sposobów:

System On-line (UPS – Uninterruptable Power Supply)

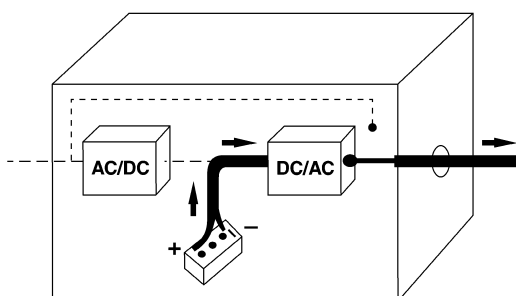
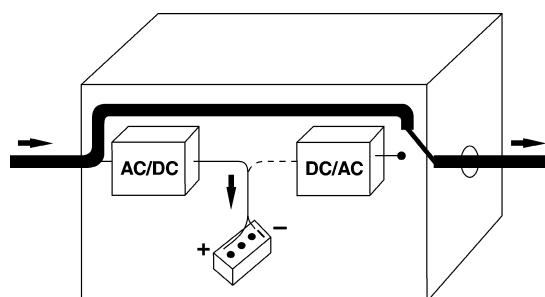
Napięcie sieci przetwarzane jest z 230 V napięcia zmiennego na napięcie stałe; odbywa się to przez układ będący połączeniem ładowarki z prostownikiem. Napięcie z prostownika ładuje buforowo akumulator ołowowy, a oprócz tego zasila przetwornicę napięcia, która z kolei zamienia napięcie stałe na 230 V napięcia zmiennego. Po zaniku napięcia, akumulator zasila przyłączone obciążenie, napięciem $230\text{ V}\sim$ przez określony przeciąg czasu, zwykle 10-20 minut. Czas przetwarzania jest zupełnie niezauważalny. Tego typu zasilacze zabezpieczają również przyłączone urządzenia przeciwko przebiegom nieustalonym, impulsom napięciowym, zmianom napięcia i częstotliwości. W celu dodatkowego powiększenia pewności działania, można system on-line wyposażać w wewnętrzne obejście (by-pass), które zostanie włączone przy silnym przeciążeniu lub też ewentualnym uszkodzeniu prostownika. W połączeniu obejściowym, przyłączone obciążenie zasilane jest bezpośrednio z sieci energetycznej.

System Off-line (SPS – Standby Power Supply)

Przy normalnej pracy, napięcie sieci jest przenoszone na wyjście jako nieregulowane, jednocześnie podładowywany jest buforowo wewnętrzny akumulator ołowowy. Kiedy przychodzące napięcie sieciowe spadnie poniżej pewnego poziomu (typowo 197 V), wówczas wyczuwający to obwód przełącza układ na zasilanie z akumulatora. To przełączenie może spowodować przerwę trwającą od 2-10 msek. System off-line ma w pewnym stopniu działanie tłumiące na przebiegi nieustalone, dzięki zastosowaniu wbudowanego filtra sieciowego. Czas zasilania rezerwowego w systemie off-line trwa zwykle 10-20 minut. Kształt przebiegu napięcia wyjściowego w czasie zasilania z baterii może być prostokątny lub sinusoidalny.



System zasilania rezerwowego "on-line". Akumulator jest stałym źródłem zasilania i jest ładowany podtrzymująco z sieci. W razie przerwy w dostawie prądu nie ma żadnej przerwy w zasilaniu.



System zasilania rezerwowego "off-line". Sieć jest stałym źródłem zasilania, a akumulator jest ładowany podtrzymująco. W razie przerwy w dostawie prądu następuje szybkie przełączenie na zasilanie z akumulatora - w ciągu 2-10 ms.

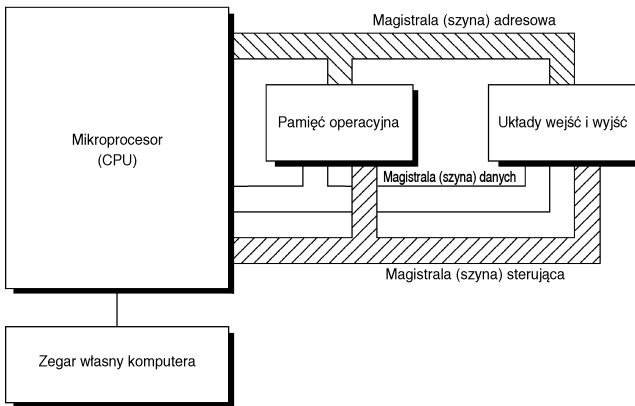
Historia

Komputer PC w dzisiejszym kształcie narodził się wraz z wprowadzeniem na rynek przez IBM komputera osobistego w 1981 roku. W notatce prasowej z 13 sierpnia czytamy, że "IBM przedstawił w Nowym Jorku komputer IBM 5150 PC". Dalej czytamy, że komputer wyposażony jest w procesor Intel 8088 z zegarem 4,77 MHz, posiada pamięć RAM o pojemności 64 kB, która może być rozszerzana do 256 kB, pamięć ROM ma pojemność 40 kB (BIOS), stacja dyskietek 5,25" o pojemności 160 kB, oraz, że komputer wyposażony jest w system operacyjny PC-DOS 1.0 z firmy Microsoft. Kompletny komputer z kolorową grafiką kosztował ok. 6000 USD.

Trzeba dodać, że już wcześniej szereg "mikrokomputerów" ujrzało światło dzienne. W styczniu 1982 roku Gregg Williams pisał w czopiśmie "BYTE":

"Jaki komputer ma kolorową grafikę taką jak Apple II, 80-znakowy monitor jak TRS-80 Model II, predefiniowany zestaw znaków jak Atari 800 i 16-bitowy mikroprocesor jak Texas Instruments TI99/4, z kompletną klawiaturą zawierającą małe i duże znaki? Odpowiedź: IBM PC".

Wiele osób czyniło porównania obrazujące postęp w rozwoju komputera PC w ciągu 20 lat w odniesieniu do samochodów, lub statków, a czemuż by nie uczynić porównania z parkingami? Otóż, przy takim tempie rozwoju dałoby się upakować wszystkie parkingi Sztokholmu, Geteborga i Malmö w jednym przeciętnym pokoju mieszkalnym. Procesor Intel IA-64 Itanium zawiera w sobie 42 miliony tranzystorów, podczas gdy procesor 8088 miał ich 25000. Procesor 8088 miał zdolność adresowania pamięci do 1 MB, natomiast Pentium II potrafi adresować pamięć do 64 GB, czyli 64000 razy większą.



Budowa mikrokomputera.

CPU - serce komputera

W jednostce centralnej mikrokomputera, czyli CPU (Central Processing Unit) odbywa się przetwarzanie danych binarnych poprzez poddawanie ich prostym operacjom logicznym. W procesorze wydzielona jest pewna liczba komórek pamięciowych zwana rejestrem. Większość procesów przebiegających w procesorze dokonuje się w rytmie narzuconym przez generator, zwany zegarem. Generator ten wytwarza impulsy zegarowe, np. 300 MHz, 1,8 GHz, lub więcej, w takt których przebiega praca procesora i przekaz informacji w magistralach.

Krótki przegląd najbardziej popularnych procesorów na płytach głównych komputerów, od narodzin PC w 1981 r. do dziś.

Nazwa procesora	Pro- ducent	Szybkość procesora MHz	Szyna MHz	Uwagi
8088	Intel	4,77	4,77	Pierwszy PC z IBM
V20	NEC	8 – 10	8 – 10	
8086	Intel	8	8	
V30	NEC	10 – 16	10 – 16	
80286	Intel	6 – 12	6 – 12	
386DX	Intel	16 – 33	16 – 33	
486DX	Intel	25 – 50	25 – 50	
486DX2	Intel	50 – 66	25 – 33	
486DX4 100	Intel	100	33	
486DX4 100	AMD	100	33	
586P75	AMD	133	33	
Pentium	Intel	60 – 150	60	
Pentium	Intel	66 – 200	66	
K5 Pxx	AMD	75/920/100/120	60	
686 Pxxx	Cyrix	120/133/150	66	
Pentium MMX	Intel	200/233/266	66	
Pentium Pro	Intel	150 – 200	66	
K6	AMD	166 – 300	66	
MII Pxxx	Cyrix	166/188	75	
MII	Cyrix	300 – 433	75	
Pentium II	Intel	233 – 450	66 – 100	Slot 1
Celeron	Intel	266 – 733	66	Slot 1/Socket 370/ FCPGA
K6-2	AMD	266 – 550	100	
K6-3	AMD	400/450	100	
Pentium III	Intel	450 – 1 GHz	100 – 133	Slot 1/Socket 370/ FCPGA
K7 Athlon	AMD	500 – 1,2 GHz	200	Slot A/Socket A
K7 Duron	AMD	600 – 800	200	Slot A/Socket A
K7 Thunderbird	AMD	800 – 1,1 GHz	200	Socket A
IA64 Itanium	Intel	1,5 GHz	400	

Struktura magistral

Magistrala jest zespołem przewodów spełniających w komputerze bardzo ważną funkcję. Mamy tu do czynienia z magistralą danych, magistralą adresową i magistralą sterującą.

Magistrala (szyna) danych rozprowadza dane pomiędzy poszczególnymi blokami komputera. Magistrale danych mogą mieć różne szerokości (odpowiada to ilości równoległych przewodów): 8, 16, 32, 64 bitów itd. Im większa jest szerokość magistrali, tym więcej informacji można przesyłać jednocześnie. Szerza magistrala daje większą szerokość pasma przenoszenia informacji, co ogólnie mówiąc zapewnia wyższą szybkość działania komputera. Zasadniczo jednostka centralna, czyli CPU zarządza przesyłem informacji w magistrali danych. Również inne jednostki mogą zarządzać przesyłem danych, czyli obejmować funkcję tzw. **Bus Master**. Realizowane jest to m.in. poprzez przetwarzanie typu **DMA** (Direct Memory Access), kiedy to najczęściej pamięć systemowa i któraś z jednostek peryferyjnych (np. twardy dysk pełniący chwilowo funkcję bus master) wymieniają informacje bez angażowania CPU.

Magistrala (szyna) adresowa jest drogą przekazywania informacji skąd i dokąd przetwarzane dane mają być przesyłane. Im więcej przewodów (linii) ma magistrala adresowa, tym więcej adresów jest dostępnych. Procesor mając do dyspozycji 32 linie adresowe może adresować 8 bitowy przekaz pamięci do 4 gigabajtów. ($2^{32} = 4 \text{ Gi}$)

$1 \text{ Ki} = 2^{10} = 1024$

$1 \text{ Mi} = 2^{10} \text{ Ki} = 1048576$

$1 \text{ Gi} = 2^{10} \text{ Mi} = 1073741824$

Magistrala (szyna) sterująca składa się z pewnej liczby przewodów, służących do przekazywania sygnałów sterujących. Tutaj ustalane są dokładne sekwencje czasowe, np. podczas zapisu do pamięci. Często nazywa się to zarządzaniem czasowym (ang. "timing"). Tą magistralą przesyłane są również informacje pomiędzy blokami komputera i sygnały o błędach.

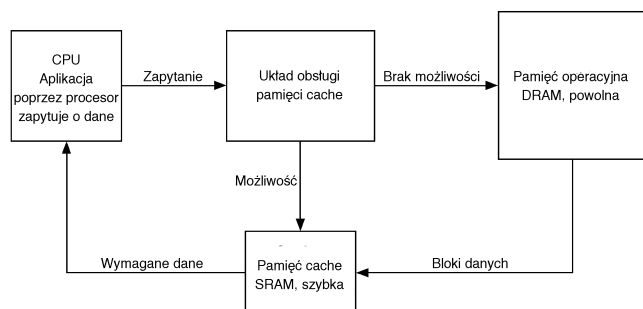
Pamięci chwilowe

Pamięć - biblioteka komputera

Komputer zawiera kilka różnych rodzajów pamięci. Mogą to być pamięci chwilowe, zwane ulotnymi albo nietrwałymi, wykorzystywane podczas wykonywania programów, oraz pamięci stałe, zwane nieulotnymi albo trwałymi, które mogą przechowywać informacje również wtedy, gdy komputer jest wyłączony.

Pamięci chwilowe są używane przez komputer tylko w czasie pracy. Przede wszystkim jest to pamięć operacyjna (najczęściej jakiegoś typu **DRAM**) w której znajduje się system operacyjny i wszystkie inne programy niezbędne do pracy komputera. System operacyjny (np. **DOS**, czyli Disk Operating System) jest zapisany w sposób trwały na dysku twardym, toteż przy każdym uruchomieniu komputera przepisuje się go automatycznie do pamięci operacyjnej. Jest to tzw. "bootowanie", od angielskiego zwrotu "pull oneself up by the bootstraps" ("podnosić się za paski przy butach"). Patrz **BOOT** i **BIOS** w słowniczku na końcu. Szybkość pamięci operacyjnej bywa wąskim gardłem, dlatego warto ją sprawdzić przy ocenianiu parametrów komputera.

Pamięć "cache" jest dodatkową małą szybką pamięcią podręczną, najczęściej typu **SDRAM**, usytuowaną jak najbliższą procesora. Często dane potrzebne w danym momencie pracy procesora znajdują się już w pamięci podręcznej, tak więc można je pobrać szybciej niż z pamięci operacyjnej. Pamięć cache zwykle jest dwuczęściowa: L1 (Level 1) - znajdująca się wewnątrz procesora, i L2 (Level 2) - na zewnątrz. Np. procesor AMD K7 ma 128 kB cache L1 i do 8 MB cache L2.



Pamięć Cache. Przewidywana kopia aktualnie potrzebnej informacji przechowywana jest w pamięci cache. Procesor zapisuje bądź czyta, z reguły szybką, pamięć cache i nie czeka na powolniejszy system pamięci.

Pamięci stałe

Pamięci stałe wykorzystywane są do przechowywania programów i danych nie używanych w danej chwili. Są to przede wszystkim dyski twarde, oraz dyski elastyczne, czyli dyskietki. Przechowują one duże ilości informacji również w stanie wyłączenia komputera. Szybki postęp w konstrukcji dysków twardych spowodował, że obecnie dyski o pojemności 100 GB są, można powiedzieć, standardem.

Techniki przechowywania informacji masowych

Najczęściej informacje masowe przechowuje się metodą magnetyczną na taśmach, dyskietkach, lub dyskach twardych, albo metodą optyczną na dyskach CD-ROM, lub DVD. Istnieje również technika mieszana, ale nie jest ona rozpowszechniona. Jeżeli chodzi natomiast o metodę elektryczną to do

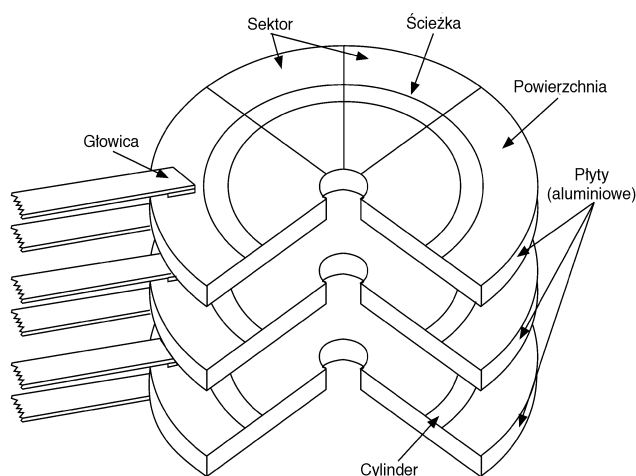
przechowywania informacji masowych używa się na ogół różnych wersji pamięci typu FLASH, np. CF (Compact Flash), MMC (Multi Media Card), Smart Media, czy też Sony Memory Stick. Pamięć flash, wykonana w technice AND może mieć pojemność kilkaset megabajtów.

Dyskietki czyli "floppy disks" są wykonane w postaci cienkich elastycznych krążków z tworzyw sztucznych. Plastikowa baza pokryta warstwą materiału wiążącego, wypełniona zawieszoną cząsteczkami magnetycznymi, umieszczona jest w płaskim futerale. Dane wpisuje się albo odczytuje za pomocą głowicy zapisująco-odczytującej, umieszczonej nad poszczególnymi ścieżkami wirującego krążka. Standardowa dyskietka ma pojemność 1,44 MB. Obecnie do rozpowszechniania programów zamiast dyskietki na ogół używa się płyt CD-ROM.

Dyski twarde (pamięci dyskowe, dyski sztywne) są najbardziej popularnym rodzajem pamięci trwałych. Współczesny dysk twardy może pomieścić do 100 GB. Pamięć dyskowa zwykle zbudowana jest z jednej lub kilku krążków aluminiowych. Są one starannie wypolerowane i pokryte bardzo cienką warstwą materiału magnetycznego. Na dysku twardym upakowanie informacji jest znacznie wyższe niż na dyskietce. Płyty wirują z prędkością do 10 000 obr//min, lub szybciej. Jedna lub kilka głowic unosi się na cienkiej poduszce powietrznej tuż nad powierzchnią magnetyczną dysku. Dzięki wykorzystaniu zaawansowanej techniki aerodynamicznej uniesienie głowicy wynosi zaledwie ułamek mikrometra (tzn. mniej niż setna część grubości włosa), a w związku z tym szerokość ścieżki magnetycznej może być bardzo mała.

Istnieją następujące standardy sterowników dysków twardych: ST-506 (bardzo stary), ESDI (starszy), IDE i SCSI. Standard IDE (Integrated Drive Electronics) został opracowany w latach 1986-87 przez firmy Compaq i Western Digital.

IDE wyróżnia się tym, że prawie cały układ sterujący dysku twardego umieszczony jest wewnątrz obudowy dysku, a nie na oddzielnej płycie. Dzięki temu ułatwiony jest dobór konfiguracji wewnętrznej komputerów. Obecnie istnieje udoskonalona wersja tego standardu, zwana E-IDE (Enhanced IDE), lub ATA (Advanced Technology Attachment). E-IDE jest znacznie szybszy od swego poprzednika. Może on obsługiwać większe dyski twarde, a takżeysterowywać inne urządzenia, jak pamięci taśmowe lub stacje CD-ROM. E-IDE jest dobrą alternatywą dla standardu SCSI w klasie komputerów tańszych.



Budowa dysku twardego

SCSI (Small Computer System Interface) ma bogatą historię w branży komputerowej. System ten, od dawna stosowany w komputerach Macintosh, obecnie spotykany jest także w komputerach klasy PC; w serwerach jest powszechnym standardem. SCSI jest standardem ogólnym, pasującym do wszelkich urządzeń peryferyjnych. Stosowany jest często do podłączania urządzeń archiwizujących (backup), takich jak np. pamięci taśmowe, a także różnych rodzajów stacji CD-ROM i DVD.

Standard SCSI może występować w wielu wersjach, różniących się szerokością magistrali, specyfikacją sygnałów, rodzajem transmisji, szybkością magistrali, jak również wymaganym stopniem "inteligencji" dołączanych urządzeń. W wyniku rozwoju standardu istnieje 7 generacji SCSI, z możliwością zdefiniowania standardu nawet 640 MB/s dla systemów wymagających większych szerokości pasma przesyłowego. Historyczny początek SCSI to obsługa małej magistrali z 50 wyprowadzeniami, będącej w stanie przekazać 1 bajt danych w jednostce czasowej. Nowsze wersje SCSI-2 i SCSI-3 przenoszą odpowiednio 2 lub 3 bajty równocześnie.

Standardy SCSI.

Generic name	SCSI-1	SCSI-2	SCSI-3	Fast-20 Ultra SCSI SE	Ultra2 SCSI	Ultra3 or Ultra160 SCSI	Ultra320 SCSI
Bus width	8-bit data bus		Wide 16- and 8-bit data bus		Wide 16-bit databus		
Bus speed Mbyte/s	5	10	20	40	80	160	320
Signal standard	Single ended and HVD (High Voltage Differential) SCSI				LVD (Low Voltage Differential) SCSI		

Pamięć magnetyczna taśmowa, inaczej strimer (ang. streamer), stosowana jest dla zabezpieczenia danych przed utratą, poprzez ich regularną archiwizację (backup). Konkuruje tu wiele standardów. Najczęściej spotykane to QIC, DAT i DTL. Pamięci taśmowe typu QIC (Quarter-Inch Cartridge) mogą posiadać pojemności od poniżej 100 MB, do ponad 10 GB. Urządzeń QIC, jak również mocniejszych i droższych 2-lub 4-mm DAT, przeważnie używa się do zabezpieczania pojedynczych komputerów. W sieciach, a także tam gdzie wymagana jest szybkość przekazu ponad 2 MB/s, stosuje się urządzenia DLT (Digital Linear Tape) o pojemnościach do 100 GB, i szybkościach do 6 MB/s. Urządzenia DLT charakteryzują się możliwością odczytu bezpośrednio po zapisie. Technika ta umożliwia kontrolę poprawności zapisu danych w trakcie rejestracji, dzięki czemu można wychwycić defekty taśmy magnetycznej i zwiększyć pewność archiwizacji.

Pamięci CD-ROM/CD-R/CD-RW/DVD, mające postać dysków optycznych, mogą pomieścić normalnie 650 lub 700 MB informacji. Na dolnej stronie dysku CD wytrawiona jest mozaika małych zagłębień, odczytywana następnie czytnikiem laserowym. Dyski CD-ROM są tanie w produkcji, zatem wygodne do dystrybucji zarówno programów jak i innych informacji.

Czytniki CD-ROM występują w różnych wykonaniach. Szybkość odczytu, wraz z rozwojem techniki, zmienia się od pierwotnych 150 kB/s (1x), do 40x i więcej. Dyski CD-R (zapis jednorazowy) i CD-RW (zapis wielokrotny) umożliwiają również zapis danych. Szybkość zapisu może osiągać ponad 2 MB/s. Dyski DVD (interpretuje się to jako skrót od Digital Video Disk lub Digital Versatile Disk, jakkolwiek brak jest oficjalnej wykładni) są to krążki o średnicy 6 cali, o pojemności 4,7/8,5/9,4 lub 17 GB.

Stosuje się tu przeważnie system kompresji sygnału wizyjnego MPEG-2, oraz Dolby Digital lub DTS (Digital Surround) do zapisu dźwięku. DVD używa się również do zapisywania masowych ilości informacji innego rodzaju, np. w branży wydawniczej.

ROM-BIOS/FLASH-BIOS

ROM jest skrótem od Read Only Memory, co znaczy "pamięć tylko do odczytu". BIOS w komputerach PC spełnia kilka ważnych funkcji. Zawarty jest tu program umożliwiający rozpoczęcie pracy komputera. Program ten, zwany "boot program" zawiera m. in. niewielki podprogram testowy kontrolujący poszczególne części komputera przy starcie, a także wczytuje z dysku program operacyjny do pamięci RAM. Często BIOS jest przechowywany w pamięci typu FLASH, dzięki czemu można go poddawać aktualizacji w sytuacji, gdy np. ma być dołączone do komputera nowe urządzenie.

Flash-ROM

Jest to rodzaj pamięci stałej kasowalnej elektrycznie. Dokładnie tak jak w innych pamięciach typu ROM zmagazynowana informacja zachowywana jest tu również po odłączeniu zasilania. Zawartość pamięci można łatwo zmieniać za pomocą specjalnego oprogramowania, dlatego znalazła ona szerokie zastosowanie jako pamięć programu w różnych urządzeniach peryferyjnych, jak np. stacje CD, czytniki laserowe, jako nośniki obrazu w kamerach cyfrowych itp. jak również jako pamięć BIOS w komputerach PC.

Urządzenia wejściowe i wyjściowe

Komputer bez możliwości komunikacji z urządzenie zupełnie bezużyteczne. Dlatego zawiera jednostki wejściowe do zbierania informacji, ich przetwarzania i sterowania. Urządzenia wyjściowe umożliwiają wskazanie i gromadzenie przetworzonych danych. Urządzenia wejściowe i wyjściowe podłączane są za pomocą interfejsu (karta dopasowująca) do magistrali rozszerzeń. Pomocą stałą możemy uważać jako urządzenie wejściowo-wyjściowe.

Magistrale rozszerzeń

Komputery PC wyposażone są w jedną lub wiele, magistrali rozszerzeń z gniazdami wtykowymi do kart, umożliwiającymi łatwą instalację dodatkowego wyposażenia, jak karty graficznej, karty sieciowej itp. Obecnie istnieje kilka różnych standardów dotyczących magistral rozszerzeń:

Magistrala ISA była najczęściej stosowaną, choć obecnie zastępuje się ją przez magistralę PCI. Była ona udoskonaloną wersją pierwszej magistrali komputera osobistego, stworzonego przez IBM w 1981 roku. ISA jest skrótem od Industry Standard Architecture, i często nazywana jest szyną AT, ponieważ po raz pierwszy była zastosowana w komputerze IBM AT w roku 1984. Z czasem parametry tej magistrali okazały się niewystarczające, opracowano więc nowe standardy jak PCI i AGP.

MCA (Micro Channel Architecture) jest magistralą rozszerzeń opracowaną przez IBM, wprowadzoną w 1987 roku.

EISA (Extended Industry Standard Architecture) była udoskonaleniem magistrali ISA i została wprowadzona w roku 1989.

Nubus jest nazwą dawnej, 32-bitowej magistrali rozszerzeń komputerów Apple.

VL-Bus poprzedniczka magistrali rozszerzeń PCI, często nazywana szyną lokalną (Local Bus).

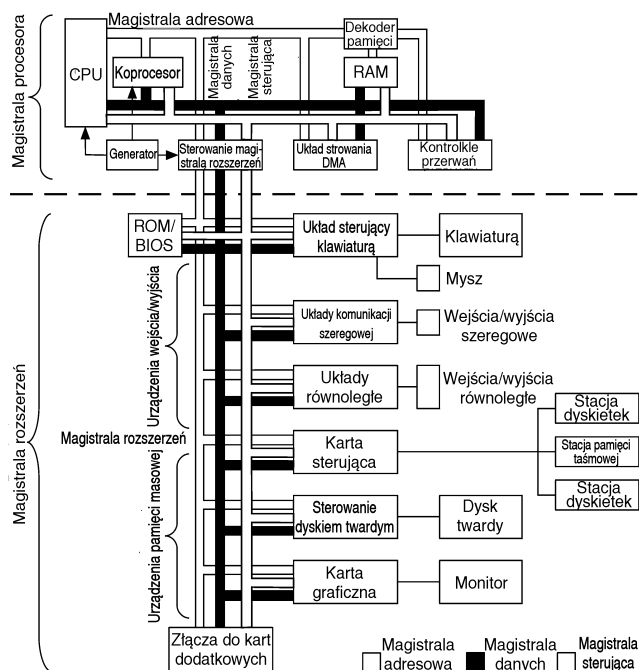
PCI (Peripheral Component Interconnect) jest szyną lokalną pochodzącą z Intelu, o przepustowości do 264 MB/s, którą można stosować również w technologii 3,3-woltowej. Dzisiaj jest standardem we wszystkich komputerach.

AGP (Accelerated Graphics Port) jest specjalnym portem monitorowym, umożliwiającym bezpośredni dostęp do pamięci, mogącym z łatwością obsługiwać obrazy o rozdzielczości 1024x768 punktów, przy wyświetlaniu 30 obrazów na sekundę. Został przedstawiony przez Intelu w 1996 r. i stosuje się go z oddzielnym gniazdem do karty graficznej. Wersja 1xAGP (AGP) ma przepustowość 264 MByte/s. Wersja 2xAGP (AGP 2x) przetwarza dane przy obu zboczach impulsu zegarowego i dzięki temu przepustowość wzrasta do 528 MByte/s. Wersja 4xAGP (AGP 4x) może przetwarzać do 1017 MByte/s.

PCMCIA jest zmodernizowanym i rozwiniętym standardem magistrali rozszerzeń ISA. Ma taką samą 8- lub 16-bitową szerokość. Standard ten jest stosowany przede wszystkim w komputerach przenośnych, dlatego złącze PCMCIA ma bardzo małe wymiary.

Urządzenia wejściowe i wyjściowe Magistrala procesora a magistrala rozszerzeń

Obecnie w mikrokomputerach magistrala procesora jest całkowicie oddzielona od magistrali rozszerzeń, patrz rysunek w tekście. Magistrala procesora jest znacznie "silniejsza" od magistrali rozszerzeń, zarówno jeżeli chodzi o częstotliwość zegara, jak i o szerokość szyny. Parametry magistrali rozszerzeń ograniczone są standardami (patrz wyżej), natomiast parametry magistrali procesora uzależnione są głównie od doboru samego procesora. Dzięki rozdzielności magistral możliwe jest maksymalne wykorzystanie parametrów procesora, przy zachowaniu kompatybilności z szybkością działania urządzeń dołączonych do magistrali rozszerzeń. Rozdzielenie ma również tę zaletę, że transmisja może być prowadzona jednocześnie w obu magistralach, niezależnie od siebie. Dopasowanie szerokości magistral i częstotliwości zegarów odbywa się w **kontrolerze magistral** (bus controller). Dla uzyskania lepszych parametrów podczas przekazywania danych pomiędzy magistralami należy zastosować buforowanie sygnałów z szyny danych i szyny adresowej.



System magistrali komputera PC z oddzieleniem magistrali procesora i rozszerzeń.

Urządzenia wejścia

Najbardziej powszechnym urządzeniem wejściowym jest **klawiatura**. Mysz, czyli **urządzenie wskazujące**, służy do wydawania poleceń oraz zaznaczania tekstów i obrazów na ekranie. Za pomocą **skanera** lub **kamery cyfrowej** można przetwarzać obrazy na format cyfrowy, umożliwiając obróbkę w komputerze. **Czytnik kodów kreskowych**, typu spotykanego w kasach sklepowych, może przybrać formę **czytnika piórowego**. Pobiera on informacje zapisane w kodzie kreskowym i przekazuje do komputera w formacie umożliwiającym odczyt i obróbkę. Kod kreskowy EAN (Article Numbering Code) jest obecnie powszechnym standardem znakowania prawie wszystkich rodzajów towarów. Z kolei do gier komputerowych służą różne **"joysticky"** i **"kierownice"**. Mogą być one wyposażone w mechaniczne sprzężenie zwrotne, co podnosi atrakcyjność gry. Zwykle joystick łączy się do specjalnego gniazdka, tzw. "game port".

Urządzenia wyjścia

Monitor ekranowy jest chyba najważniejszą częścią komputera. Monitor musi spełniać normę TCO 95, która zawiera wymagania dotyczące ergonomii i bezpieczeństwa użytkownika, a także wpływu na środowisko zewnętrzne. Urządzenie to musi więc być przygotowane do utylizacji wtórej. Oczywiście, zarówno komputer jak i sam monitor musi mieć tzw. funkcję gotowości (standby), która powoduje wyłączenie pełnego zasilania po określonym czasie bezczynności. Aspekty te są uwzględnione w urządzeniach spełniających zalecenia energetyczne EnergyStar (w Szwecji NUTEK). Monitory są wykonywane wg różnych technologii. W monitorach stacjonarnych nadal najczęściej używa się katodowych lamp obrazowych, jednak coraz częściej spotyka się różne rodzaje monitorów ciekłokrystalicznych TFT lub plazmowych, które prawie zupełnie nie emitują zakłóceń, zarówno magnetycznych jak elektrycznych. W komputerach przenośnych ekrany TFT są zdecydowanie dominujące. Na ogół komputer współpracuje z jakąś **drukarką** dołączoną bezpośrednio, lub poprzez sieć.

Standardy grafiki

MDA był standardem dla grafiki monochromatycznej, czyli jednokolorowej.

Hercules jest standardem graficznym monochromatycznym opracowanym przez niezależną firmę, który rozpowszechnił się w początku lat 1960. Cechy charakterystyczne grafiki Herculesa to dobra rozdzielczość przy niskiej cenie.

CGA był pierwszym standardem przeznaczonym dla komputerów PC. Maksymalna liczba punktów (pikseli) z których tworzony jest obraz na ekranie monitora, czyli rozdzielczość obrazu, wynosi tu 640x200.

EGA, wprowadzona w roku 1984, charakteryzuje się rozdzielczością 640x350 punktów, natomiast VGA pozwala uzyskać rozdzielczość do 640x480 punktów.

XGA jest standardem wprowadzonym przez IBM w 1987 roku, o maksymalnej rozdzielczości obrazu 1024x768.

Grafika o wysokiej rozdzielczości

Dość szybko zarówno EGA, jak i VGA rozwinęły się do wersji "super", o coraz wyższej rozdzielczości i większej liczbie kolorów. Obecnie karty graficzne i monitory o rozdzielczości 1024x768, oraz o liczbie kolorów co najmniej 256, są w powszechnym użyciu. Wspólną cechą wszystkich dzisiejszych kart jest posiadanie własnej pamięci ROM, oraz RAM o pojemności co najmniej 1 MB, a także własnego, specjalizowanego procesora graficznego obsługującego wyświetlanie obrazu, odciążającego procesor komputera.

Standardy grafiki.

Grafika	Rozdzielczość	Liczba kolorów
MDA	720 × 350 (tylko tekst)	monochromatyczny
Hercules	720 × 384	monochromatyczny
CGA	640 × 200	16
EGA	640 × 350	16
VGA	640 × 480	16
Wysokiej rozdzielczości	800 × 600 lub wyższa	16 lub więcej

Złącze kabla VGA

Złącze kabla PC—VGA typu HD D-Sub 15-bieg. męskie po stronie karty i monitora.

15-bieg. Styk nr	Nazwa sygnału	Opis	Kierunek
1	RED	R Czerwień (75 Ω, 0,7 V _{r-t})	>
2	GREEN	G Zielon (75 Ω, 0,7 V _{r-t})	>
3	BLUE	B Błękit (75 Ω, 0,7 V _{r-t})	>
4	ID2	Monitor ID bit 2	<
5	GND	Masa	—
6	RGND	Masa R	—
7	GGND	Masa G	—
8	BGND	Masa B	—
9	KEY	Klucz (nic nie dołączone)	—
10	SGND	Masa synchronizacji	—
11	ID0	Monitor ID Bit 0	<
12	ID1 or SDA	Monitor ID Bit 1	<
13	HSYNC or CSYNC	Synchr. pozioma (Composite Sync)	>
14	VSNC	Synchr. pionowa	>
15	ID3 or SCL	Monitor ID Bit 3	<

Złącza wejściowe i wyjściowe (porty)

Dołączanie urządzeń zewnętrznych odbywa się poprzez złącza zwane potocznie portami. **Złącze równoległe**, inaczej **złącze drukarki**, służy do transmisji danych po 8 równoległych przewodach równocześnie. Istnieje tu również pewna liczba przewodów służących do przesyłania sygnałów sterujących i meldunków o ewentualnych błędach z drukarki. Złącze

równoległe, oprócz współpracy z drukarką, może służyć do łączenia komputera z innym komputerem, do dołączania urządzeń pamięci zewnętrznych, tj. stacji dysków lub pamięci taśmowych, itd. Początkowo 8 styków sygnałowych złącza równoległego służyło jedynie jako wyjścia, czyli złącze było **jednokierunkowe** (ang. unidirectional). Tylko niektóre styki, przeznaczone do przyjmowania sygnałów z drukarki, były wejściami. Współczesne komputery PC wyposażone są zawsze w równoległe złącza **dwukierunkowe** (ang. bidirectional). Dalszą poprawę możliwości transmisyjnych złącza równoległego osiągnięto w standardzie **EPP** (Enhanced Paralell Port). Jest to standard sprzętowy, obsługiwany przez BIOS komputera.

W **złączu szeregowym** transmisja danych odbywa się tylko po jednym przewodzie, a więc w danej chwili może być przesyłany tylko jeden bit z szeregu. Dlatego port szeregowy jest znacznie wolniejszy od równoległego. Stosuje się go tam gdzie duża szybkość transmisji nie jest wymagana. Zwykle portu szeregowego używa się do dołączenia **modemu** obsługującego łączność z Internetem poprzez sieć telefoniczną. Najbardziej popularnym standardem dla złącz szeregowych w komputerach PC jest RS232. Port szeregowy obsługiwany jest przez układ UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter). Układ ten, występujący w wielu wariantach, w miarę rozwoju przybierał symbole 8250, 16450 i 16550. W dzisiejszych komputerach UART nie jest oddzielnym elementem, lecz wchodzi zwykle w skład tzw. chipsetu komputera. Bardziej zaawansowane układy UART wyposażone są w bufor umożliwiające osiągnięcie wyższych szybkości transmisji.

Sieci

Sieci komputerowe (LAN) opisane są w rozdziale Transmisja danych.

RISC i CISC

Właściwie należałoby dokładniej wyjaśnić na czym polegają koncepcje RISC i CISC. Jako, że pionierzy marketingowe poszczególnych firm w pewnym stopniu balansują pojęciami, by ośmielić się nawzajem prezentacją swoich produktów, jako posiadających osiągnięcia RISC (Reduced Instruction Set Computer), przedstawimy tutaj jak z perspektywy historycznej wyglądała droga do architektury RISC.

Dawniejsze komputery miały "architekturę akumulatorową", polegającą na tym, że w **akumulatorze** wykonywane były **operacje na danych** które były **przechowywane w rejestrach**, które z kolei były **ładowane** danymi z **pamięci** komputera.

Architektura pamięć-pamięć dawała możliwość pracy z rejestrem mogącym przyjmować zarówno adresy jak i dane, czyli z rejestrem ogólnego przeznaczenia. Dawało to możliwość bezpośredniego oddziaływania danych na przebieg realizacji programu.

Architektura stosowa dawała możliwość łatwego obchodzenia się z kompletnymi zadaniami rejestru i łatwego zapisywania m.in. komunikatów o stanie, a także zmieniania zadań ("task switch"). Jednak w dalszym ciągu architektura pamięć-pamięć była stosunkowo powolna. Załadowanie rejestru z pamięci zajmowało pewną ilość czasu. Oczywiście dokonywał się rozwój w kierunku zwiększania ilości rejestrów wewnętrznych, dzięki czemu wewnętrzne operacje CPU były szybsze. Następowo zredukowanie liczby operacji bezpośrednio w pamięci i zoptymalizowanie współpracy poszczególnych rejestrów. Wówczas Berkeley stworzył architekturę, którą nazwał RISC

(Reduced Instruction Set Computer, tj. "komputer o zredukowanej liście rozkazów"). Z tą chwilą narodziło się w sposób naturalny pojęcie CISC (Complex Instruction Set Computer, tj. "komputer z rozbudowaną listą rozkazów"), na określenie "tradycyjnych" starszych typów komputerów.

RISC charakteryzuje się tym, że każdy rozkaz składa się z jednego słowa. Wszystkie rozkazy mają jednakową długość i wykonywane są w pojedynczym cyklu. Komputer wykonuje rozkazy w trybie potokowym ("pipeline"), tylko w rejestrach lub pomiędzy nimi. Jedynymi operacjami pamięciowymi są wprowadzanie i zapamiętywanie (Load, Store). W komputerze RISC nie używa się żadnego mikrokodu, charakterystyczne jest również zastosowanie dużej liczby rejestrów, często 64 lub więcej.

CISC. Tu cel nadrzędny filozofii zawiera się w tym, by każda instrukcja języka wysokiego poziomu (C++, Perl, Basic) była reprezentowana pojedynczym rozkazem maszynowym. Słabym punktem jest to, że duża złożoność systemu pociąga za sobą zwiększanie rozmiarów struktury układu scalonego, co z kolei utrudnia zwiększanie częstotliwości zegara, a więc i polepszania osiągnięć komputera.

Przegląd znanych procesorów uwzględniający koncepcję ich budowy.

Architektura	4 bitowe	8 bitowe	16 bitowe	32 bitowe	64 bitowe
CISC			Z8000	Pentium-Pro	PowerPC
CISC	4040	Z-80	8086		
CISC		8080	68000	Z80000	
CISC	4004	8051	TMS9900	Pentium	
CISC		2650		80486	
CISC	Am2901	6800	80C166	68020	IA-64
CISC		650x		68040	Itanium
CISC		F8		29000	
CISC		1808		SH	Alpha
RISC				ARM	

Słownik podstawowych terminów z techniki komputerowej

10Base-2, cienki kabel koncentryczny typu RG58 zakończony złączem BNC, do sieci Ethernet.

10Base-5, gruby kabel koncentryczny typu RG58 zakończony złączem AUI, do sieci Ethernet.

10Base-F, kabel światłowodowy do sieci Ethernet.

10Base-T, "skrętka" kablowa zakończona złączem RJ45, do sieci Ethernet.

3270, protokół synchroniczny złącz do dużych komputerów.

AC-3, standard amerykańskiej firmy Dolby Digital, dotyczący zapisu dźwięku na płytach DVD.

ADPCM, Adaptive Delta Pulse Code Modulation. Metoda kompresji mająca zastosowanie głównie w zapisie cyfrowym dźwięku. Standard organizacji ITU do kodowania transmisji głosu.

ADSL, Asymmetrical Digital Subscriber Line. Technika asymetrycznego przesyłania danych po zwykłych, częściowo skręconych przewodach miedzianych.

AGP, Accelerated Graphics Port. Standard portu grafiki. Opracowany dla rozładowania wąskiego gardła występującego pomiędzy pamięcią komputera a kartą graficzną.

AMD, Advanced Micro Devices. Producent procesorów.

ANSI, American National Standards Institute. Amerykański urząd do spraw standaryzacji.

APM, (Advanced Power Management) wspólne opracowanie Microsoftu i Intelu dotyczące zarządzania zasilaniem komputerów, przede wszystkim przenośnych.

ARP, (Address Resolution Protocol) protokół konwersji adresów IP na adresy MAC.

ARPANET, (Advanced Research Projects Agency Network) sieć transmisji danych, poprzednik Internetu. Opracowana w 1957 roku w USA dla celów wojskowych sieć transmisji danych o dużej redundancji.

ASCII, American Standard Code of Information Interchange. Standard światowy zawierający kody wszystkich liter, cyfr i znaków interpunkcyjnych używanych w technice komputerowej.

ASP, Active Server Page. Kod wysyłany do użytkownika z serwera internetowego.

Polecenie AT. Polecenie zgodne ze standardem Hayes, używane do sterowania modemem, bezpośrednio bądź poprzez program komunikacyjny.

ATX, standard płyt głównych komputera o wymiarach 305x244 mm.

Baby AT, zmniejszona wersja standardu AT na płyty główne komputera. Utrzymuje wymiary starszego standardu 8,5x11 tum.

BASIC, Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code. Język programowania.

baud, jednostka szybkości modulacji, jest to liczba zmian sygnału w ciągu sekundy. Używana do wyrażania szybkości transmisji danych. Często błędnie określana jako liczba bitów na sekundę, czyli bps.

BBS, Bulletin Board System. Komputer do którego można dołączyć się modemem poprzez sieć telefoniczną, funkcjonujący na zasadzie tablicy ogłoszeń.

BIOS, Basic Input/Output System, jest częścią systemu operacyjnego przechowywaną w pamięci typu ROM lub FLASH.

bit, (Binary digIT). Najmniejsza porcja informacji dla komputerów. Może mieć wartość "1" lub "0".

boot, w żargonie komputerowym oznacza samoczynny proces początkowego ładowania systemu operacyjnego przy starcie komputera. Od angielskiego zwrotu "pull oneself up by the bootstraps" ("podnosić się za paski przy butach").

firewall, (ściana ogniowa), najczęściej zarówno sprzętowy jak i programowy system ochronny, zabraniający dostępu osobom nieupoważnionym do systemu komputerowego dołączonego do Internetu lub innej sieci komputerowej.

BRI, Basic Rate ISDN lub Basic Rate Interface. Interfejs systemu ISDN, z dwoma kanałami B (nośnymi) i kanałem D (przeznaczonym dla sygnałów sterujących).

BSA, (Business Software Alliance) stowarzyszenie producentów oprogramowania, związane w celu zwalczania nielegalnego kopiowania programów komputerowych.

BSD-Unix, wariant programu Unix rozpowszechniany przez Berkeley Software Distribution.

bugg, (insekt, pluskwa) błąd w programie. Wyrażenie powstało w początkach ery komputerowej po tym, gdy w jednym z obwodów pierwszego komputera ENIAC utkwili karaluch i spowodował zatrzymanie pracy programu.

magistrala, lub szyna, łączy do przesyłania danych, zgrupowanych wg logicznego związku, pomiędzy blokami komputera. Może występować jako magistrala (szyna) danych, lub magistrala (szyna) sygnałowa.

byte, tzw. słowo komputerowe składające się z 8 bitów.

BYTE, klasyczne czasopismo użytkowników PC (obecnie już nie wydawane), powstałe w latach siedemdziesiątych.

C, język programowania, opracowany w latach siedemdziesiątych przez Dennisa Ritchie na Digital PDP-11.

C++, rozwinięta wersja języka C stosująca "OOP", czyli programowanie zorientowane obiektowo.

cache, pamięć podręczna, notatnikowa. Szybka pamięć buforowa.

CAD, Computer Aided Design. Projektowanie wspomaganie komputerowo.

CAE, Computer Aided Engineering. Projektowanie inżynierskie wspomagane komputerowo.

CAM, Computer Aided Manufacturing. Produkcja wspomagana komputerowo.

CC, Carbon Copy. Kopia wiadomości w poczcie elektronicznej.

CCD, Charge-Coupled Device. Matryca światłoczuła do cyfrowych kamer i aparatów fotograficznych.

CCITT, Comité Consultatif Internationale de Télégraphie et Téléphonie. Organizacja ustalająca standardy dla telekomunikacji. Członek ITU-T.

CDMA, Code-Division Multiple Access.

CD-R, CD-Recordable. Płyty CD przeznaczone do jednokrotnego zapisu w nagrywkach.

CD-ROM, Compact Disc Read Only Memory, czyli dyskowa kompaktowa pamięć tylko do odczytu. Mieści ok. 700 MB danych.

CDRW, CD ReWritable. Płyty CD przeznaczone do wielokrotnego zapisu.

CORBA, Common Object Request Broker Architecture. Standard umożliwiający komunikację pomiędzy obiektami wprowadzonymi pomiędzy wieloma komputerami.

CPU, Central Processing Unit, główny procesor w komputerze. Obecnie często terminem tym obejmowany jest cały zespół głównych podzespołów, wraz z płytą główną, pamięcią operacyjną, twardym dyskiem i stacją dyskieta.

CRC, Cyclic Redundancy Check. Algorytm kontroli błędów.

DES, Data Encryption Standard. Standard szyfrowania danych.

DHCP, Dynamic Host Configuration Protocol. Protokół ustalający zasady automatycznego dynamicznego przydzielania adresów IP stacjom roboczym w sieci.

DIN, Deutsche Industrie Norm (niemiecka norma przemysłowa).

DMA, Direct Memory Access. Metoda bezpośredniego sterowania przepływem danych pomiędzy pamięcią i jednostką peryferyjną.

DNS, Domain Name Server. Baza danych z nazwami domen internetowych. Zmienia nazwę konta na adres IP w formie numerycznej i na odwrot.

DOS, Disk Operating System. System operacyjny.

DRAM, Dynamic Random Access Memory, pamięć służąca zarówno do zapisu i do odczytu.

DSP, Digital Signal Processor. Architektura komputera specjalnie zaprojektowana do szybkiego, często numerycznego, przetwarzania danych.

EAN, European Article Numbering. Popularny system kodów kreskowych odczytywanych przez czytniki ręczne i kasy elektroniczne.

ECC, Error Checking and Correction. Technika korekcji błędów.

ECDL, European Computer Driving Licence, czyli europejskie komputerowe prawo jazdy.

EDO, Extended Data Out, typ pamięci DRAM.

EEPROM, Electrically Erasable Programmable Read Only Memory.

EPP, Enhanced Parallel Port. Rozszerzony port równoległy.

EPS, Encapsulated PostScript, format importowania i eksportowania części grafiki postscriptowej.

Ethernet, popularny standard transmisji danych w sieciach komputerowych, przedstawiony przez firmę Xerox w 1976 roku.

Firewire, norma dołączania zewnętrznych jednostek do komputera. Właściwa nazwa IEEE 1394.

FORTRAN, FORmula TRANslation. Język programowania.

free BSD, bezpłatna wersja Unixa, podobna do Linuxa.

FTP, File Transfer Protocol. Program i protokół przesyłania i kopiowania plików przez Internet.

GIF, Graphical Interchange Format, lub Graphic Image File. Format zapisywania obrazów, często używany na stronach domowych w Internecie.

giga, G, przedrostek zwielokrotniający, w przypadku ilości danych oznaczający 1.073.741.824 bitów, względnie bajtów.

GNOME, GNU Network Object Model Environment, interfejs graficzny dla Linuxa

HAL 9000, komputer pokładowy w filmie "Odyseja kosmiczna 2001".

hub, po ang. "piasta", miejsce centralne w sieci, gdzie łączą się linie transmisji danych.

ICMP, Internet Control Message Protocol. Protokół internetowy, będący częścią protokołu IP.

IrDA, Infrared Data Association.

ISDN, Integrated Services Digital Network.

ISO, International Standards Organisation. Międzynarodowa organizacja normalizacyjna.

Java, język programowania opracowany przez firmę SUN, przystosowany do przesyłania kodów wykonywalnych w sieciach.

JPEG, Joint Photographic Experts Group. Standard cyfrowej kompresji obrazów. Niszczący dane, czyli usuwający dane z obrazu.

KDE, Kool Desktop Environment. Graficzny interfejs z jawnym kodem źródłowym dla systemu Linux/X11.

LAN, Local Area Network. Lokalna sieć komputerowa.

Linux, prawdopodobnie najszybciej rozwijający się dialekt Unixa.

adres MAC, adres sprzętowy w danej sieci Ethernet, unikalny dla każdego urządzenia.

modem, skrót od Modulator/Demodulator.

Prawo Moore'a. Zasada podana w 1965 roku przez Gordona Moore'a, założyciela firmy Intel, w której przewidział, że liczba tranzystorów w pojedynczej strukturze układu scalonego podwaja się co 18 miesięcy.

MPEG, Moving Picture Experts Group.

nerd, często "datanerd". Osoba o ponadprzeciętnym zainteresowaniu komputerami, i rzeczywiście kompetentna w zakresie komputerów, ale towarzysko niedoceniana, uważana za osobę niepoważną.

open-source, oznacza, że kod źródłowy danego programu jest jawny, czyli powszechnie dostępny.

PERL, Practical Extradiction and Report Language. Język używany często do pisania skryptów do zastosowań internetowych. Pierwotnie opracowany dla znajdowania informacji w plikach tekstowych. Podobny do języka C.

PGA, Pin Grid Array, typ obudowy układu scalonego z wyprowadzeniami po jednej stronie.

SCSI, Small Computer System Interface. Standard przesyłania danych pomiędzy urządzeniami wewnętrznymi komputera.

SIMM, Single In line Memory Module, rodzaj modułu pamięciowego.

TCP, Transmission Control Protocol. Protokół zarządzania transportem danych w komunikacji TCP/IP. Zapewnia przesłanie danych do właściwego punktu, zarządza kontrolą błędów i steruje przepływem danych.

TCP/IP, Transmission Control Protocol/Internet Protocol.

Protokół na którym bazuje Internet.

USB, Universal Serial Bus. System komunikacji szeregowej, który można porównać do ADB (Apple Desktop Bus), ale mocno związany z komputerami PC.

VT100, typ terminalu, który może być emulowany przez wiele programów emulacyjnych, tak by zachowywał się jak rzeczywisty terminal.

Transmisja danych

Krótko o transmisji danych

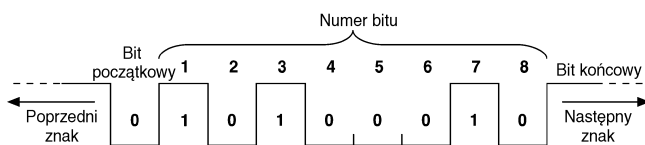
W świecie informatyki i telekomunikacji mamy do czynienia z przesyłaniem sygnałów elektrycznych na odległości kilku milimetrów w strukturze układu scalonego, kilkudziesięciu metrów w lokalnej sieci komputerowej, ale również na tysiące kilometrów w kablach podmorskich, czy też na miliony kilometrów w przestrzeni kosmicznej. We wszystkich tych przypadkach mamy do czynienia z transmisją danych, jednak występują tu znaczne różnice wymagań. Na krótkich odległościach w centrum zainteresowania jest czas narastania i opadania impulsu, oraz jego poziom, podczas gdy na większych dystansach najważniejszego znaczenia nabierają zakłócenia, takie jak szumy, zniekształcenia i tłumienie sygnału.

Łącze telekomunikacyjne jest drogą przebiegu informacji. Może to być np. fizyczne połączenie w formie przewodu miedzianego, ale również dobrze może to być elektromagnetyczny sygnał radiowy przekazywany pomiędzy dwoma punktami, jak i logiczne połączenie w sieci. Chociaż zawsze mamy tu do czynienia z nadawcą i odbiorcą, jednak najczęściej jest to komunikacja typu "rozsiewczego" (ang. "multicast"), tzn. jest jeden nadawca lecz wielu odbiorców (jak np. radio i telewizja).

Komunikacja między nadajnikiem a odbiornikiem odbywa się w następujący sposób: **simpleks** - jednokierunkowa (radio, TV, GP), **półdupleks** - dwustronna, raz w jedną raz w drugą stronę, oraz **pełny dupleks** - dwustronna (telefon), w rzeczywistości dwa równoległe kanały simplex.

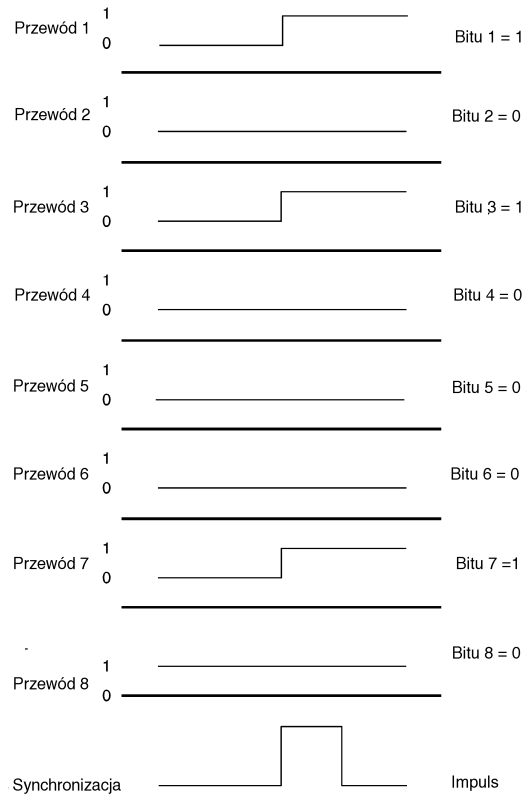
Szybkość przekazu danych i body

Szybkość przesyłania informacji dawniej mierzono w bodach, podczas gdy obecnie używa się raczej bitów na sekundę. Różnica polega na tym, że liczba bodów odpowiada liczbie zmian poziomu sygnału dokonujących się w ciągu sekundy. Tak więc, jeżeli mamy do czynienia z jedną zmianą sygnału na jeden bit, szybkość transmisji wyrażona w bodach jest równa szybkości wyrażonej w bitach na sekundę (bps). Jeżeli natomiast występują 2 zmiany na 1 bit (np. przy kodowaniu w systemie NRZ, Non-Return-to-Zero) szybkość bitowa będzie równa połowie szybkości bodowej. Może też występować sytuacja odwrotna, np. szybkość modemu V.32 wyrażona w bodach wynosi 2400, podczas gdy w liczbie bitów na sekundę jest to 9600 bps, jako, że każde "okienko bitowe" niesie 4 bity informacji, co uzyskano dzięki modulacji amplitudowo-fazowej sygnału.



Przesyłanie szeregowo znaku "E" w kodzie ASCII. 8 bitów. Bez parzystości. Bit 1 przesyłany jest jako pierwszy.

Innym sposobem zwiększenia szybkości jest użycie przekazu równoległego. Poniższy rysunek dotyczy przewodu 8-żyłowego i szybkości 8 razy prędkość symbolu.



Przekaz równoległy kodu ASCII "E"

Transmisja synchroniczna i asynchroniczna

W przypadku szeregowej transmisji informacji należy w jakiś sposób zaznaczyć początek i koniec przekazu. Dla przykładu, przy rozmowie telefonicznej na początku mamy sygnał dzwonka, a na koniec mówimy "Do widzenia" i odkładamy słuchawkę. W dziedzinie transmisji danych odpowiadałoby to bitom początkowemu (start) i końcowemu (stop) przy komunikacji asynchronicznej. Nie jest to potrzebne przy przekazie równoległym, ponieważ każdy bit jest rozpoznawany na specjalnym przewodzie.

Modem

Określenie MODEM pochodzi od słów MODulator/DEModulator. Zadaniem modemu jest dopasowanie sygnału do standardu transmisyjnego w sytuacji, gdy przesyłanie ma się odbywać poprzez łącze telefoniczne lub wydzielony kabel, niezależnie czy chodzi o łączność lokalną, międzymiastową, czy międzynarodową. Modem przetwarza sygnały komputerowe na sygnały akustyczne, nadające się do przesyłu przez sieć telefoniczną. Dołączone urządzenia określa się jako DTE (Data Terminal Equipment), jest to terminal lub komputer, i DCE (Data Communication Equipment), czyli modem.

Istnieje wiele typów modemów, np. modem stały i modem telefoniczny. W Europie do definiowania szybkości transmisji i sposobu przetwarzania stosuje się normy CCITT. Tzw. seria V definiuje standardy do użytku w publicznej sieci telefonicznej. Najbardziej popularne zestawione są w tabeli.

Standardy modemów dla publicznej sieci telefonicznej.

Standard ITU/CCITT	Prędkość odbiór/nadawanie bity na sek.	Uwagi
V.21	300	
V.22	1200	
V.22bis	2400	
V.23	1200/75, 75/122, 1200 półdupleks	
V.24		Standard połączenia monitora z systemem
V.26	2400	
V.26bis	2400 och 1200	
V.27	4800	
V.29	9600	Połączenie 4-żyłowe
V.32	Do 9600	
V.32bis	Do 14400	
V.32terbo	Do 19200	Lucent zastąpiony V.34
V.32terbo+	Do 21600	3Com (USR) zastąpiony V.34
V.33	14400	Połączenie 4-żyłowe
V.34	Do 33600	
V.90	Do 56000/33600	Zastępuje X2, K56Flex
V.92	Do 56000/47000	

Do zrealizowania łączności pomiędzy dwoma komputerami można użyć tzw. "modemu zerowego", tj. specjalnego kabla, poprzez który komputery komunikują się tak jakby były połączone przy pomocy modemów. W tabelach poniżej przedstawione są najczęściej spotykane sposoby połączenia komputerów PC poprzez porty szeregowo (dla złącz typu D-Sub, zarówno 9- jak i 25-stykowych).

Połączenie kabla modemu zerowego. Złącza: D-Sub 25 lub 9 bieg. Męskie do komputera.

Komputer 1		Kierunek	Komputer 2	
Bieg. nr	Nazwa sygnалу	sygnалу	Bieg. nr	Nazwa sygnалу
3 (2)	Received Data	<	2 (3)	Transmitted Data
2 (3)	Transmitted Data	>	3 (2)	Received Data
20 (4)	Data Terminal Ready	>	6+8 (6+1)	Data Set Ready + Carrier Detect
7 (5)	Signal Ground	-	7 (5)	Signal Ground
6+8 (6+1)	Data Set Ready + Carrier Detect	<	20 (4)	Data Terminal Ready
4 (7)	Request To Send	>	5 (8)	Clear To Send
5 (8)	Clear To Send	<	4 (7)	Request To Send

Połączenie kabla modemu. Złącza: D-Sub 25 lub 9 bieg. Męskie do komputera. D-Sub 25-bieg. żeńskie do modemu.

Komputer		Kierunek	Modem	
Bieg. nr	Nazwa sygnалу	sygnалу	Bieg. nr	Nazwa sygnалу
1 (-)	Shield	-	1	Shield
2 (3)	Transmitted Data	>	2	Transmitted Data
3 (2)	Received Data	<	3	Received Data
4 (7)	Request To Send	>	4	Request To Send
5 (8)	Clear To Send	<	5	Clear To Send
6 (6)	Data Set Ready	<	6	Data Set Ready
7 (5)	Signal Ground	-	7	System Ground
8 (1)	Carrier Detect	<	8	Carrier Detect
20 (4)	Data Terminal Ready	>	20	Data Terminal Ready
22 (9)	Ring Indicator	<	22	Ring Indicator

Sterowanie modemami podłączonymi do publicznej sieci telefonicznej

Istnieje kilka standardów sterowania modemami telefonicznymi. Najczęściej spotykane to zestaw poleceń AT z protokołu Hayes, oraz standard CCITT V.25bis. Z tych dwóch bardziej popularnym jest standard Hayes. Firma Hayes zdefiniowała polecenia sterujące z użyciem skrótu AT, pochodzącego od słowa angielskiego ATTENTION (UWAGA). Wszystkie polecenia zaczynają się od tych liter. Np. ATDT12345 oznacza: ATtention Dial **Tone**12345, czyli po polsku "uwaga wybierz **tonowo** nr 12345".

Korekta błędów i kompresja danych

Dla zmniejszenia ilości błędów, mogących pojawić się w czasie transmisji poprzez sieć telefoniczną, używa się protokołów bardziej złożonych, np. V.42 wg normy CCITT. W celu skrócenia czasu transmisji dużej ilości danych stosuje się w miarę możliwości kompresję danych.

Modemy stałe (lokalne)

Modemy stałe, albo inaczej modemy pasma podstawowego, nazywane są również wzmacniakami liniowymi (ang. line boosters). Używa się ich przy przesyłaniu danych na nieco dalsze odległości pomiędzy urządzeniami wykorzystującymi transmisję szeregową. Najczęściej używany interfejs V.24/RS232 można bez obawy zniekształceń wykorzystać do transmisji danych na odległość do ok. 15 m. Z zastosowaniem stałych modemów odległość pomiędzy komunikującymi się urządzeniami można zwiększyć do wielu kilometrów. Do transmisji danych często wykorzystuje się specjalne kable zbudowane z przewodów miedzianych skręconych parami, jak również kable koncentryczne oraz światłowodowe. Przy wykorzystaniu światłowodów dane można przesyłać na odległości setek kilometrów z szybkościami wielu gigabitów na sekundę.

Sieci LAN

W lokalnych sieciach komputerowych, jak również przy połączeniach do Internetu wykorzystuje się wiele różnych standardów transmisji danych. W sieciach lokalnych najczęściej używa się standardu Ethernet (IEEE 802.3), który scharakteryzowany jest jako CSMA/CD, czyli CS=Carrier Sense, MA=Multiple Access i CD=Collision Detect. Oznacza to, że wyczuwane jest czy kanał jest otwarty, umożliwiony jest dostęp do kanału przez większą liczbę użytkowników, i że nie dopuszcza się do kolizji, tzn. użytkownika kanału przez więcej niż jednego użytkownika naraz. Istnieje wiele odmian Ethernetu, o różnych szerokościach pasma przesyłowego: 10, 100 i 1000 Mbit/s. Zasięg transmisji do ok. 100 m.

ISDN

Integrated Services Digital Network, dosłownie - sieć cyfrowa zintegrowanych usług, oferowana jest obecnie w sieciach telefonicznych w miejsce tradycyjnych linii analogowych. Każde pojedyncze zakończenie u abonenta, czyli BRI-ISDN (Basic Rate Interface) zawiera 2 kanały B, umożliwiające szybkość transmisji 64 kilobity na sekundę, i jeden kanał kontrolny.

xDSL

Nowa technologia z liniami abonenckimi cyfrowymi (Digital Subscriber Lines) istnieje w wielu odmianach, ale najpopularniejszą jest ADSL (Asymmetric DSL). Umożliwia abonentowi usytuowanemu w promieniu ok. 3 km od centrali łączność z szybkością do kilku Mbit/s. Asymetria polega na tym, że szybkość odbierania i wysyłania są różne.

SYSTEMY POMIAROWE I STERUJĄCE

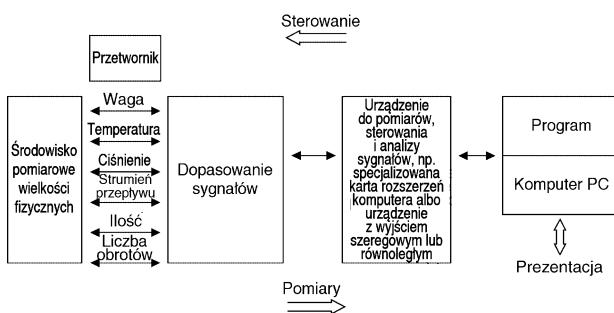
Pomiary wielkości fizycznych i sterowanie przebiegiem procesów są ważną dziedziną, m. in. w zastosowaniach przemysłowych. Do tego celu używano już od dawna tzw. *sterowników przekaźnikowych*, składających się z kombinacji przekaźników, układów czasowo-licznikowych i innych. Do obsługi bardziej skomplikowanych procesów używano w przeszłości drogich, specjalnych urządzeń, często pracujących wspólnie ze specjalnie skonstruowanymi komputerami. Rozwój techniki mikrokomputerowej umożliwił znaczne obniżenie kosztów urządzeń pomiarowych i sterujących. Są one, w porównaniu ze starszymi urządzeniami przekaźnikowymi, zarówno bardziej wszechstronne, jak też posiadają dużo lepsze parametry eksploatacyjne.

Dwa najczęściej spotykane systemy sterowników przemysłowych są oparte na mikroprocesorowych, programowalnych sterownikach logicznych (systemy PLC), albo na komputerach osobistych.

W systemach PLC (ang. Programmable Logical Controller, PLC, lub też Programmable Controller, PC) do opisu poszczególnych funkcji można używać symboli, które przypominają przekaźniki i styczniki. Umożliwia to programowanie sterowników PLC metodą, zwaną programowaniem schematu przekaźnikowego (językiem drabinkowym, ang. Ladder Diagram). Podobnie jak układy przekaźnikowe, sterowniki PLC posiadają wejścia i wyjścia binarne (ang. Input/Output, I/O). Do wejść dołącza się np. czujniki lub wyłączniki położenia krańcowych, przyciski, zaś do wyjść sterownika dołącza się np. zawory magnetyczne i lampy sygnałowe. Wewnętrzne moduły sterownika PLC, czyli przekaźniki czasowe, układy czasowo-licznikowe (liczniki, timery), itd., które znajdują się pomiędzy wejściami i wyjściami przekaźnikowymi, można porównać do mikrokomputera.

Systemy oparte na komputerze osobistym (PC), składają się z komputera osobistego i poszczególnych jednostek dopasowujących sygnały.

POMIARY I STEROWANIE ZA POMOCĄ KOMPUTERA



Schemat blokowy systemu pomiarowo-sterującego.

Problematykę pomiarów i sterowania można ogólnie podzielić na następujące dziedziny:

- Środowisko pomiarowe
- Czujniki i przetworniki
- Dopasowanie sygnałów
- Urządzenia do pomiarów, sterowania i analizy sygnałów
- Komputer osobisty
- Połączenie między komputerem a urządzeniami do pomiarów i sterowania
- Programy

Środowisko pomiarowe

Z uwagi na różnorodność mierzonych wielkości fizycznych i metod pomiaru, wykorzystuje się różne typy czujników i przetworników pomiarowych, o czym traktuje następny rozdział.

Środowisko przemysłowe stawia bardzo często wysokie wymagania na urządzenia pomiarowe. Maszyny elektryczne dużej mocy powodują znaczne zmiany napięcia w sieci, co może mieć wpływ na te urządzenia. Bardzo często występują zakłócenia elektromagnetyczne. Poza tym, środowisko często negatywnie oddziałuje na sprzęt komputerowy i utrudnia wykonywanie pracy osłudze operatorskiej. Jako przykład można tu wspomnieć ekstremalne temperatury lub też zmiany temperatur, wilgotność, kurz, zanieczyszczenia, czy wibracje. Takie warunki środowiskowe wymagają specjalnych dopasowań sprzętu, np. używania filtrów i specjalnych zawieszek, które tłumią wibracje.

Czujniki i przetworniki

Istnieją dwie grupy czujników pomiarowych (ang. transducers): takie, które wytwarzają cyfrowy sygnał wyjściowy i takie, których sygnał wyjściowy ma postać analogową. Przykładami czujników z *cyfrowymi sygnałami* wyjściowym są termostaty, różnego rodzaju czujniki krańcowe, jak również czujniki optyczne. Tego rodzaju czujniki mają tylko dwa stany wyjścia: 0 lub 1 i mogą być bezpośrednio dołączone do cyfrowego urządzenia pomiarowego. Urządzenia do pomiaru temperatury, strumienia przepływu, ciśnienia, wagi, liczby obrotów, itd., są przykładem *czujników analogowych*. Sygnał wyjściowy z czujnika analogowego zmienia się mniej lub bardziej liniowo wraz z wielkością mierzoną. Sygnały analogowe przed właściwym pomiarem mogą wymagać dopasowania.

Dopasowanie sygnałów

Na ogół sygnał wyjściowy z czujnika pomiarowego przed analizą i prezentacją w komputerze lub innym urządzeniu, musi być poddany tzw. dopasowaniu. Przykładowymi operacjami dopasowania sygnału są: wzmocnienie, tłumienie, filtracja, izolacja galwaniczna i linearyzacja. Zazwyczaj wzmocnienie sygnału realizuje się jak najbliżej czujnika pomiarowego. Wzmocniony sygnał wyjściowy czujnika jest wówczas mniej czuły na zakłócenia, co pozwala na używanie dłuższych doprowadzeń i przewodów między czujnikiem a pozostałymi elementami toru pomiarowego. Zbyt silne sygnały pomiarowe wymagają tłumienia. Poprzez filtrowanie można pozbyć się niepożądanych składowych harmonicznych sygnału. W środowisku przemysłowym z wysokimi napięciami, zakłóceniami i problemami z potencjałem ziemi, potrzebna jest często izolacja sygnału od pozostałych modułów elektronicznych toru pomiarowego. Do tego celu używa się często optoizolatorów, tj. zamkniętej w jednej obudowie pary, dioda elektroluminescencyjna-fototranzystor. Linearyzację stosuje się w celu kompensacji nieliniowej charakterystyki czujnika, np. temperatury.

Dopasowanie sygnału wymagane jest często również do sterowania procesami. Zamknięcie, np. zaworu może wymagać prądu 5 A przy napięciu przemiennym 220 V, podczas gdy z wyjścia cyfrowego PC, czy przetwornika analogowo-cyfrowego, uzyskuje się prądy i napięcia stałe o wartościach zaledwie rzędu 10 mA i 5 V.

Urządzenia do pomiarów, sterowania i analizy sygnałów

Istnieje duża liczba różnego rodzaju kart rozszerzeń, realizujących jedną lub wiele wbudowanych funkcji, wykorzystywanych w technice pomiarowo-kontrolnej:

- Przetworniki A/D, czyli analogowo-cyfrowe (wejścia analogowe),
- Dopasowanie sygnału, np. wzmocnienie,
- Przetworniki D/A, cyfrowo-analogowe (wyjścia analogowe),
- Wejścia i wyjścia cyfrowe,
- Przekazniki i styczniki,
- Liczniki lub timery (przekazniki czasowe, układy czasowo-licznikowe)
- Urządzenia do analizy danych.

Przetworniki analogowo-cyfrowe

Przetworniki analogowo-cyfrowe (ang. Analog-Digital Converters, ADC) wytwarzają sygnał cyfrowy, który jest wprost proporcjonalny do analogowego sygnału wejściowego. Im więcej bitów rozdzielczości ma taki przetwornik, tym bardziej dokładnie jest reprezentowany wejściowy sygnał analogowy. Przetwornik 8-bitowy może rozróżnić 2 do potęgi 8, tj. 256 różnych poziomów sygnału analogowego. W tym przypadku tzw. błąd rozdzielczości będzie wynosił $1/256$, tzn. mniej niż 0,5% maksymalnego dla danego przetwornika sygnału wejściowego (tzw. REF). W typowych zastosowaniach najczęściej spotykane są 12-bitowe przetworniki analogowo-cyfrowe. Przetworniki o zbyt wysokiej rozdzielczości są kosztowne i posiadają również dłuższe czasy przetwarzania sygnału.

Karta akwizycji danych, posiadająca jeden przetwornik analogowo-cyfrowy, jest na ogół przeznaczona do obsługi wielu niezależnych od siebie kanałów pomiarowych. Sygnały analogowe z poszczególnych kanałów są kolejno wybierane przez multiplexer i podawane na wejście przetwornika. Efektywna częstotliwość próbkowania pojedynczego sygnału zmniejsza się zatem w odpowiednim stopniu. Jeżeli karta ma np. częstotliwość próbkowania 32 000 próbek/sekundę (32 kHz) i używa się jednocześnie 8 kanałów wejściowych, to każdy z kanałów jest próbkowany z częstotliwością co najwyżej 4 kHz. *Twierdzenie Nyquista o próbkowaniu* mówi, że próbkowanie musi się odbywać z częstotliwością co najmniej dwukrotnie wyższą od największej częstotliwości składowej mierzonego sygnału. Jeżeli więc chcemy mierzyć napięcie przemienne o częstotliwości 10 kHz, musimy je próbkować z częstotliwością co najmniej 20 kHz.

Przetworniki mogą posiadać wejścia asymetryczne (ang. single-ended) lub różnicowe. Wejścia różnicowe są mniej wrażliwe na zakłócenia i dlatego używa się ich w środowiskach narażonych na silne zakłócenia, przy długich kablach, łączących czujniki pomiarowe z przetwornikami analogowo-cyfrowymi, lub przy niskim poziomie sygnału wejściowego. *Błędy* przetworników analogowo-cyfrowych, jak np. błędy nieliniowości czy wzmocnienia, można eliminować za pomocą odpowiednich urządzeń albo odpowiednich programów. Wiele kart zawiera układy umożliwiające zmiany *wzmocnienia, tłumienia i filtracji* sygnałów wejściowych. Właściwości te dają możliwość elastycznego użycia karty w różnych zastosowaniach. Wiele kart oferuje ponadto możliwość wyboru różnego wzmocnienia w każdym z kanałów, co zwiększa efektywność wykorzystania wysokiej rozdzielczości przetworników analogowo-cyfrowych.

Przetworniki cyfrowo-analogowe

Przetwarzanie sygnału cyfrowego na analogowy oznacza, że wejściowy sygnał cyfrowy zamienia się na odpowiedni analogowy sygnał napięciowy lub prądowy. Specyfikacje przetwornika cyfrowo-analogowego zawierają informacje o *rozdzielczości* (tj. liczbie bitów słowa wejściowego, utożsamianej z dokładnością analogowego sygnału wyjściowego), czasie ustalania (ang. setting time), jak również maksymalnej szybkości narastania sygnału wyjściowego (ang. slew rate).

Wejścia i wyjścia cyfrowe

Wejścia cyfrowe są wykorzystywane do odczytu stanu (statusu) czujników cyfrowych, np. czujników położenia i termostatów. Wyjścia cyfrowe są używane do bezpośredniego sterowania, np. zaworów i przekazników. Dane techniczne wejść lub wyjść cyfrowych zawierają liczbę kanałów, maksymalny prąd pracy i prędkość, z jaką mogą być przyjmowane lub wysyłane dane.

Przekazniki i styczniki

Przekazniki i styczniki są używane do bezpośredniego sterowania urządzeń zewnętrznych. Można w ten sposób uzyskiwać większą moc sterującą, niż przy bezpośrednim wykorzystaniu wyjścia cyfrowego. Przekazniki mogą być typu elektromagnetycznego lub półprzewodnikowego. Specjalizowana karta zawiera najczęściej większą (od kilku do kilkunastu) liczbę przekazników.

Liczniki i timery (przekazniki czasowe)

Liczniki i timery (układy czasowo-licznikowe) są używane w celu zliczania liczby zjawisk dyskretnych, pomiaru przedziału czasu pomiędzy impulsami, lub też do generacji impulsów prostokątnych. Ważnymi cechami układów jest liczba bitów licznika, która ma bezpośredni wpływ na wielkość zliczanych liczb, a także częstotliwość zegara (podstawy czasu). Niektóre liczniki posiadają wiele *kanatów*

Urządzenia do analizy danych

Duża szybkość dzisiejszych komputerów osobistych umożliwia na ogół dokonywanie większości obliczeń analitycznych za pomocą jednostki centralnej (procesora) komputera. Jednakże w niektórych aplikacjach o bardzo wysokich wymaganiach, szybkość centralnego procesora jest niewystarczająca do przetwarzania sygnału na bieżąco. Tzw. "wąskim gardłem" może być również transmisja sygnału między urządzeniem pomiarowym i komputerem. Z tego względu niektóre urządzenia posiadają własne, wydzielone moduły przeznaczone do analizy i przetwarzania danych. Zwykle używa się układów cyfrowego przetwarzania sygnałów (ang. Digital Signal Processor, DSP), o bardzo wysokich szybkościach obróbki danych. W celu wyrównania ewentualnych różnic szybkości oraz uniezależnienia od siebie procesów zbierania i przetwarzania danych, stosuje się podwójne buforowanie.

PC -komputer osobisty

Komputer osobisty, sterujący systemem pomiarowo-kontrolnym, decyduje o generalnej prędkości procesu. Nawet jeśli karta, za pomocą której zbiera się dane pomiarowe, ma bardzo wysoką szybkość akwizycji, to również komputer osobisty musi dostatecznie szybko przyjmować te dane, analizować je i prezentować operatorowi. Używane do tych zastosowań programy mogą stawiać różnego rodzaju wysokie wymagania na szybkość i inne charakterystyki komputera osobistego. W zastosowaniach, gdzie kilka razy na sekundę dokonuje się prostych pomiarów, wystarczy tani i prosty PC. Natomiast system do pomiaru i przetwarzania sygnałów o wysokiej częstotliwości w czasie rzeczywistym wymaga prawdopodobnie procesora 32-bitowego (bądź o większej długości słowa), koprocesora matematycznego lub sygnałowego, dobrej architektury pamięci i szybkich pamięci masowych (np. dysków twardych).

Przemysłowe komputery klasy PC

W przemyśle używa się często specjalnie zbudowanych komputerów osobistych o konstrukcji modułowej, umieszczonych w konstrukcji ramowej. Takie komputery są o wiele łatwiejsze w obsłudze, niż komputery "biurowe". Projektuje się specjalne zabezpieczenia, które chronią komputery przemysłowe przed kurzem, brudem, wibracjami, zakłóceniami, itd. Konstruktorzy przemysłowych komputerów osobistych mają jednak coraz większe trudności z nadążaniem za ekstremalnie szybkim rozwojem przemysłu komputerowego i informatyki, ponieważ standardowy komputer osobisty nieustannie przechodzi transformacje, uzyskując coraz doskonalsze parametry.

Połączenie między komputerem a urządzeniami pomiarowymi i sterującymi

Istnieją trzy różne metody dołączania komputera osobistego do urządzeń pomiarowych lub sterujących (urządzeń pomiarowo-kontrolnych):

- **Poprzez wejście szeregowe lub równoległe komputera** (w dalszym ciągu jest to najpopularniejszy sposób)
- **Poprzez specjalizowaną kartę, przeznaczoną do pomiarów i sterowania**, którą umieszcza się w jednym z gniazd rozszerzeń płyty głównej komputera,
- **Poprzez specjalne interfejsy**, które są skonstruowane do celów pomiarów i sterowania.

Podłączenie przez wejście szeregowe lub równoległe

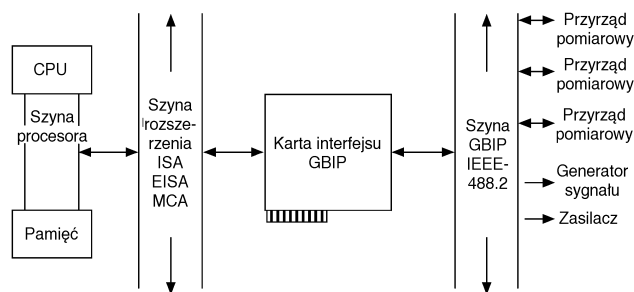
Prostsze urządzenia można dołączać bezpośrednio do wejść komputera. Zazwyczaj używa się wejścia szeregowego, w standardzie RS232. Dotyczy to często urządzeń, które mają za zadanie mierzyć lub sterować tylko jedną wielkością, np. strumieniem przepływu. Dostępne są również specjalne karty rozszerzeń wejść/wyjść szeregowych (multiport boards), zawierające wiele kanałów. Wejście szeregowe ma ograniczoną szybkość transmisji danych i w związku z tym nie może być używane do zbierania danych lub sterowania bardzo szybkimi przebiegami. Nie jest także właściwe do przesyłania danych na duże odległości. Wejście równoległe jest szybsze, por. tabelę w dalszej części niniejszego rozdziału! Przy pomiarach i sterowaniu wolnymi przebiegami, np. zmiany temperatury lub strumienia przepływu, może to być jednak rozwiązanie dobrze funkcjonujące i efektywne, ze względu na niewielkie koszty.

Podłączenie przez kartę do pomiarów i sterowania

Zbieranie danych pomiarowych lub sterowanie odbywa się poprzez specjalną kartę, umieszczoną w gnieździe rozszerzeń magistrali komputera. W PC z magistralą typu ISA, maksymalna szybkość przesyłania danych jest zazwyczaj ograniczona. Komputery wyposażone w magistrale typu MCA lub EISA, jak również magistrale w stacjach roboczych, takich jak Sun Sparcstation, są szybsze. Prędkość transmisji danych za pomocą karty akwizycji umieszczonej w gnieździe rozszerzeń płyty głównej komputera jest wyraźnie większa, niż poprzez wejście szeregowe. Karty przeznaczone do obsługi pomiarów i sterowania są zazwyczaj bardzo elastyczne w stosowaniu, ze względu na dużą liczbę funkcji realizowanych sprzętowo i za pomocą dostarczanego wraz z kartą oprogramowania.

Podłączenie przez specjalizowane magistrale używane w technice pomiarowej

Wyspecjalizowane i zaawansowane przyrządy pomiarowe dołącza się często do komputera poprzez specjalny interfejs obsługi instrumentów pomiarowych.



Schemat blokowy magistrali GPIB przy pomiarach PC

Magistrala GPIB (General Purpose Interface Bus), zwana jest również HP-IB, IEEE-488 lub IEC 625. Hewlett-Packard zaprojektował tę magistralę komunikacyjną jako interfejs do współpracy inteligentnych przyrządów pomiarowych w połowie lat 60-tych. Poprzez interfejs GPIB można dołączyć do komputera osobistego wiele przyrządów pomiarowych, umieszczając kartę interfejsu GPIB w jednym z gniazd rozszerzeń płyty głównej komputera. Interfejs GPIB umożliwia współpracę wielu przyrządów, spełniających funkcje nadajników, odbiorników i sterowników (ang. talkers, listeners i controllers). PC jako jednostka sterująca, może spełniać wszystkie trzy role za pomocą właściwych funkcji, realizowanych programowo. GPIB jest względnie wolnym interfejsem 8-bitowym (prędkość transmisji nie przekracza 1 MB/s). GPIB jest w dalszym ciągu bardzo popularny w technice pomiarowo-kontrolnej.

Interfejs VXI. Wylansowane w 1987 roku jako rozszerzenie standardów interfejsów VME i GPIB. VXI jest interfejsem 32-bitowym, pozwalającym na transmisję danych z prędkością ponad 10 MB/s. Ten interfejs jest często stosowany w aplikacjach, opartych na przemysłowych komputerach osobistych (industrial PCs).

Interfejs MXI. Multisystem Extension Interface Bus, wprowadzony w 1989 roku przez National Instruments i aktualnie popierany m.in. przez Hewlett-Packard. MXI jest interfejsem 32-bitowym, współpracującym z systemami magistralowymi (bus masters) o różnorodnej architekturze, z maksymalną prędkością transmisji 20 MB/s.

Szybkości transmisji danych w różnych kanałach i interfejsach, powszechnie stosowanych w technice pomiarowo-kontrolnej. Należy zauważyć, że prędkości transmisji są podawane w megabajtach na sekundę (MB/s).

	Maksymalna prędkość przesyłania danych
Standardowe wejścia komputera	
Szeregowe	2-12 kB/s
Równoległe	1 MB/s
Magistrale interfejsów	
ISA	1-5 MB/s
EISA	33 MB/s
MCA	20 MB/s (MCA-2 40 MB/s)
Specjalizowane interfejsy stosowane w technice pomiarowej	
GPIB	1 MB/s
VXI	ok. 10 MB/s
MXI	20 MB/s
Sieci komputerowe	
Sieć Ethernet	ok. 1 MB/s

Oprogramowanie

Za pomocą oprogramowania nadzorującego pomiary i sterowanie, użytkownik może uzyskać całkowitą kontrolę nad procesem akwizycji danych pomiarowych oraz realizować różnorodne zadania sterowania.

Programy takie wykonują jedno lub wiele z poniższych zadań.

Zbieranie (akwizycja) danych pomiarowych

Program zajmuje się obsługą wejść karty pomiarowej (karty akwizycji danych). Jednocześnie umożliwia dopasowanie i wstępne przetwarzanie danych pomiarowych, np. programowe zmiany wzmocnienia sygnału, korekcja nieliniowości lub innych błędów czujników/przetworników pomiarowych.

Sterowanie

Sterowanie przyrządami pomiarowymi i procesem może być dokonywane bezpośrednio z programu, który w formie graficznej (za pomocą tablic synoptycznych, obrazów, symboli i liczb) ukazuje stan procesu oraz rezultat dokonanych przez operatora zmian sterowania.

Analiza sygnałów

Jednym ze sposobów analizy danych są algorytmy DSP (ang. Digital Signal Processing). Program współpracuje ze specjalizowaną kartą DSP, umieszczoną w komputerze i sprzętem pomiarowo-kontrolnym w celu przetwarzania (za pomocą algorytmów szybkiej transformaty Fouriera, FFT) i analizy częstotliwościowej sygnału. Oprogramowanie DSP może również prezentować *statystykę* sygnałów pomiarowych.

Prezentacja wyników pomiarów

Kończącym ogniwem w łańcuchu jest prezentacja (wizualizacja) danych pomiarowych. Ważne jest, ażeby wyniki pomiarów były prezentowane w prosty i łatwo zrozumiały dla operatora procesu sposób. Jednocześnie powinna zostać ukazana pełna informacja, niezbędna do podejmowania decyzji operatorskich. Prezentacja danych może odbywać się na monitorze albo na różnego rodzaju urządzeniach piszących.

Archiwizacja danych

Archiwizacja danych jest kolejną, istotną częścią procesu pomiarowego. Dane muszą być przechowywane we właściwym formacie, we właściwym miejscu, np. na dyskach twardych lub taśmach magnetycznych, w celu ewentualnej, późniejszej kontroli i analizy przebiegu procesu technologicznego.

Ogólnie wśród przyrządów pomiarowych można wyróżnić grupę generatorów i przyrządów rejestrujących. Zaczniemy od tej drugiej grupy.

Przyrządy rejestrujące

Multimetr

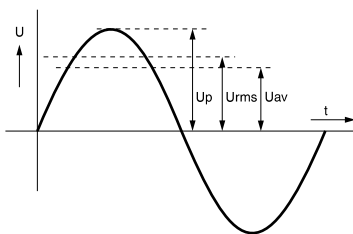
Multimetr, zwany też przyrządem uniwersalnym, jest w zasadzie używany we wszystkich pomiarach związanych z elektroniką. Służy on do pomiaru rezystancji, napięcia prądu stałego i zmiennego, jak również prądu stałego i zmiennego. Współczesne multimetry są wzbogacane o kolejne funkcje, np. pomiar częstotliwości, pojemności, indukcyjności, testowanie tranzystorów i diod, itd.

W przypadku pomiaru prądu i napięcia zmiennego należy zauważyć, że przyrządy te prostują przebiegi wejściowe i przedstawiany jest wynik pomiaru tak przetworzonego sygnału. Zazwyczaj wykorzystuje się prostowanie szczytowe, zaś wyniki są prezentowane (przy pomocy wskaźnika lub w postaci liczbowej) w formie wartości skutecznej. Rezultat pomiaru jest więc dokładny jedynie dla przebiegów sinusoidalnych.

Do pomiaru przebiegów odkształconych należy używać multimetrów prawdziwej wartości skutecznej przebiegu (*True RMS, TRMS*). Prawdziwa wartość skuteczna jest otrzymywana za pomocą zliczania przez specjalny układ scalony (który nie daje jednak zadowalającej dokładności w przypadku "trudnych" sygnałów, o wysokim współczynniku szczytu), albo też przyrząd posiada przetwornicę, gdzie sygnał wejściowy jest zamieniany na ciepło (energię) w oporniku, co jest bezpośrednio miarą prawdziwej wartości skutecznej przebiegu. Niektóre przyrządy zawierają dodatkowe obwody prądu stałego, służące do obliczania prawdziwej wartości skutecznej.

Trzy najważniejsze wielkości charakteryzujące przebieg sinusoidalny:

- U_p = wartość szczytowa
- U_{rms} = wartość skuteczna
- U_{av} = (wyprostowana) wartość średnia



Według definicji, prawdziwą wartością skuteczną TRMS (True Root Mean Square = prawdziwa wartość skuteczna) przebiegu napięcia zmiennego jest taka wartość napięcia stałego źródła napięciowego, z którego prąd, płynąc przez rezystor, wytwarza w nim taką samą ilość ciepła (energii), jak mierzony przebieg zmienny. Np. jasność świecenia żarówki zasilanej ze źródła napięcia zmiennego o wartości skutecznej 230 V jest równa jasności lampy, która jest zasilana ze źródła napięcia stałego o wartości 230 V. Oznacza to, że wartość szczytowa napięcia przemiennego jest zawsze wyższa niż jego wartość skuteczna, z wyjątkiem fali prostokątnej, której wartość skuteczna jest równa wartości szczytowej.

Współczynnik szczytu szczytu jest miarą zależności pomiędzy wartością szczytową i skuteczną przebiegu. Dla fali sinusoidalnej wynosi on 1,414:1 (tj. $\sqrt{2}$), zaś dla fali prostokątnej jest on równy 1. Im większy jest współczynnik szczytu przebiegu, dla którego został wyskalowany przyrząd, tym trudniej uzyskać poprawny wynik pomiaru przebiegu odkształconego.

Niektóre przyrządy mogą mierzyć wartość szczytową sygnału i wówczas za ich pomocą można obliczyć współczynnik szczytu.

Współczynnik kształtu jest definiowany jako zależność pomiędzy wartością skuteczną i wartością średnią sygnału. Przyrządy, które reagują na wartość średnią, ale wskazują wartość skuteczną, mogą być kalibrowane z pomocą czystych sygnałów sinusoidalnych, dla których współczynnik kształtu wynosi 1,11.

Przy zakupie multimetru należy mieć świadomość, że istnieją sytuacje, gdzie wystarczy przyrząd do pomiaru wartości średniej sygnału, natomiast w innych przypadkach konieczny jest przyrząd mierzący wartość TRMS.

Ostateczne wnioski na temat poprawności i dokładności pomiaru należy formułować na podstawie analizy wyglądu i kształtu mierzonego sygnału.

Związek pomiędzy kształtami przebiegów. Tabela pokazuje wartość średnią dla przyrządu wskazującego rzeczywistą wartość skuteczną, kalibrowanego dla przebiegu sinusoidalnego. Współczynnik korekty dla odpowiedniej krzywej otrzymuje się ze stosunku między współczynnikiem krzywej a współczynnikiem krzywej sinusa 1,11. Należy również wziąć pod uwagę niedokładność multimetru.

	Wartość średnia	Wartość skuteczna	Współczynnik szczytu	Współczynnik kształtu	Błąd przy zwykłym multimetrze (%)	Współczynnik korekcyjny
Fala sinusoidalna 	$\frac{2}{\pi} V_p$ (0.637V _p)	$\frac{1}{\sqrt{2}} V_p$ (0.707V _p)	$\sqrt{2}$ (1.414)	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$ (1.111)	0	1
Fala prostokątna 	V_p	V_p	1	1	+11	0.900
Fala trójkątna 	$\frac{V_p}{2}$	$\frac{V_p}{\sqrt{3}}$	$\sqrt{3}$ (1.732)	$\frac{2}{\sqrt{3}}$ (1.155)	-4	1.039
Impulsy 	nV_p	$\sqrt{n} V_p$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$100 \times \left(\frac{n\pi}{2\sqrt{2n}} - 1 \right)$	$\frac{2\sqrt{2n}}{\pi}$

Błąd pomiaru

Multimetry nie są zbyt dokładnymi przyrządami pomiarowymi i należy mieć ograniczone zaufanie do ukazywanego na wyświetlaczu wyniku pomiaru. Błąd pomiaru podaje się najczęściej w stosunku do wartości zakresu pomiarowego (wyrażonej w procentach), i pewnej liczby cyfr "niepewnych", np. 0,5 % ±2 cyfry. Oznacza to, że jeżeli multimetr wskazuje 225,5 V, w rzeczywistości może to być wartość 225,5 + 0,5 % = 226,6 + 2 cyfry - a więc 226,8 V lub też druga skrajność: 225,5 - 0,5 % = 224,4 - 2 cyfry - a więc 224,2 V. Uwagi te dotyczą przyrządów, które mają zakres skali wyświetlacza co najmniej 2999 (są one czasami nazywane "3 i 2/3"-cyfrowe). Dla przyrządu o długości skali 1999 (czasami nazywanym "3 i 1/2"-cyfrowym), wynik pomiaru mieściłby się w zakresie 225 V ± 0,5 % ± 2 cyfry = 222 - 228 V. Z powyższych rozważań wynika praktyczny wniosek, by zawsze zwracać uwagę na zakres skali przyrządów, jak również dokładność wyrażoną zarówno w procentach, jak i liczbie niedokładnych cyfr wskazania.

Przyrządy cęgowe

Amperomierz cęgowy jest często stosowanym przyrządem do pomiaru natężenia dużych prądów (w amperach, A). Wielką jego zaletą jest fakt, że w celu wykonania pomiaru nie trzeba przerywać obwodu prądowego. Należy po prostu obijać przewód, w którym płynie prąd, a wartość prądu można bezpośrednio odczytać na skali przyrządu pomiarowego.

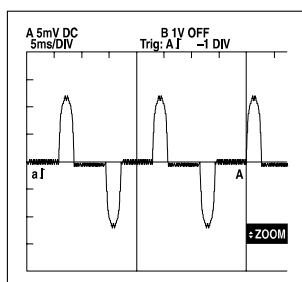
Przyrządy cęgowe są dostępne zarówno do pomiaru *prądu zmiennego*, jak i *prądu stałego*. Produkcja cęgów dla prądu zmiennego jest najczęściej łatwiejsza i tańsza niż dla prądu stałego. Często wykonuje się cęgi uzupełnione o zakresy pomiaru napięć lub rezystancji.

Istnieją również bardziej zaawansowane przyrządy cęgowe, które poza wyżej wspomnianymi wielkościami, mogą również mierzyć moc czynną i moc pozorną, jak również specjalne cęgi do pomiarów prądu upływu. Wybierając cęgi do pomiarów stałoprądowych, należy zwrócić uwagę, by przyrząd pomiarowy miał niską remanencję (pozostałość magnetyczną). Nie spełnienie tego warunku prowadzi z czasem do zmniejszenia dokładności pomiaru. Również dla przyrządów cęgowych obowiązują zamieszczone wyżej rozważania na temat wartości skutecznej i dokładności wskazań.

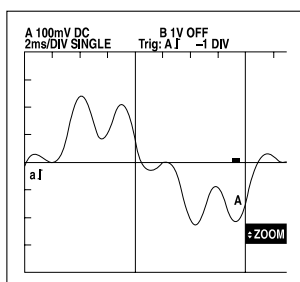
Harmoniczne napięcia sieci w instalacjach przemysłowych

Zjawisko występowania wyższych harmonicznymi napięcia można najczęściej spotkać w sieciach energetycznych, do których dołączona jest duża liczba nieliniowych odbiorników prądu, zarówno jednofazowego, jak i trójfazowego.

Każdy odbiorca w sieci energetycznej przyczynia się na swój sposób do generowania wyższych harmonicznymi, bądź też jest na nie narażony. Prowadzi to do pogorszenia wydajności urządzeń (odbiorników napięcia), a w najgorszym wypadku do ich uszkodzeń.



Jednofazowy nieliniowy prąd obciążenia.



Trójfazowy nieliniowy prąd obciążenia.

Nieliniowe harmoniczne stają się "prądem błądzącym", który przegrzewa przewód zerowy.

W układach trójfazowych przewód zerowy może przewodzić "prąd błądzący", który powstaje z powodu nieliniowych obciążeń, dołączonych do różnych faz napięcia sieciowego 230 V.

W normalnym przypadku, z obciążeniami równo podzielonymi na fazy, prądy fazowe o częstotliwości podstawowej 50 Hz kompensują się wzajemnie w przewodzie zerowym. Jeżeli, mimo symetrii obciążenia, w przewodzie zerowym płynie prąd, to istnieje prawdopodobieństwo, że wystąpiły trzykrotne harmoniczne, np. 3, 9, 15, itd. Nie posiadają one własności kompensacji i sumują się w przewodzie zerowym.

W instalacji z wieloma nieliniowymi obciążeniami, prąd zerowy może nawet przewyższyć prąd fazowy. Istnieje zatem duże ryzyko przegrzania, ponieważ przewód zerowy w odróżnieniu od

przewodów fazowych nie jest zabezpieczony (nie wolno do niego włączać bezpiecznika). Poza tym, często przewód zerowy ma mniejszy przekrój niż przewody fazowe, ponieważ normalnie płynie przez niego znacznie mniejszy prąd.

Duża wartość prądu płynącego w przewodzie zerowym powoduje poza tym, wyższą niż zazwyczaj, różnicę potencjałów między zerem i ziemią.

Problemem tego typu można zapobiec poprzez instalację systemu 5-przewodowego.

Wyłączniki bezpieczeństwa

Termomagnetyczne wyłączniki bezpieczeństwa przerywają obwód, gdy bimetal zostanie podgrzany przez przepływający prąd. Bimetal reaguje na prawdziwą wartość skuteczną prądu (TRMS). Wyłączniki tego typu bardzo skutecznie chronią przed przeciążeniem i wyższymi harmonicznymi prądu. Są one o wiele skuteczniejsze niż standardowe bezpieczniki, czy przekaźniki przeciążeniowe.

Elektryczny wyłącznik bezpieczeństwa reaguje poprawnie na wartości szczytowe prądu sinusoidalnego o częstotliwości 50 Hz. Jednakże nie zawsze zapewnia on właściwą reakcję na wyższe harmoniczne prądu, ponieważ wartość szczytowa prądu zawierającego dodatkowe harmoniczne może być wyższa niż wartość prądu sinusoidalnego o częstotliwości 50 Hz. Wyłącznik przerywa więc obwód zbyt wcześnie, przy niższej od nominalnej wartości prądu. Z drugiej strony, kiedy na skutek sumowania wyższych harmonicznymi wartość szczytowa prądu jest niższa niż amplituda składowej podstawowej, wyłącznik może nie zadziałać, pomimo przekroczenia ustalonego progu maksymalnej wartości prądu.

Szyny zerowe i zaciski przyłączeniowe

Szyny zerowe i zaciski przyłączeniowe posiadają wymiary (przekroje), jakie wynikają z obliczeń dla nominalnego prądu fazowego. Dlatego też w warunkach występowania wyższych harmonicznymi prądu, przewody zerowe mogą zostać przeciążone.

Tablice rozdzielcze

Wyższe harmoniczne napięcia w tablicach rozdzielczych mogą generować dźwięk. Obudowa rozdzielni dla prądu 50 Hz może wpaść w rezonans mechaniczny ze względu na pole magnetyczne, wytwarzane przez wyższe harmoniczne prądu. Obudowa może w tych warunkach generować dźwięk.

Telekomunikacja

W systemach telekomunikacyjnych najczęściej występują zakłócenia spowodowane wyższymi harmonicznymi. Aby indukowane zakłócenia oddzielać od prądów fazowych na możliwie najniższym poziomie, prowadzi się przewody telefoniczne jak najbliżej przewodu zerowego instalacji elektrycznej. Może to jednak powodować dodatkowe problemy, gdyż ewentualne trzykrotne harmoniczne prądu płynącego w przewodzie zerowym mogą indukować zakłócenia słyszalne w słuchawce telefonicznej.

Numer harmoniczej	F	2:a*	3:e	4:e*	5:e	6:e*	7:e	8:e*	9:e
Częstotliwość	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Przesunięcie fazy	+	-	0	+	-	0	+	-	0

* Parzyste harmoniczne znikają, kiedy kształt fali jest symetryczny (dotyczy to normalnego obwodu)

Przesunięcie fazy	Rotacja	Działanie
Dodatnie	Wprzód	Podgrzewanie przewodu, wyłącznika bezpieczeństwa, itd.
Ujemne	Wstecz	Podgrzewanie (patrz wyżej) + zakłócenia pracy silnika
Zero**	Żadna	Podgrzewanie + wzrost prądu zerowego w układzie 3-fazowym 4 przewodowym

** Harmoniczne o przesunięciu fazy zero (nieparzyste mnożniki trzeciej harmoniczej) nazywane są trzykrotnymi harmonicznymi (3., 9., 15., 21., itd.)

Przesunięcie fazowe harmonicznych i ich działanie. Każda harmoniczna ma numer (krotność), częstotliwość, jak również pewne przesunięcie fazy w stosunku do składowej podstawowej (F). W silniku indukcyjnym oznacza to, że prąd wywołany przez harmoniczne o dodatnim przesunięciu fazy generuje wirujące pole magnetyczne o tym samym kierunku, co pole magnetyczne składowej podstawowej. Prąd wywołany przez harmoniczne o ujemnym przesunięciu fazowym wytwarza pole magnetyczne o przeciwnym kierunku rotacji. Pierwsze 9 harmonicznych i ich przesunięcia fazowe są pokazane w załączonej tabelce.

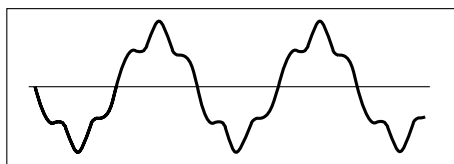
Wyszukiwanie prądów upływowych i zakłóceń sieciowych

Problemy z zakłóceniami i prądami upływowymi do ziemi nabierają coraz większego znaczenia. Amperomierze cęgowy są specjalnie przystosowane do pomiaru małych prądów, są zatem doskonałym środkiem do pomiaru prądów upływu. Przy pomiarze prądów upływu najczęściej zamyka się cęgi wokół wszystkich trzech faz i zera lub też wokół jednej fazy i zera jednocześnie. Wynik pomiaru powinien mieć wartość zerową, w przeciwnym przypadku mamy do czynienia z prądem upływowym.

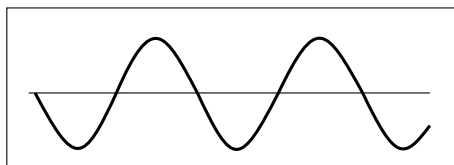
Zwykły amperomierz cęgowy nie uwzględnia ewentualnego odkształcenia mierzonego prądu. Oznacza to także, że wskazywana przez przyrząd średnia wartość prądu nie zawiera informacji o tym, czy mierzony sygnał jest odkształcony. Stosując filtr dolnoprzepustowy, o paśmie rzędu 50 Hz można odfiltrować wszystkie wyższe harmoniczne, zachowując tylko składową podstawową przebiegu.

Niektóre przyrządy cęgowe posiadają przełącznik pasma częstotliwości pomiarowej. Początkowo należy mierzyć prąd upływu w położeniu przełącznika "pasma szerokie", a następnie w położeniu "pasma wąskie". Różnica między wskazaniem daje informację na temat zawartości w sygnale wyższych harmonicznych. Funkcja zmiany pasma częstotliwości pomiarowej ułatwia wyszukiwanie urządzeń, które generują zakłócenia sieci.

Funkcja ta występuje nie we wszystkich miernikach cęgowych.



Kształt przebiegu w położeniu "pasma szerokie".



Kształt przebiegu w położeniu "pasma wąskie".

Kształt przebiegu dla różnych ustawień częstotliwości.

Testery izolacji

Służą do testowania izolacji instalacji elektrycznych, maszyn, silników i innych urządzeń. Testy wykonuje się przez pomiar rezystancji izolacji przy pomocy wysokiego napięcia, w celu ujawnienia ewentualnego przebicia. Napięcie testujące od 50 V do 10 kV (zakres 50 V używany jest między innymi do testów ESD). Odczyty rezultatów w MΩ i GΩ. Im większe napięcie testujące tym wyższa rezystancja możliwa do pomiaru.

Inny ważny czynnik bezpieczeństwa to zdolność przewodzenia. Testery pozwalają na wykrycie połączeń i styków o wadliwym kontakcie elektrycznym, co w wypadku przepływu wysokich prądów powoduje wytwarzanie dużej ilości ciepła i prowadzi do powstania pożaru. Dlatego ważne jest, aby rezystancja w tym przypadku była możliwie jak najniższa. Konsekwencją tego jest konieczność wyposażenia testera w miliomierz o relatywnie wysokim prądzie pomiarowym (ok. 200 mA).

Mierniki instalacji elektrycznych

Urządzenia do testowania instalacji elektrycznych. Pomocne w pomiarach i dokumentacji w celu uzyskania zgodności instalacji z obowiązującymi przepisami i normami.

Europejski standard znakowania CE instalacji elektrycznych - EN61557.

Wykonawca instalacji odpowiada za:

- Stosowanie się do instrukcji producenta użytych materiałów
- Wykonanie instalacji zgodnie z obowiązującymi normami
- Odpowiednie oznakowanie (CE) instalacji
- Dokumentację dotyczącą budowy, wykonania, wykonawcy oraz przekazanie jej zleceniodawcy
- Kontrolę i uruchomienie instalacji wg obowiązujących norm
- Dokumentację należy przechowywać przez 10 lat

W wypadku konieczności dokonania zmian, właściciel sieci elektrycznej zobowiązany jest, na życzenie wykonawcy instalacji, do dostarczenia informacji o impedancji wejściowej (Z) w punkcie dostawy (przed licznikiem). W oparciu o to, instalator dokonuje obliczeń potrzebnych do założenia zabezpieczeń odpowiednich do podłączonej sieci i ewentualnych zwarć.

Wykonawca instalacji zobowiązany jest do kontroli czasów wyłączeń przy zwarciach i zwarciach doziemnych, tak aby nie przekraczały one wartości granicznych. Można to obliczyć w oparciu o informację o impedancji wejściowej (Z). Jednak łatwiej i lepiej jest użyć miernika (testera) instalacji elektrycznej. Wartości pomiarów należy dokumentować.

Wykonawca instalacji odpowiada za kontrolę wyłącznika różnicowo-prądowego, jego funkcję, czas i prąd wyzwania, napięcie dotyku oraz za ich dokumentację.

Wykonawca instalacji zobowiązany jest, przed jej przekazaniem, do wykonania pełnej dokumentacji. Dla niewielkich instalacji wystarczy wykaz prac. Dla pozostałych konieczne jest wykonanie schematów, wykresów i tabel wskazujących na rodzaj i budowę układów, punktów pomiarowych, ilości i długości przewodników, przekrojów i typów żył oraz wykaz i rozmieszczenie wyłączników przerywających dopływ prądu.

Najlepiej jest jednak, aby *zawsze* dokumentować rezultaty pomiarów przy próbach impedancji pętli uziemienia i wyłącznika różnicowo-prądowego. W zdecydowanej większości przypadków lepiej jest mieć gotową dokumentację co do prawidłowości wykonanej instalacji, niż udowadniać, że się nie popełniło błędu.

Wymienione informacje są wolnym tłumaczeniem i wyborem obowiązujących norm w krajach WE.

Multimetry oscyloskopowe i oscyloskopy

Przyrządy pomiarowe tego typu mogą mierzyć sygnały i prezentować wyniki pomiaru w postaci cyfrowej, jak również pokazywać kształty przebiegów na ekranie. Przyrządy te łączą często funkcje zaawansowanego multimetru z oscyloskopem cyfrowym; są ponadto lekkie i łatwe do przenoszenia. Poza tym najczęściej posiadają dodatkowo jakąś formę pamięci, aby można było zapisać krzywą mierzonego przebiegu i przeanalizować ją w późniejszym czasie. Ambicją producentów jest, aby takie przyrządy były łatwe w użyciu dla każdego użytkownika standardowych multimetrów.

Bezpieczeństwo

Stosowanie przyrządów trzymanyh w ręku w środowiskach pomiarowych o wysokich napięciach czy wysokich mocach, oznacza ryzyko dla użytkownika.

Należy bezwzględnie przestrzegać podstawowych zasad bezpieczeństwa i procedur pomiarowych; nie mniej ważny jest wybór samego przyrządu pomiarowego.

Najczęściej spotykane błędy w przeprowadzaniu pomiaru to:

















1. Próba pomiaru napięcia z przewodami pomiarowymi podłączonymi do gniazdek prądowych przyrządu.
2. Próba pomiaru napięcia na zakresie pomiaru rezystancji.
3. Bardzo wysoki poziom przebiegów nieustalonych w obiekcie pomiarowym.
4. Przekroczenie maksymalnego napięcia wejściowego.

Co powoduje, że multimetr staje się przyrządem pewnym?

Trudno udzielić jednoznacznej odpowiedzi na to pytanie, gdyż multimetry przeznaczone do pracy w różnych środowiskach pomiarowych, posiadają różną specyfikację. Można jednak stwierdzić, że pewność jakości i bezpieczeństwa pomiaru dają przyrządy o wymienionych niżej cechach.

1. Wyjścia prądowe z bezpiecznikami.
2. Stosowanie bezpieczników dużej mocy (na napięcie co najmniej 600 V), które wytrzymują wysoki prąd załączenia lub odłączenia.
3. Zabezpieczenie wysokonapięciowe przy pomiarze rezystancji (co najmniej 500 V).
4. Zabezpieczenie przed przebiegami nieustalonymi (co najmniej 6 kV).
5. Bezpieczne kable z zabezpieczeniem przed poślizgiem, jak również izolowane końcówki typu banankowego.
6. Sprawdzanie i atestowanie przyrządu przez niezależną instytucję testującą.
7. Produkcja multimetru zgodnie z normą IEC1010.

Symbole występujące na przyrządach. Nawet, jeżeli teksty są w jęz. angielskim ta są one łatwe do zrozumienia. Najniżej podane są niektóre akredytowane laboratoria wykonywujące testy bezpieczeństwa.

	OFF (power) SWITCH POSITION
	ON (power) SWITCH POSITION
	ALTERNATING CURRENT OR VOLTAGE
	DIRECT CURRENT OR VOLTAGE
	EITHER ~ OR —
	DANGEROUS
	GROUND
	SEE EXPLANATION IN MANUAL
	DOUBLE INSULATION (Protection Class II)
	FUSE
	Underwriters Laboratories Inc., U.S.A.
	Factory Mutual Research Corp., U.S.A.
	Canadian Standards Association, Canada
	Technischer Überwachungsverein Rheinland
	Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) Germany
	UL recognition mark

Oscyloskop

Oscyloskop jest powszechnie używanym uniwersalnym przyrządem pomiarowym. Pozwala on na obejrzenie kształtu przebiegu, przebieg, zakłóceń występujących w formie pików, itd.

Należy wybierać oscyloskop, który posiada dostateczną szerokość pasma pomiarowego. Należy jednak pamiętać, że podane przez producenta pasmo (w MHz) dotyczy fali sinusoidalnej. Dokonując np. analizy częstotliwościowej fali prostokątnej (za pomocą transformaty Fouriera), można stwierdzić, że w celu obejrzenia pewnych cech przebiegu (np. czasu narastania, itd.) należy dysponować oscyloskopem o co najmniej 10-krotnie szerszym paśmie, niż częstotliwość fali prostokątnej. Dlatego też lepszym parametrem przy ocenie przydatności oscyloskopu niż podana szerokość pasma jest *czas narastania przebiegu* w MHz.

Oscyloskopy cyfrowe zamieniają wejściowe sygnały analogowe na postać cyfrową (binarną), która jest następnie przekształcana (w celu prezentacji i ew. analizy) w układach cyfrowych. Przetwarzanie na postać cyfrową odbywa się za pomocą przetwornika A/D, zazwyczaj z rozdzielczością od 6 do 8 bitów. Najwyższa częstotliwość przebiegu, którą można rejestrować, odpowiada (zgodnie z twierdzeniem Nyquista) co najwyżej połowie *częstotliwości próbkowania*. Na wejściu układu musi znajdować się dodatkowy filtr, zapobiegający nakładaniu widma (tzw. filtr antyaliasingowy), który przeciwdziała nakładaniu się lustrzanego widma częstotliwościowego mierzonego sygnału, skupionego wokół częstotliwości próbkowania. Należy uwzględnić fakt, że filtr ten dodatkowo ogranicza szerokość pasma pomiarowego.

Zaletą oscyloskopu cyfrowego jest fakt, że jest wyposażony w pamięć, w której może przechowywać zapamiętany kształt przebiegu. Wartości te mogą być później w dowolnym momencie zaprezentowane na ekranie albo przeniesione na zewnętrzną drukarkę komputera. Należy jednak pamiętać o ograniczeniach w stosowaniu oscyloskopu cyfrowego. Może on na przykład "przeoczyć" wąskie piki, które akurat będą leżały pomiędzy dwoma punktami próbkowania. Taki wąski pik sygnału (pod warunkiem, że będzie się powtarzał), może być zarejestrowany przez oscyloskop analogowy. Stawia to jednak wysokie wymagania, dotyczące intensywności świecenia plamki w oscyloskopie analogowym, która będzie niewielka, gdy pik będzie się pojawiał z niską częstotliwością.

Oscyloskop powinien mieć wysokie napięcie przyspieszenia strumienia elektronów, aby dawał obraz o dobrej jasności i ostrości. Ponieważ oscyloskopy analogowe posiadają pewne zalety, uzupełniające zalety oscyloskopów cyfrowych, rozsądnym może być wybór oscyloskopu kombinowanego (analogowo-cyfrowego), który ma najlepsze własności. Istnieje obecnie nowy typ oscyloskopu zwany *DRO (Digital Real Time Oscilloscope)*. W takim oscyloskopie, stosując bardzo wysokie częstotliwości próbkowania, otrzymuje się właściwości zbliżone do zachowania oscyloskopu analogowego. Typowo stosuje się częstotliwości próbkowania 4-5 razy wyższe niż szerokość pasma analogowego. Do jego zalet można również zaliczyć fakt, że przebiegi jednorazowe można zarejestrować aż do górnej granicy częstotliwości pasma analogowego; ponadto nie zachodzi konieczność stosowania sond i filtrów antyaliasingowych.

Możliwości wyzwalnia w oscyloskopach cyfrowych są lepsze i bardziej zaawansowane niż w analogowych, ponieważ na ogół można stosować wyzwalanie w oknie czasowym i przy spełnieniu określonych warunków logicznych.

Sondy do oscyloskopów powinno się wybierać w sposób odpowiedni do właściwości mierzonego sygnału. Pojemność sondy, która nie tłumi sygnału (1:1), dodaje się równolegle do pojemności wejściowej oscyloskopu. Z kolei pojemność sondy i składowa pojemnościowa impedancji oscyloskopu obciążają obiekt mierzony. O ile nie jest wymagana maksymalna czułość oscyloskopu, lepiej jest stosować sondę z tłumieniem np. 10-krotnym. Przy tym "odciąża się" impedancję wejściową oscyloskopu o 1 M Ω i np. 40pF, w zamian za to obciążając obiekt mierzony np. rezystancją 10 M Ω i pojemnością 15 pF. W sondzie znajduje się regulowany kondensator (trymer), który zawsze musi być dostrojony, kiedy przyłącza się sondę po raz pierwszy do oscyloskopu. Regulacji należy dokonać po przyłączeniu sondy do wyzwalanego wejścia oscyloskopu w taki sposób, aby obserwowana na ekranie fala prostokątna nie miała zaokrąglonego przedniego zbocza ani przerzutów.

W celu optymalnego wykorzystania oscyloskopu, ważny jest wybór sondy o krótkim czasie narastania. Należy uwzględnić, że czas narastania przebiegu dla sondy dodaje się do czasu narastania oscyloskopu. Należy również pamiętać o tym, że pasmo przenoszenia sondy winno mieć większą szerokość, niż pasmo przenoszenia oscyloskopu. Dobrą zasadą jest, aby sonda miała co najmniej 2 razy większą szerokość pasma niż sygnał mierzony.

Przy wysokich częstotliwościach i/lub punktach pomiaru o dużej oporności nie mogą być stosowane sondy opisane wyżej. Czasami istnieje możliwość użycia 50 omowego wejścia z dopasowaną impedancją w celu uniknięcia odbić, które powodują błędy w pomiarze. Inną alternatywą jest *sonda aktywna* ze wzmacniaczem w końcówce pomiarowej. Ma ona

dużą oporność i krótkie przewody pomiarowe co daje wysoką dokładność pomiarów. Niewątpliwą wadą jest cena oraz wielkość uniemożliwiająca pomiary w ciasnych miejscach.

Sonda musi również wytrzymywać mierzone napięcie, np. napięcie szczytowe sieci 230 V wynosi 325 V.

Terminologia z zakresu techniki oscyloskopowej

Przetwornik A/D (ADC). Przetwornik analogowo-cyfrowy jest ważną częścią oscyloskopu cyfrowego. Przetwarza wejściowy sygnał analogowy na postać cyfrową, którą można przechować w pamięci. Oscyloskop powinien posiadać oddzielny przetwornik dla każdego kanału, w przeciwnym razie zmniejsza się całkowita prędkość próbkowania przy używaniu kilku kanałów naraz. Porównaj zamieszczone dalej informacje o przetwornikach D/A.

Aliasing (zniekształcenia zawinięcia widma). Kiedy sygnał jest próbkowany z częstotliwością niższą niż podwojona częstotliwość najwyższej składowej harmonicznej sygnału, powstaje pewien efekt, który jest nazywany aliasingiem (zawijaniem widma). Wynikiem tego zjawiska będzie nakładanie widma sygnału położonego wokół częstotliwości próbkowania na widmo podstawowe. Obserwowany kształt fali przypomina prawdziwy, zawiera jednak zniekształcenia o niskiej częstotliwości (jeśli zawiera tylko jeden komponent częstotliwości). Częstotliwości, które leżą powyżej połowy częstotliwości próbkowania są transformowane i otrzymany sygnał zostanie tak zniekształcony, że będzie trudny do rozpoznania.

Alternate mode (tryb naprzemienny). Sygnały z kilku kanałów są jednocześnie rejestrowane i pokazywane na ekranie dzięki temu, że oscyloskop przełącza się pomiędzy kolejnymi kanałami między kolejnymi odchyleniami strumienia (tzw. "sweep ami"). W ten sposób, za każdym razem w czasie jednego przebiegu strumienia przez ekran, rysowany jest cały obraz przebiegu dla każdego kanału. Tego trybu pracy używa się przy krótkich okresach przełączania, porównaj z "Chop mode".

Analogowa szerokość pasma. Analogowa szerokość pasma wzmacniacza wejściowego, zarówno w oscyloskopach analogowych, jak i cyfrowych, mówi o najwyższej częstotliwości fali sinusoidalnej, która może być odtworzona bez znaczących zmian kształtu krzywej i jej amplitudy (zmiana amplitudy o -3 dB odpowiada krzywej o amplitudzie mniejszej o 30%). Inny kształt przebiegu niż sinusoida, wymaga większej szerokości pasma do odtworzenia takiej samej częstotliwości bez zniekształcenia kształtu fali. Jeżeli najczęściej badanymi przebiegami są fale prostokątne, bardziej właściwym jest wybór oscyloskopu według kryterium czasu narastania.

ART Analog Real Time Oscilloscope. W wolnym tłumaczeniu: oscyloskop analogowy.

Auto-setup. Daje automatyczne ustawienie nastaw oscyloskopu do jak najlepszej prezentacji krzywej. Nie należy mylić tego terminu z automatycznym ustawianiem zakresów, gdzie zakres zmienia się w zależności od poziomu sygnału wejściowego.

Uśrednianie przebiegu (Averaging). "Averaging" jest techniką przetwarzania kształtu przebiegu, która oblicza kształt fali dla określonej krotności okresów fal. Po wykonaniu pomiarów pewnej liczby okresów fali, wylicza się następnie wartość średnią dla każdej chwili czasu w ciągu pojedynczego okresu. Zaletą uśredniania jest m.in. zmniejszenie szumu w mierzonym sygnale.

Szerokość pasma. Zobacz: "Analogowa szerokość pasma".

Chop mode. Przebiegi z wielu kanałów są pokazywane jednocześnie na ekranie dzięki temu, że w czasie każdego okresu odchylenia oscyloskop wielokrotnie, kolejno przechodzi z kanału na kanał. Krótki odcinek krzywej przebiegu z jednego kanału jest rysowany pomiędzy zmianami kanałów (krzywe są "posiekane"; ang. chop = siekać). Tryb ten jest używany przy długich okresach odchylenia. Porównaj z "Alternate mode".

CRT (Cathode-Ray Tube). Lampa oscyloskopowa - powinna mieć wysokie napięcie przyspieszenia wiązki elektronów, aby dawać dobrą jasność świecenia plamki.

Kursor. Zobacz "Znacznik"

Przetwornik D/A (DAC). Przetwornik sygnałów cyfrowych na analogowe w oscyloskopach cyfrowych. Przetwarza wartości cyfrowe z pamięci oscyloskopu i pokazuje je jako krzywe na ekranie. Porównaj z opisem przetwornik A/D, zamieszczonym wyżej.

Cyfrowa szerokość pasma. Zobacz "sekcję": "próbkowanie i szerokość pasma".

DRO (Digital Real time Oscilloscope). Cyfrowy oscyloskop, który posiada wyraźnie wyższą (4-5 razy) częstotliwość próbkowania niż analogowa szerokość pasma. Ten typ oscyloskopu cyfrowego daje wrażenie oscyloskopu analogowego i zapobiega zjawisku aliasingu.

DSO (Digital Storage Oscilloscope). W wolnym tłumaczeniu: oscyloskop cyfrowy z pamięcią.

Dual-sweep (podwójna podstaw czasu). Oscyloskop, który może prezentować sygnał przy dwóch niezależnych ustawieniach podstawy czasu (odchylenia plamki). W ten sposób możemy powiększyć małą część przebiegu, jednocześnie oglądając całą krzywą. Stosuje się również pracę z opóźnioną podstawą czasu.

Opóźniona podstawa czasu. Zobacz "dual-sweep"

Glitch Capture (Peak Detect). Funkcja w oscyloskopie cyfrowym, która umożliwia wychwycenie krótkich pików przebiegu, niezależnie od użytej wartości czasu odchylenia. Można również wychwytywać piki pomiędzy punktami próbkowania.

Holdoff. Trigger Holdoff jest funkcją, która zapobiega wyzwaniu oscyloskopu w pewnym stałym (nastawionym przez użytkownika) przedziale czasowym. Funkcji tej używa się przy skomplikowanych kształtach fali, tak aby oscyloskop wyzwalał tylko przy pierwszym punkcie przebiegu spełniającego, ustalone przez użytkownika, warunki wyzwania.

Znacznik lub kursor. Funkcja umożliwia pokazanie na ekranie np. dwóch krzyżyków, które można przesunąć wzdłuż prezentowanej na ekranie krzywej, aby zmierzyć czas, częstotliwość, czy napięcie. Wynik działania funkcji znacznika jest podawany w postaci cyfrowej. Oscyloskop ze znacznikami, które są automatycznie nakładane na krzywe, może być również wykorzystywany jako przyrząd do pomiaru napięcia, czasu i częstotliwości bezpośrednio, bez konieczności używania znacznika.

Pojemność pamięci. Parametr ten mówi o tym, jak wiele punktów pomiarowych zawiera zapamiętana krzywa (1 Ki pojemności pamięci = 1024 punkty). Im więcej zapamiętanych punktów, tym dłuższy może być czas trwania przebiegu lub też lepsza jakość prezentacji krzywej na ekranie.

Długość słowa. Informuje o rozdzielczości wzdłuż osi pionowej (np. 8 bitów daje 256 punktów w osi Y). Im więcej bitów, tym większa rozdzielczość i lepsza jakość prezentacji krzywej na ekranie.

Pre-trigger. W oscyloskopach cyfrowych istnieje możliwość zapamiętywania i rejestracji sygnału przed wyzwoleniem oscyloskopu.

Read-out. Funkcja ta pokazuje niektóre ustawienia przyrządu przy pomocy wyświetlanego na ekranie tekstu, np. 0,5 V/ działkę, 20 ms/działkę. Często zaznacza się również punkt wyzwolenia pomiaru w oscyloskopach cyfrowych. Tak nazywa się również funkcję sondy pomiarowej, za pomocą której może ona przekazywać oscyloskopowi informację o współczynniku tłumienia sygnału (1:1 lub 1:10). Wartość tłumienia 1:10 jest zwykle podawana na wtyczce BNC sondy.

Próbkowanie. Oscyloskop cyfrowy mierzy napięcie sygnału poprzez jego próbkowanie, np. aż do 10 milionów razy na sek, 10 MS/s. Krótkie piki, które akurat znajdują się między dwoma próbkowaniami, nie mogą zostać pokazane na ekranie. W tym celu wymagana jest specjalna funkcja "Glitch Capture". W celu odtworzenia sygnału na ekranie wymagane jest co najmniej 10 próbek na okres przebiegu. Prędkość próbkowania decyduje więc o szerokości pasma pomiarowego przy założeniu, że prędkość próbkowania jest wyższa niż analogowa szerokość pasma. Zobacz również sekcję: "DRO".

Próbkowanie w czasie rzeczywistym. Nagrywanie przebiegów jednorazowych sygnałów. Oznacza, że wszystkie próbki zostały pobrane w czasie jednego okresu sygnału. Szerokość pasma pomiarowego jest ograniczona przez prędkość próbkowania.

Próbkowanie w czasie ekwiwalentnym. Przy sygnałach okresowych w celu rekonstrukcji przebiegu na ekranie bierze się kilka punktów z każdego okresu fali. Szerokość pasma będzie w tym przypadku taka sama, jak analogowa szerokość pasma. Należy tu jednak pamiętać o zjawisku aliasingu i krótkotrwałych zakłóceniach, które nie powtarzają się często i w tych samych chwilach względem początku okresu fali, w związku z czym można je przy tej metodzie łatwo ominąć.

Szerokość pasma przebiegów jednorazowych (Cyfrowa szerokość pasma). Jest to najwyższa częstotliwość przebiegu, możliwa do prezentacji na ekranie oscyloskopu. Nazywa się to również pasmem czasu rzeczywistego. Dla oscyloskopu analogowego (również dla DRO), decydują o tym wzmacniacze wejściowe. Dla oscyloskopów cyfrowych (nie DRO) o szerokości pasma decyduje częstotliwość próbkowania.

Czas narastania. Jest to czas potrzebny do wzrostu sygnału na ekranie od początkowej wartości 10% do 90% swojej wartości ustalonej.

Wyzwalanie (Trigger). Jest to wyzwolenie sygnału i rozpoczęcie odchylenia plamki w osi poziomej ekranu oscyloskopu.

Mierniki częstotliwości

Mierniki częstotliwości zawierają licznik, który jest włączany w pewnym przedziale czasu. Funkcję zegara odmierzającego ten przedział czasu spełnia oscylator i jego dokładność decyduje o dokładności przyrządu. Uzyskanie dokładności pomiaru rzędu kilku cyfr przy niskiej częstotliwości przebiegu, wymaga dłuższego czasu włączenia zliczania. Dlatego też niektóre mierniki częstotliwości działają na zasadzie "odwrotności", co oznacza, że zamiast okresu sygnału wejściowego zliczają liczbę impulsów zegara taktującego (oscylatora). Zawartość licznika po dokonaniu pomiaru zostaje odwrócona, a następnie zaprezentowana jako wynik pomiaru. Tego rodzaju licznik może być szybko uaktualniony nawet przy niskich częstotliwościach. Poziomy wyzwalania mogą być stałe lub ustawiane dynamicznie.

Liczniki uniwersalne mają również często możliwość pomiaru innych parametrów, takich jak interwał czasowy, czas trwania okresu przebiegu, stosunek częstotliwości, czy też liczba obrotów.

Przetworniki sygnałów

Przetworniki sygnałów (ang. transducer) dopasowują sygnały z czujnika do charakterystyki wejścia przyrządu, jak również zabezpieczają urządzenia elektroniczne, takie jak PLC (programowalne sterowniki logiczne), elektronikę systemów sterowania i komputery przemysłowe. Zapewniają one galwaniczną izolację między czujnikiem a pozostałą częścią układu pomiarowego, co eliminuje prądy w doziemne i zakłócenia elektrostatyczne, jak również odfiltrowuje zakłócenia elektryczne.

Sygnał wyjściowy przetwornika sygnału jest niezależny od wielkości obciążenia (oczywiście w pewnych granicach). Zalety przetworników sygnałów można przedstawić w następujących punktach:

- Przesyłanie wielkości mierzonych na względnie duże odległości.
- Możliwość jednoczesnego dołączenia wielu przyrządów pomiarowych lub rejestrujących do tego samego przetwornika w zakresie dopuszczalnego obciążenia. Nie wymaga to specjalnych kalibracji przetwornika.
- Kalibracja rezystancji wejściowej nie jest wymagana w stosunku do włączanych w układ przyrządów pomiarowych.
- Okablowanie jest proste i tanie.
- Poszczególne przyrządy lub inne elementy pomiarowe i rejestrujące można wyłączyć z obwodu po zwarceniu ich przyłączy, nie zakłócając w ten sposób pracy innych urządzeń.
- Dopasowanie ich do przyrządów tablicowych może być wykonane w prosty sposób.

Przyrządy generujące

Przyrządami generującymi są np. generatory sygnałów wysokich częstotliwości, a także generatory sygnałów akustycznych i przebiegów o niskich częstotliwościach.

Od **generatoru sygnałów akustycznych** wymaga się przede wszystkim możliwie zbliżonego do sinusoidy kształtu przebiegu, jak również dużej dokładności amplitudy w całym zakresie częstotliwości. Na ogół posiadają one również wyjście fali prostokątnej.

Generator funkcyjny jest bardziej uniwersalny. Daje on poza falą sinusoidalną również falę prostokątną i trójkątną, a czasami również impulsy napięcia. Generatory mogą często generować liniowy, bądź logarytmiczny sygnał podstawy czasu, co umożliwia ich stosowanie w zautomatyzowanych systemach pomiarowych. Względnie wysoki poziom zniekształceń powoduje jednak, że sygnały te nie mogą być wykorzystane do pomiarów zawartości harmonicznych.

Generatory sygnałów wysokiej częstotliwości powinny spełniać szereg wymagań, w zależności od zakresu zastosowań. Generalnie, muszą być one dobrze ekranowane i mieć dobre układy tłumików w celu uzyskania dużej dokładności amplitudy.

Generatory wysokich częstotliwości dają zwykle dobrą dokładność częstotliwości, gdyż częstotliwość sygnału wyjściowego jest porównywana z częstotliwością jednego lub kilku oscylatorów kwarcowych o bardzo niskim dryfcie temperaturowym. Jednakże niewłaściwe lub w uproszczony sposób poprowadzone połączenia mogą spowodować, że otrzymamy wysoki poziom zniekształceń (szumów) fazy, co z kolei uniemożliwia używanie takiego generatora sygnałów do pomiarów selektywnych (pozapasmowych). Szum fazowy nie jest krytyczny dla pomiarów wewnątrz pasma, o ile nie jest konieczne zapewnienie wysokiego stosunku sygnału do szumu.

Przyrządy systemowe

Przyrządy systemowe można połączyć w układ i następnie sterować z komputera centralnego. Typową dla takiego układu konfiguracją jest "master-slave". Najbardziej rozpowszechnionym standardem jest GPIB (General Purpose Interface Bus), który zwany jest również IEEE-488, HPIB i IEC-625. GPIB używa się często w zautomatyzowanych systemach pomiarowych (ATE - Automatic Test Equipment).

Prostszym i tańszym rozwiązaniem jest szeregowy interfejs RS232C. Ogranicza on jednak prędkość przesyłania danych.

Pomiary temperatury

Pomiary temperatury są najczęściej spotykanym w zastosowaniach przemysłowych pomiarem wielkości fizycznej. Temperaturę mierzy się różnych sytuacjach, np. podczas lutowania, w produkcji tworzyw sztucznych, przemyśle spożywczym, przy szybkim ładowaniu akumulatorów, w celu lokalizacji przeciążonych prądowo detali i w wielu innych procesach przemysłowych.

Wybór metody i przyrządów pomiarowych powinien zostać poprzedzony gruntowną analizą problemu, według sformułowanych niżej zagadnień.

- Jaki jest zakres zmian mierzonych temperatury?
- Jaki typ czujnika jest możliwy do zastosowania?
- Jaka jest wymagana dokładność wyniku pomiaru?
- Jak szybko i jak często powinien odbywać się pomiar?

Najważniejsze zagadnienia przy pomiarach temperatury:

- Uzyskanie dokładnej wartości wyniku pomiaru.
- Powtarzalność pomiarów dokonywanych w tym samym punkcie.
- Różnica temperatur pomiędzy kilkoma punktami pomiarowymi.

Poniżej zostaną scharakteryzowane metody pomiarowe najczęściej spotykane w zastosowaniach przemysłowych.

Czujniki rezystancyjne

Czujnik rezystancyjny składa się z drutu metalowego, którego rezystancja wzrasta wraz z temperaturą. Jest on wykonany z platyny, miedzi lub niklu i umieszczony w obudowie. Rezystancja czujnika wynosi najczęściej 100 Ω w temperaturze 0 °C, ale stosuje się również rezystancje 10, 500 i 1000 Ω. Symbolem **Pt 100** oznacza się najczęściej spotykany czujnik platynowy o rezystancji 100 Ω przy 0 °C. Czujniki platynowe są przeznaczone do pomiarów temperatury w zakresie od -250 do +800 °C.

Względna temperaturowa zmiana rezystancji czujnika jest niewielka i wynosi ok. 0,4Ω/°C dla Pt 100. W celu uniknięcia zbyt dużego błęd pomiarowego należy kompensować rezystancje doprowadzeń pomiędzy czujnikiem i przyrządem pomiarowym; tzw. połączenie czteroprzewodowe daje bardzo dużą dokładność pomiaru.

Rezystancja czujnika Pt 100 wg EN60751 (ITS90) może być wyznaczona następująco:

dla zakresu temperatur $-100^{\circ}\text{C} < t < 0^{\circ}\text{C}$:

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3)$$

dla zakresu $0^{\circ}\text{C} < t < 850^{\circ}\text{C}$:

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2)$$

gdzie:

R_t jest rezystancją czujnika w temperaturze t

R_0 jest rezystancją przy 0°C

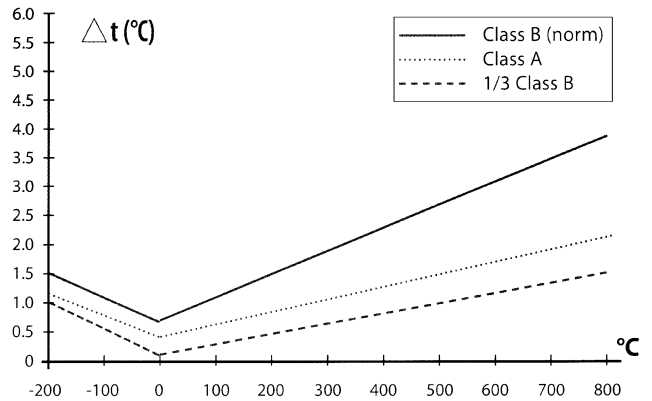
$$A = 3,9083 \times 10^{-3} / ^{\circ}\text{C}$$

$$B = -5,775 \times 10^{-7} / ^{\circ}\text{C}^2$$

$$C = -4,183 \times 10^{-12} / ^{\circ}\text{C}^4$$

Kilka wartości rezystancji wyliczonych wg tego wzoru znaleźć można w tabeli "Sygnały wyjściowe czujników Pt100 i K".

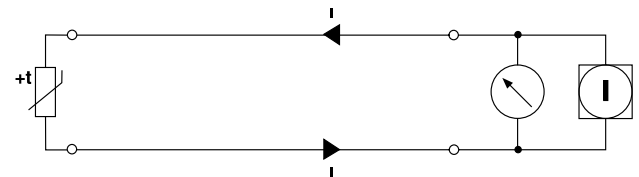
EN60751 definiuje trzy klasy A, B i 1/3B które określają dopuszczalną wielkość odchyłek - w stosunku do normy - sygnałów podawanych przez czujnik.



Niedokładność czujników Pt100. $\Delta t =$ Błąd pomiaru temperatury dla czujnika Pt 100, klasa A, B i 1/3B wg EN 60751.

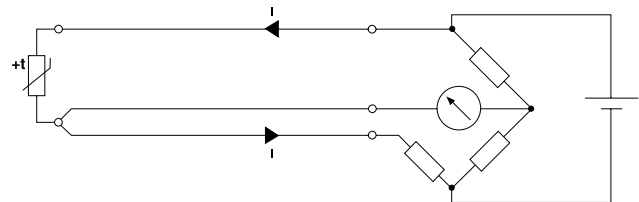
Podłączenie czujników rezystancyjnych

W przypadku włączenia czujnika do obwodu za pomocą połączenia **2-przewodowego**, rezystancja każdego przewodu może przykładowo wynosić 0,5Ω. Całkowita, dodatkowa rezystancja widziana przez przyrząd pomiarowy wynosi 1Ω. Dla czujnika Pt100, 1Ω oznacza zmianę temperatury o ok. 3°C, tak więc przyrząd wskaże temperaturę o 3°C za wysoką. Dlatego też 2-przewodowe połączenie czujnika powinno być używane wyłącznie, kiedy czujnik znajduje się bardzo blisko przyrządu pomiarowego i gdy nie wymaga się wysokiej dokładności pomiaru.



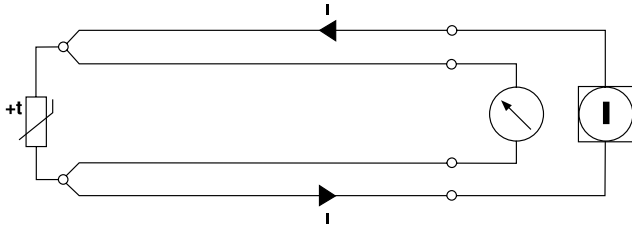
Połączenie 2-przewodowe. Prąd pomiarowy płynie w tym samym przewodzie, który jest dołączony do przyrządu mierzącego napięcie na oporniku. Spadek napięcia w przewodach powoduje błąd wskazania, jeśli przewody są np. zbyt długie.

Połączenie 3-przewodowe.. W nieco uproszczony sposób można powiedzieć, że trzeci przewód jest używany do pomiaru rezystancji kabla, tak aby przyrząd mógł kompensować tę rezystancję. Wszystkie trzy przewody powinny mieć taką samą rezystancję, ponadto 2 przewody powinny być ekranowane, zaś wymóg ekranowania nie dotyczy trzeciego przewodu. Jeśli sygnał z czujnika będzie przesyłany na duże odległości lub też w środowisku, które jest narażone na zakłócenia (np. w pobliżu kabli energetycznych lub dużych maszyn elektrycznych), zaleca się stosowanie kabli ekranowanych. Układy połączeń 3-przewodowych czujników Pt 100 spotykane są w zastosowaniach przemysłowych dość często.



Połączenie 3-przewodowe. Rezystancja przewodów może być skompensowana w układzie mostka Wheatstone'a. Pomiar napięcia jest wysokoimpedancyjny.

Wariantem najdokładniejszym jest połączenie **4-przewodowe**. Ewentualną różnicę rezystancji między przewodami pomiarowymi można tu skompensować (porównaj z opisem połączenia 3-przewodowego). Połączenie 4-przewodowe zapewnia wysoką dokładność i jest używane przede wszystkim w dokładnych pomiarach laboratoryjnych i przy kalibracji przyrządów.



Połączenie 4-przewodowe. Prąd pomiarowy płynie w dwóch przewodach, a napięcie jest mierzone wysokoimpedancyjnie poprzez pozostałe dwa przewody. Zapewnia to wysoką dokładność pomiaru.

Termoelementy

Metoda pomiaru polega na tym, że różne metale w tej samej temperaturze uwalniają lub absorbują różną liczbę elektronów. Jeśli połączy się szeregowo dwa różne przewody metalowe i mierzy między nimi napięcie, można zaobserwować, że spadek napięcia na punkcie styku metali zmienia się wraz z temperaturą. Napięcie to jest nazywane napięciem termoelektrycznym i posiada niewielką wartość, ok. $40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (dla typu K). Termoelementy są używane do większości przemysłowych pomiarów temperatury.

Termoelementy mogą być produkowane w różnych kombinacjach metali; wykazują wówczas różne właściwości i mogą być stosowane np. do pomiarów ekstremalnie wysokich temperatur. Ze względów praktycznych niektóre typy termoelementów są standaryzowane. Najczęściej spotykanym standardem jest **typ K**, który można stosować z wieloma przyrządami i przetwornikami pomiarowymi.

Ze względu na wystarczająco wysoką dokładność termoelementy typu K są najczęściej używanymi w przemyśle.

Sygnały wyjściowe czujników Pt100 i termoelementów typu K.

Temperatura °C	Rezystancja Pt 100 Ω	Napięcie Termoelementu typu K μV
-50	80,31	-1889
-40	84,27	-1527
-30	88,22	-1156
-20	92,16	-778
-10	96,09	-392
0	100	0
10	103,90	397
20	107,79	798
30	111,67	1203
40	115,54	1612
50	119,40	2023

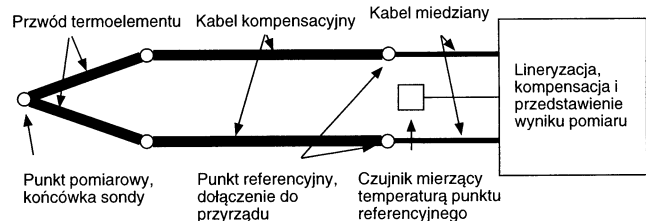
60	123,24	2436
70	127,08	2851
80	130,90	3267
90	134,71	3682
100	138,51	4096
110	142,29	4509
120	146,07	4920
130	149,83	5328
140	153,58	5735
150	157,33	6138

Podłączenie termoelementów

Ponieważ zasada budowy termoelementów polega na łączeniu dwóch różnych metali, kabel pomiędzy czujnikiem i przyrządem musi być zbudowany z tych samych dwóch metali, z których jest wykonany czujnik, lub też z metali o tych samych właściwościach termoelektrycznych.

Taki typ kabla nazywa się **kablem kompensacyjnym**.

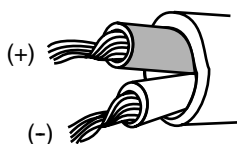
Podobnie jak kable, również i złącza muszą być wyprodukowane z tych samych metali. W przeciwnym przypadku mielibyśmy do czynienia z szeregowym połączeniem pewnej liczby termoelementów, po jednym w każdym punkcie styku dwóch różnych metali. W takim przypadku pomiar temperatury nastąpiłby w wielu punktach, co spowodowałoby znaczny, całkowity błąd pomiaru. Należy również zwrócić uwagę na polaryzację czujników, kabla kompensacyjnego i złącza.



Schemat ideowy połączenia termoelementu z przyrządem pomiarowym.

Poniższy rysunek pokazuje oznaczenia kolorów kabli kompensacyjnych według normy DIN IEC 584 oraz DIN 43714. Należy pamiętać, że 200°C jest maksymalną temperaturą pracy kabli kompensacyjnych, nawet jeżeli wytrzymałość ich materiałów izolacyjnych przewyższa tę temperaturę. Wynika to stąd, że właściwości termoelektryczne materiałów są gwarantowane jedynie do 200°C . Przy pracy w wyższych temperaturach należy używać przewodów termoparowych lub termicznych. Stosowanie w układzie kabli pochodzących od różnych wytwórców może wprowadzać dodatkowy błąd pomiarów, gdyż różni wytwórcy stosują różne stopy metali.

Kable kompensacyjne muszą być bezpośrednio galwanicznie połączone, poprzez splatanie lub zaciskanie w tym samym zacisku. Następnie miejsce połączenia należy zabezpieczyć przed utlenianiem.



DIN IEC 584

Przewód "minusowy"-
biały; "plusowy"
- jak niżej

T Brązowy	Cu - CuNi
E Fioletowy	NiCr - CuNi
J Czarny	Fe - CuNi
N Różowy	NiCrSi - NiSi
B Szary	Pt30Rh - Pt6Rh
K Zielony	NiCr - NiAl
R Pomarańczowy	Pt13Rh - Pt
S Pomarańczowy	Pt10Rh - Pt

DIN 43714

Przewód "plusowy"-
czerwony; "minusowy"
- jak niżej

U Brązowy	Cu - CuNi
L Niebieski	Fe - CuNi
K Zielony	NiCr - NiAl
S Biały	Pt13Rh - Pt
S Biały	Pt10rh - Pt

Oznaczenie kolorów dla kabli kompensacyjnych według normy DIN IEC 584 i DIN 43714. Nie należy stosować typu J (Fe - CuNi) jednocześnie z typem L (Fe - CuNi). Posiadają one różne współczynniki temperaturowe. To samo dotyczy typów T (Cu - CuNi) i U (Cu - CuNi). Należy zwrócić uwagę, że podane powyżej materiały dotyczą termoelementów; materiały przewodów kompensacyjnych mogą się różnić.

Punkt referencyjny, zimny punkt dołączenia

Punktem referencyjnym (odniesienia) lub też zimnym punktem dołączenia nazywamy punkt, gdzie kabel kompensacyjny przechodzi w zwyczajny kabel miedziany, najczęściej wewnątrz przyrządu pomiarowego. Czujnik wraz z sondą są nazywane punktem pomiarowym, lub też gorącym punktem lutowniczym.

Gdy punkt dołączenia i punkt pomiarowy posiadają taką samą temperaturę np. +20°C, to napięcie elektryczne wyczuwane przez przyrząd pomiarowy jest równe zero. Przyrząd powinien jednak wówczas wskazywać temperaturę +20°C, a nie zerową (przy założeniu, że sonda nie wprowadza dodatkowego błędu pomiaru). Dlatego też należy dokonywać kompensacji temperatury punktu odniesienia; jest to tzw. "kompensacja zimnego punktu dołączenia".

Dlatego też w każdym przyrządzie pomiarowym współpracującym z termoelementem jest umieszczony czujnik temperatury w miejscu doprowadzenia kabli kompensacyjnych. Niedokładność tego czujnika może spowodować błędy pomiarowe gdy przyrząd pomiarowy jest zbyt gorący lub zbyt zimny. Największą dokładność pomiarową otrzymuje się dla większości przyrządów, kiedy znajdują się one w temperaturze pokojowej.

Niektóre standardowe termoelementy można stosować od -200°C, niektóre zaś mierzą nawet temperatury powyżej +1500°C.

Termistory

Termistory używane są w niektórych przyrządach jako czujniki temperatury. Istnieją dwa typy termistorów: PTC - z dodatnim współczynnikiem temperaturowej zmiany rezystancji (tzn. rezystancja termistora rośnie wraz ze wzrostem temperatury), oraz NTC - z ujemnym współczynnikiem temperaturowej zmiany rezystancji.

Układy elektroniczne do lineryzacji sygnału czujnika w przyrządzie pomiarowym, są stosunkowo proste. Dlatego produkcja przyrządów wykorzystujących termistory jest tania.

Nie mają one zbyt wysokiej dokładności pomiarowej, ale można ją poprawić poprzez staranną kalibrację i dokładną regulację

przyrządu pomiarowego łącznie z czujnikiem. Można również dokładnie skalibrować przyrząd jedynie w ograniczonym zakresie mierzonych temperatur, polepszając jego dokładność. Termistory stosuje się zazwyczaj w zakresie temperatur od -50°C do +150°C, maksymalnie do kilkuset °C. Przykładem zastosowań termistorów są termometry do pomiaru temperatury wewnątrz i na zewnątrz pomieszczeń, jak również termometry do badania temperatury ciała ludzkiego.

Czujniki półprzewodnikowe

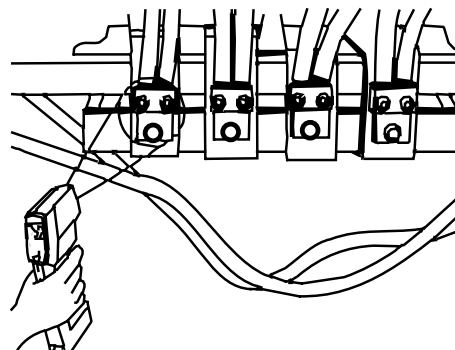
Czujniki półprzewodnikowe istnieją w różnych wariantach i są mniej lub bardziej inteligentne. Niektóre posiadają zakres napięć wyjściowych rzędu miliwoltów, inne mają wyjście dopasowane do sygnałów akceptowanych przez komputery. Mają one stosunkowo niską cenę, ale również, niestety, mały zakres mierzonych temperatur, do ok. +150°C. Ponadto użytkownik musi sam skonstruować układy elektroniczne, niezbędne do współpracy komputera z tymi czujnikami.

Wskaźniki czułe na temperaturę

Wskaźniki czułe na temperaturę wyglądają jak taśma przyklepna z jednym lub wieloma polami odpowiadającymi danym temperaturom. Kiedy temperatura charakterystyczna dla danego pola zostaje przekroczona, zmieniają one kolor. Na ogół zmiana ta jest nieodwracalna, tak by później można było stwierdzić, czy obiekt został poddany działaniu zbyt wysokiej temperatury.

Pomiary podczerwieni, pirometry

Wszystkie przedmioty w temperaturze wyższej niż zero absolutne (ok. -273°C) emitują promieniowanie ciepłe w postaci promieniowania podczerwonego - IR. Natężenie promieniowania rośnie wraz ze wzrostem temperatury przedmiotu.



Bezdotkowy pomiar temperatury można wykorzystywać do wyszukiwania uszkodzeń w sieciach wysokiego napięcia podczas ich pracy. Przegrzane punkty połączeń mogą wskazywać na przeciążenie lub zły styk.

Pirometr odbiera promieniowanie ciepłe i prezentuje wynik pomiaru w postaci temperatury. Przy pomiarze należy wziąć pod uwagę rodzaj materiału, z którego została wykonana zewnętrzna powierzchnia mierzonego obiektu. Różne materiały posiadają bowiem różne właściwości promieniowania podczerwonego przy tej samej temperaturze.

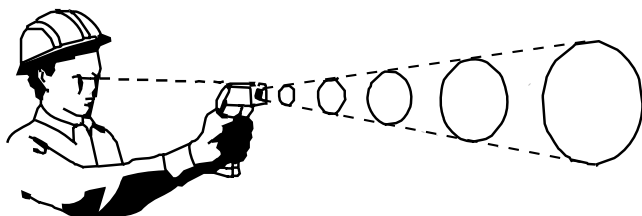
Współczynnik emisji ε opisuje własność promieniującej powierzchni. W wielu przyrządach wartość tego współczynnika można dowolnie ustalać tak, aby można było mierzyć temperaturę różnego rodzaju powierzchni. Dla innych przyrządów wartość współczynnika emisji jest stała, ustalona jako 0,9–1,0. Przyrząd wskazuje wówczas nieco za niską temperaturę np. przy pomiarze błyszczących powierzchni

metalowych. Niektóre powierzchnie mogą również funkcjonować jako lustro i odbijać promieniowanie ciepłe, które pochodzi ze znajdujących się w pobliżu gorących przedmiotów. W tym przypadku można pomalować powierzchnię na czarnomатовy kolor lub zbudować tabelę kalibracyjną.

Ten rodzaj pomiarów charakteryzuje się wysoką powtarzalnością tzn. różnica między każdorazowym wynikiem pomiaru, wykonywanym w taki sam sposób, jest niewielka. Ponieważ pomiaru dokonuje się bezkontaktowo, można mierzyć przedmioty, które są niemożliwe do zmierzenia w sposób tradycyjny, np. duże ściany, bardzo gorące przedmioty, obracające się, czy też poruszające się w inny sposób elementy, a także przedmioty, które są pod napięciem. Ponadto pomiar jest bardzo szybki, gdyż nie używa się żadnej sondy, której masa musiałaby być podgrzana przez mierzony obiekt.

Należy jednak zwrócić uwagę, że przyrząd wskazuje średnią wartość temperatury powierzchni, jako że czujnik "widzi" wiele punktów o różnych temperaturach (mowa tu o uśrednianiu temperatury zarówno na powierzchni, jak i w przeciągu czasu trwania pomiaru).

Pirometria jest jedyną metodą pomiarową, dzięki której można mierzyć temperatury powyżej 2000°C.



Przy bezkontaktowym pomiarze temperatury, powierzchnia pomiarowa powiększa się ze zwiększaniem odległości.

Kalibracja

Podczas kalibracji kontroluje się błąd wskazania przyrządu przy znanej wartości sygnału wejściowego. Błąd pomiaru jest zapisany w tabeli kalibracyjnej i używany następnie w celu wprowadzenia poprawki tak, aby określić dokładny wynik pomiaru.

Prostą kalibrację można wykonać samodzielnie. W tym celu umieszczamy sondę lub czujnik pomiarowy w mieszaninie wody z lodem. Przyrząd musi wskazywać temperaturę jak najbliższą 0°C. Sondę lub czujnik należy następnie umieścić w gotującej się wodzie, bez dotykania dna naczynia, w którym wrze woda. Przyrząd powinien wówczas wskazywać 100°C, przy normalnym ciśnieniu powietrza. Kalibracja przyrządu z dokładnością wymaganą przez normy międzynarodowe, może być wykonana jedynie przez autoryzowane, pomiarowe punkty serwisowe.

Propagacja fal radiowych

Fale radiowe rozchodzą się po liniach prostych, podobnie jak światło i inne fale elektromagnetyczne. Propagacja między dwoma punktami możliwa jest zatem przy zachowaniu widoczności między nimi. Ogranicza to zasięg komunikacji radiowej praktycznie do odległości horyzontu. Zasięg można poprawić poprzez zwiększanie wysokości umieszczenia anteny.

Istnieje również cały szereg sposobów umożliwiających odbiór sygnałów z miejsc położonych daleko za horyzontem.

Oto kilka przykładów dróg rozchodzenia się fal radiowych:

- **Promieniowane zewnętrzne** powstaje poprzez zmienne oddziaływanie prądów w ziemi. Fala ta jest zgodna z krzywą Ziemi i ma bardzo daleki zasięg także w wodzie. Częstotliwość do kilku MHz, a więc w zakresie pasma fal długich, a także średnich.
- Sygnały radiowe mogą się odbijać od **warstwy zjonizowanej** (jonosfery), która tworzy się w atmosferze na różnych wysokościach od powierzchni Ziemi. W ciągu dnia aktywna jest warstwa położona najniżej. W zasadzie tłumi ona fale o częstotliwościach poniżej 3 MHz i nie odbija ich. Fale o wyższych częstotliwościach przechodzą do warstw położonych wyżej, które są silniej zjonizowane i funkcjonują jak zwierciadła. Dlatego właśnie łączy krótkofalowe funkcjonują skuteczniej w ciągu dnia. Powyżej pewnej częstotliwości fale nie są już odbijane, tylko przenikają w kosmos. Najwyższa z przydatnych jeszcze częstotliwości określana jest jako **MUF** (Maximum Usable Frequency). Zmienia się ona nie tylko w ciągu dnia, ale też bywa różna w poszczególnych kierunkach w różnych porach roku. Jest ona przede wszystkim zależna od ilości plam na Słońcu i osiąga swoje maksimum co 11 lat. Wtedy właśnie MUF osiąga wartość największą. Sporadycznie występuje tzw. warstwa E, umożliwiająca przenoszenie również fal o częstotliwościach VHF na duże odległości. Najczęściej zdarza się to latem.
- **Scatter** (rozproszenie) zwane też frontowym rozchodzeniem się i oznacza, że sygnał rozprasza się z powodu nierównomierności warstw atmosfery tak, że pewna część sygnału skierowuje się w kierunku Ziemi i może być odebrana, mimo bardzo małego natężenia. Rozproszenie zwykle odbywa się w troposferze i dotyczy fal VHF i UHF, co umożliwia połączenia na duże odległości. Wymaga to jednak dużych mocy nadawania i anten o wysokim zysku.
- **Połączenie "meteorytowe"** może powstać za pośrednictwem warstw powstałych podczas silnej jonizacji, towarzyszącej unicestwianiu grup meteorów podczas ich przechodzenia przez atmosferę. Warstwy te stanowią doskonały reflektor i tłumią odbite sygnały w małym stopniu. Połączenia takie występują jednak tylko w ciągu jednej lub kilku sekund, co można jednak skompensować wysyłaniem telegramów o wysokiej prędkości, np. 1000 znaków/s. Technika ta stosowana jest w łączności radioamatorskiej i w wojsku.
- **Zorza polarna**, Aurora Borealis, jest związana z powstawaniem silnie zjonizowanych warstw. Radioamator mieszkający w środkowej Szwecji może skierować antenę w kierunku północnym, w kierunku zjonizowanej atmosfery i w ten sposób osiągnąć połączenie z miejscowościami położonymi na południu. Ze względu jednak na poruszanie się warstw zjonizowanych, przesyłany sygnał będzie zmieniał częstotliwość z powodu zjawiska Dopplera. Sygnał taki będzie silnie modulowany szumem o niskiej częstotliwości.

Na niemodulowane sygnały telegraficzne nałożony zostanie zakłócający sygnał o pewnym tonie, a modulowane mową sygnały, np. SSB zostaną silnie zniekształcone. Odbierane tą drogą sygnały radiowe są często silne, mimo średniej mocy nadajnika. Ze względu na to, że obszar zjonizowany może być bardzo duży, zaletą będzie możliwość używania anten o względnie szerokim kącie odbioru, czyli anten o słabym zysku. Patrz poniżej.

- **Odbicie księżycowe** - jak to wynika z nazwy, jako reflektor fal radiowych wykorzystywana jest powierzchnia Księżyca. Technika ta wymaga anten o dużym zysku, wysokiej mocy nadajnika i bardzo czułych odbiorników (o niskich szumach i wąskim pasmie).
- **Satellity**. Istnieje wiele satelitów możliwych do wykorzystywania przez radioamatorów. Przy ich pomocy można przenosić sygnały o małej mocy na duże odległości. Zazwyczaj stosuje się tu częstotliwości z pasm VHF/UHF lub SHF.

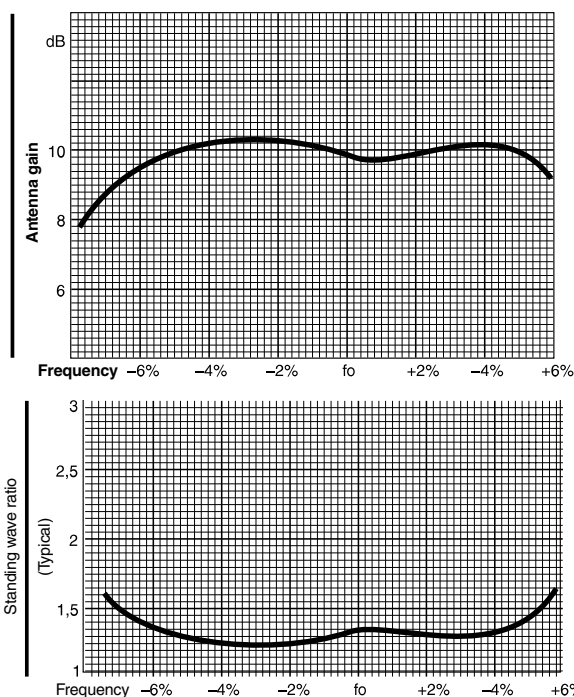
Anteny

Antena może być używana zarówno do nadawania, jak i odbioru sygnału. Wzmocnienie anteny jest takie samo w obu wypadkach. Antena jest elementem biernym i efekt wzmocnienia osiąga się wyłącznie poprzez jej kierunkowość. Odbierany lub nadawany sygnał koncentruje się w wąskim wycinku (listku). Im jest on węższy, tym wyższe będzie wzmocnienie. Ponieważ wzmocnienie nie jest tu aktywne, mówi się o "zysku antenowym". Zysk antenowy podawany jest w dB, w odniesieniu do anteny z pojedynczym dipolem.

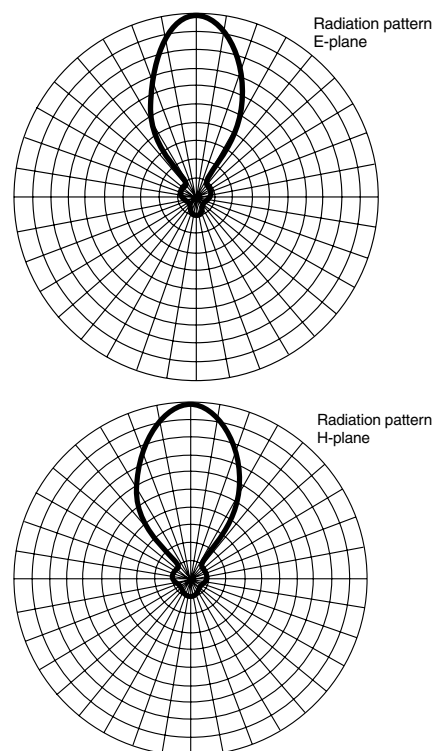
O ile antena zostaje zoptymalizowana w celu uzyskania możliwie wąskiego listka głównego, czyli maksymalnego zysku, pojawiają się często listki boczne w kierunku wstecznym. Ma to mniejsze znaczenie dla anten nadawczych. Dla odbioru w pasmach VHF i UHF szuka się możliwie wysokiego zysku anteny i boczne listki odgrywają również niewielką rolę. Przy odbiorze w pasmie fal krótkich, kiedy nadajniki pracują na zbliżonych częstotliwościach, istotnym jest osiągnięcie maksymalnie dużego odstępu pomiędzy poziomami sygnału pożądanego i zakłócającego. W takim wypadku będzie nawet pożądane używanie anteny o mniejszej sprawności w głównym kierunku, ale która jest zoptymalizowana pod kątem możliwie małych listków bocznych.

Większa liczba elementów i długość anteny przyczyniają się do zwiększenia jej zysku - na przykład w stosowanych w technice telewizyjnej antenach typu Yagi. Zmniejsza się przez to kąt rozwartości charakterystyki nie tylko w kierunku poziomym, ale również pionowym. W radiokomunikacji często zachodzi potrzeba "sięgnięcia" poza horyzont, i przy antenach o dużym zysku (wąskiej charakterystyce) oprócz precyzyjnego ustawienia w płaszczyźnie poziomej, może okazać się potrzebne dobranie odpowiedniej wartości kąta elewacji, tj. ustawienia w kierunku pionowym.

W celu uzyskania największej mocy z nadajnika, względnie proporcji sygnału do szumu w odbiorniku, należy dopasować impedancję anteny tak, aby można było przenieść możliwie dużą część mocy. Niedopasowanie prowadzi do odbić i powstawania tzw. fal stojących.



Przykład zysku anteny, współczynnika fali stojącej oraz charakterystyki promieniowania dla 8-elementowej anteny Yagi.



Anteny szerokopasmowe

Anteny odbiorcze w pasmie 0,3–3 MHz mogą być wykonane z drutu w kształcie L lub T lub też, jako odcinek drutu, przeciągnięty do jakiegoś wyższego punktu. Druk taki może mieć długość od kilku do 30-40 metrów. Ważne jest również dobre uziemienie odbiornika.

Anteny odbiorcze dla 3–30 MHz mogą być zrobione z drutu o długości 5-10 m. Można również używać znacznie dłuższych drutów bez obawy, że powstałe fale stojące zmniejszą sprawność anteny.

Antena aktywna może być rozwiązaniem w wypadku niemożności rozpięcia dłuższego drutu. Antena taka składa się z krótkiego odcinka drutu o bardzo wysokiej impedancji pojemnościowej. Jest on podłączony do układu aktywnego, który daje przekształcenie impedancji na 50 Ω oraz ewentualne wzmocnienie sygnału.

Anteny dostrojone

Anteny dla radioamatorów są dostrojone do jednego lub więcej pasm w celu dopasowania do nadajnika lub odbiornika.

Dipol półfalowy jest doskonałą anteną. Jego długość obliczamy ze wzoru:

$$L = v_c \times 0,95 / (2 \times f)$$

L to długość anteny (w m), v_c to prędkość światła w próżni (300×10^6 m/s) a f częstotliwość (i Hz = s⁻¹). Współczynnik 0,95 wynika ze względu na fakt, iż prędkość propagacji fali w miedzi jest niższa, niż prędkość światła w próżni 300.000.000 m/s.

Dipol półfalowy ma impedancję około 70Ω i dlatego jako kabla doprowadzającego używać należy kabla koncentrycznego o impedancji 75Ω. Dipol posiada ósemkową charakterystykę promieniowania, czyli ma dwa szerokie listki skierowane prostopadle do kierunku anteny, z minimum w kierunku pręta antenowego.

W krótkofalarstwie dąży się do uzyskania lepszych własności kierunkowych w celu zmniejszenia zakłóceń. W radiokomunikacji na falach VHF i UHF na dużych odległościach niezbędne są anteny o wysokim zysku. Można wówczas połączyć kilka anten Yagi obok siebie i piętrowo nad sobą w celu podniesienia zysku. Każde podwojenie ilości anten daje wzrost zysku o 3 dB

Anteny dla radia CB są wyłącznie antenami o charakterystyce dookólnej i montowane pionowo. Poprzez umieszczenie anteny na większej wysokości można poprawić jej zasięg.

Doprowadzenie do anten stanowi zazwyczaj kabel koncentryczny o impedancji 50Ω. Należy brać pod uwagę straty ze wzrostem długości kabla i częstotliwości pracy. Zobacz dane na temat tych kabli w katalogu.

Jeśli tłumienie w kablu wynosi np. 3 dB, oznacza to, że moc nadawania w antenie zmniejszona zostanie o połowę, np. ze 100W na 50W. Oznacza to również zmniejszenie czułości odbioru, ponieważ poziom sygnału zbliży się do poziomu szumów odbiornika o 3 dB. Przy każdym tłumieniu o 3 dB, moc zmniejsza się o połowę. W powyższym przykładzie moc zmniejsza się do 25 W przy tłumieniu o 6 dB, do 12,5 W przy tłumieniu o 9 dB, itd.

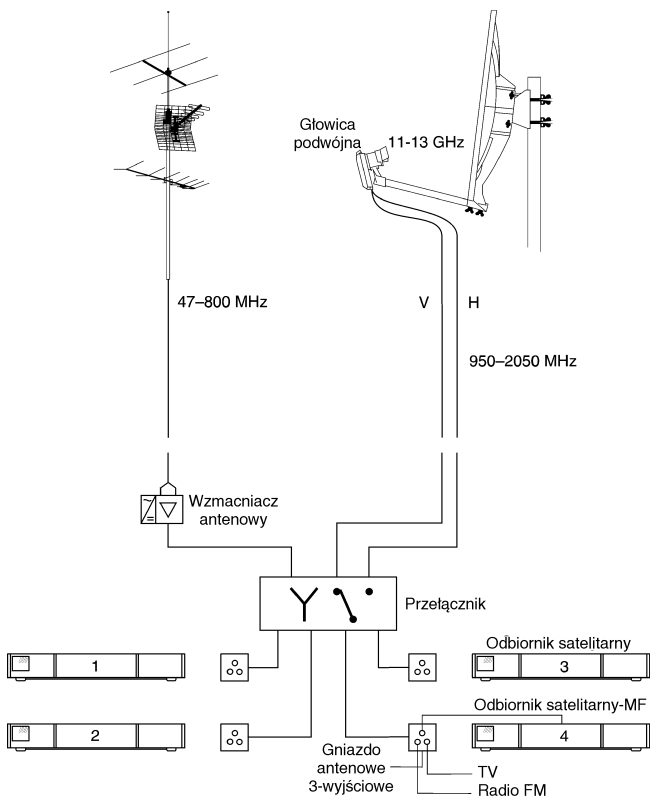
Piorunochrony niezbędne jest połączenie masztu antenowego grubym przewodem miedzianym do dobrego uziemienia, np. do pręta stalowego zakopanego na głębokości 1,5-2 m pod powierzchnią ziemi. Pomiędzy odbiornikiem i anteną należy również stosować ochronniki przepięciowe.

Ostrzeżenie. Nie używaj silikonu jako zabezpieczenia przed korozją anten, ponieważ posiada on właściwości izolujące.

Pasma radiofoniczne i telewizyjne w Szwecji

Zakres częstotliwości wykorzystywanych w radfonii i telewizji podzielony jest na 5 pasm częstotliwości, podzielonych z kolei na pewną liczbę kanałów.

Ze względów technicznych trudno jest wyprodukować jedną antenę o dużej sprawności w całym tym zakresie częstotliwości. Istnieją tzw. anteny kombinowane, ale są one wynikiem daleko idącego kompromisu i funkcjonują właściwie tylko w pobliżu nadajnika telewizyjnego. W takim przypadku występują też problemy z odbiciami, szczególnie przy programie TV1.



Instalacja antenowa radio i TV oraz satelitarna dla wielu mieszkań.

Zestawianie anten

Przy montowaniu dwóch lub więcej anten (np. anten VHF i UHF) w niewielkiej odległości od siebie, ich charakterystyki promieniowania będą się nakładać. Właściwa odległość przy zestawianiu takich anten, zależy od ich długości i kąta rozwarcia charakterystyk.

W sposób bardzo przybliżony można przyjąć, że odległość ta ma stanowić 2/3 długości anteny. Bardziej dokładną, lecz ciągle przybliżoną wartość dla długich anten można obliczyć ze wzoru:

$$\text{Odległość} = \frac{\text{długość fali}}{2 \times \sin\left(\frac{\text{kąt rozwarcia}}{2}\right)} \times 0,8$$

gdzie 0,8 jest współczynnikiem kształtu anteny, podawanym przez producenta.

Wzmacniacz antenowy

Jeśli masz słaby odbiór, nie wier, że wzmacniacz antenowy jest jedynym i najlepszym rozwiązaniem, ponieważ wzmacniacz ten, niezależnie od jego jakości, nie może przetworzyć złego sygnału na sygnał dobry, tylko najczęściej kompensuje straty, powstałe w kablu pomiędzy anteną i odbiornikiem TV. W wypadku montażu większej ilości gniazdek antenowych niezbędny będzie wzmacniacz antenowy.

Zacznij od kontroli stanu swoich anten i stwierdź, czy są one kompletne i nie są skorodowane. O ile masz antenę kombinowaną, wymień ją na oddzielne anteny dla poszczególnych pasm TV. O ile niezbędny jest wzmacniacz antenowy, powinien on być umieszczony możliwie najbliżej anteny (na zewnątrz budynku).

Należy znać numery kanałów nadawanych w miejscu swego zamieszkania, aby móc wybrać właściwą antenę. (Uwaga: nie mylić z numerami programów telewizyjnych).

Pasma dla radia (FM) i TV.

Pasmo I	TV kanał 2-4	47-68 MHz
Pasmo II	Radio FM	87,5-108 MHz
Pasmo III	TV kanał 5-12	174-230 MHz
Pasmo IV/V	TV kanał 21-69	470-854 MHz

W pasmie I i III znajdują się na ogół nadajniki dla TV1.

W pasmie IV/V znajdują się zwykle nadajniki TV2.

Powyższe dane dotyczą Szwecji. Co do informacji o lokalnych częstotliwościach radiowych i telewizyjnych w Polsce, można kontaktować się z Państwową Agencją Radiokomunikacyjną.

Radiokomunikacja

UWAGA: Niniejszy rozdział dotyczy sytuacji w dziedzinie radiokomunikacji w Szwecji. Polskie zasady i przepisy prawne mogą się w niektórych kwestiach różnić.

Telekomunikacja z wykorzystaniem fal radiowych rozszerza się na coraz więcej dziedzin. Radio i TV z nadajników naziemnych, bądź przekaźników satelitarnych, radia komunikacyjne do różnego rodzaju zastosowań, komunikacja "point-to-point" dla przekazywania rozmów lub danych, nawigacja, itp.

Ostatnio obserwujemy gwałtowny rozwój telefonii komórkowej. Związane jest to z wprowadzaniem systemów cyfrowych.

Modulacja

Techniki używane do modulowania *fali nośnych* (modulacja fali nośnej służy do przesunięcia sygnału w paśmie, do wyższego zakresu częstotliwości) można podzielić na kilka grup. Rozróżniamy modulację *analogową* i *cyfrową*, a także *amplitudową* i *częstotliwościową*. (Alternatywne określenia w stosunku do ostatnio wymienionych to modulacja liniowa i odpowiednio argumentacyjna). System przenośnej telefonii analogowej używa modulacji częstotliwości FM, podobnie jak wiele innych systemów komunikacji radiowej. Modulacja cyfrowa to zazwyczaj kombinacja ASK (Amplitude Shift Keying), gdzie amplituda zmienia się w jednym lub w wielu poziomach i PSK (Phase Shift Keying), w której następuje zmiana położenia fazy zgodnie z sygnałem modulującym.

Wspólną cechą dla modulacji amplitudy (AM) i częstotliwości (FM) jest to, że informacja, która jest sygnałem analogowym ma wpływ na falę nośną. Sygnał fali nośnej możemy określić jako:

$$s(t) = A \times \sin(\omega t + \Phi)$$

Oznacza to, że dla AM amplituda A zmienia się zgodnie z przekazywaną informacją, a dla FM zmienia się ω . Przy AM, ta sama informacja znajduje się po "obydwu stronach" częstotliwości fali nośnej. Możemy wtedy wybrać sposób wysyłki podwójnej (dwie wstęgi boczne, DSB) lub pojedynczej (jedna wstęga boczna, SSB). Ponadto przy DSB istnieje możliwość wysłania dodatkowo fali nośnej jako sygnału odniesienia. Jedną z zalet tego systemu jest łatwość detekcji. (Detektor składa się z prostownika jednopółprzewodnikowego, diody, filtra niskopasmowego, układu RC). SSB zajmuje węższe pasmo niż DSB.

Zaletą nadawania z użyciem FM w porównaniu z AM jest lepszy stosunek zależności pomiędzy sygnał/szum S/N otrzymany po detekcji, lecz kosztem użycia szerszego pasma częstotliwości. Do przesyłania mowy i muzyki potrzeba zazwyczaj pasma 200 kHz.

Innym typem modulacji niż FM jest *modulacja fazy* (PM), w której zmienia się Φ . W praktyce jest to kombinacja FM i PM z powodu czynników polepszających S/N, tzw. "pre-emphasis" i "de-emphasis".

Alternatywą modulacji fali nośnej jest modulacja pasma podstawowego, co oznacza, że sygnał "dopasowuje" się tylko do kanału przekazu i pozostaje w zakresie niskich częstotliwości - paśmie podstawowym. Przykładem cyfrowej modulacji pasma podstawowego jest PCM, modulacja impulsowo-kodowa, używana w telefonii cyfrowej.

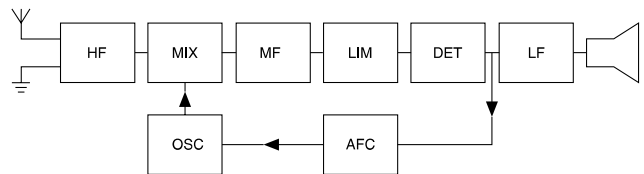
Odbiór

W Szwecji wolno posiadać odbiorniki radiowe pracujące na dowolnym paśmie, prawo to jednakże może być ograniczone w pewnych krajach, gdzie odbiór sygnałów radiowych dozwolony jest tylko na częstotliwościach przewidzianych dla stacji komercyjnych (patrz tabela). Jeśli chodzi o inne częstotliwości, to w Szwecji mogą być one odsłuchiwane, ale uzyskanych informacji nie można przekazywać dalej.

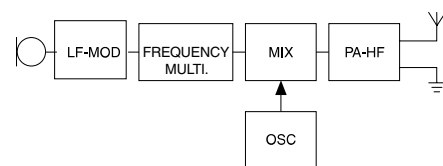
DX-ing, słuchanie odległych stacji, przeżywa swój renesans. Wiele osób chce, np. słuchać zagranicznych wiadomości, które mogą się bardzo różnić od krajowych. Potrzebny jest tu odbiornik z dużym wyborem kanałów, dobrą selektywnością, a także dobrymi własnościami pod względem tłumienia sygnałów zakłócających. Właściwa antena jest tu kluczem do dobrych wyników. Zobacz również rozdział o *antenach*. Dzięki zmniejszeniu wymiarów odbiorników łatwiej jest je zabierać w podróż czy na urlop.

Radio w zakresie fal długich (LV), średnich (MV) i krótkich (KV).

LV	148,5–283,5 kHz	25 m	11,65–12,05 MHz
MV	526,5–1606,5 kHz	22 m	13,6–13,8 MHz
74 m	3,95–4,0 MHz	19 m	15,1–15,6 MHz
49 m	5,95–6,2 MHz	16 m	17,55–17,9 MHz
41 m	7,1–7,3 MHz	13 m	21,45–21,85 MHz
31 m	9,5–9,9 MHz		



Schemat blokowy odbiornika superheterodynowego, zakres FM. HF = wzmacniacz w. cz. z filtrem, MIX = mikser, MF = wzmacniacz cz. średnich, LIM = ogranicznik, DET = detektor, LF = wzmacniacz (audio) cz. niskich, AFC = automatyczna kontrola częstotliwości, OSC = rezonator o zmiennej częstotliwości do szukania odpowiedniej stacji (nadajnika).



Schemat blokowy nadajnika FM.

Nadawanie/odbiór

Osoby prywatne mogą otrzymać zezwolenie na posiadanie i używanie własnych **nadajników**.

Jest to bardzo atrakcyjne hobby. Wielu radioamatorów inwestuje w posiadanie aparatury, umożliwiającą nawiązywanie kontaktów z innymi radioamatorami na całym świecie. Wielu z nich interesuje się techniką i stara się ulepszać swoje urządzenia oraz podnosić kwalifikacje. Nierzadko zdarza się, że radiostacje amatorskie mają wyższe osiągi niż urządzenia profesjonalne.

Istnieją różne sposoby nawiązywania łączności i przekazywania informacji do innych radioamatorów.

Telegrafia CW. Ma daleki zasięg przy niskiej mocy nadajnika, jest nieczuła na zakłócenia i zajmuje wąskie pasmo.

Telefonia SSB. Nazywana jest również transmisją jednowstęgową - jest najbardziej efektywnym sposobem przesyłania mowy na dużą odległość przy niskiej mocy nadajnika. Emisja SSB posiada wąskie pasmo.

Transmisja cyfrowa "Packet Radio". System amatorski, polegający na przesyłaniu danych w pakietach według protokołu z korektą błędów, zwanym AX-25. Można w nim uzyskać połączenie ze stacją, bądź też ze "skrytką pocztową", gdzie można zostawiać, bądź też odbierać informacje. W celu powiększenia zasięgu można się połączyć pod jeden lub więcej, tzw. "Digipeaters", czyli system łańcuchowego przekazywania pakietów informacji. W ten sposób można dotrzeć do "skrytek pocztowych" na całym świecie. **Packetcluster** to pewien rodzaj konferencji, gdzie wszyscy uczestnicy informują się wzajemnie o aktualnych DX na zakresach pasm krótkich.

RTTY. Transmisja "Radioteletype" zwane jest również radiodalekopisem. Jest to sposób komunikacji używany do przesyłania tekstu metodą telexową. Metoda jest znana i używana od dawna. Stosowana jest zarówno do komunikacji dwustronnej, np. pomiędzy radioamatorami, jak również do transmisji jednokierunkowych, np. do emisji biuletynów prasowych. Większość agencji prasowych przesyła tym sposobem wiadomości w pasmie krótkofalowym, gdzie można prowadzić nastuch.

AMTOR jest nazwa nadana przez radioamatorów transmisji RTTY z korektą błędów. Inne nazwy używane w zastosowaniach komercyjnych to ARQ, FEC, Navtex, itp.

Facsimile. Są to obrazy telefaksowe przesyłane na falach krótkich z satelitów, np. mapy pogody, zdjęcia prasowe i informacje żeglugowe. Mając właściwe wyposażenie można odbierać te obrazy.

SSTV, Slow Scan Television. Nadajniki TV na pasmie fal krótkich są wąską, lecz interesującą gałęzią radioamatorstwa. Zasada polega na przesyłaniu obrazu linia po linii do stacji odbiorczej.

Pasma radioamatorskie.

160 m	1,81–1,85;	MHz	10 m	28,0–29,7	MHz
	1,93–2,00	MHz	70 cm	432–438	MHz
80 m	3,5–3,8	MHz	23 cm	1240–1300	MHz
40 m	7,0–7,1	MHz	13 cm	2,3–2,45	GHz
30 m	10,1–10,15	MHz	6 cm	5,65–5,85	GHz
20 m	14,0–14,35	MHz	3 cm	10–10,5	GHz
17 m	18,068–18,168	MHz			
15 m	21,0–21,45	MHz	jak również różne pasma,		
12 m	24,89–24,99	MHz	aż do	250	GHz

Pasma amatorskie przeznaczone są dla radioamatorów posiadających licencje.

W Polsce radioamatorów zrzesza Polski Związek Krótkofalowców, tam należy się kierować po informacje z dziedziny krótkofalarstwa.

Pasmo CB na 27 MHz zwane jest również pasmem obywatelskim (z ang. Citizen Band). Aby móc z niego korzystać należy uzyskać zezwolenie, ale nie trzeba składać żadnych egzaminów. Radia tego używa się do komunikacji pomiędzy łodziami rekreacyjnymi, na polowaniach, pomiędzy samochodami, itp. Pasma zawiera około 40 kanałów. Współczesne radiostacje pracują z modulacją częstotliwości (FM). Stacja musi posiadać świadectwo homologacji.

Używanie starszych stacji, pracujących z modulacjami AM, jest zabronione.

Radiotelefony VHF morskie zawierają 60 kanałów i mają zakres częstotliwości 155,5–157,4 MHz. Maksymalna moc z nadajnika nie może przekraczać 25 W. Stacja taka może być używana w ruchu międzynarodowym przez właściciela licencji. Posiada on również możliwość kontaktu ze stacją przybrzeżną, która zapewni połączenie do publicznej sieci telefonicznej.

Łączność ta na ogół jest wolna od zakłóceń, częściowo ze względu na mniejsze zakłócenia ze strony stacji zagranicznych, a częściowo ze względu na większą dyscyplinę użytkowników pasma. W celu zapewnienia sobie możliwości korzystania z pasma morskiego VHF należy posiadać co najmniej tzw. certyfikat D. Zarząd Poczty i Telekomunikacji udziela informacji na temat zakresu egzaminu. Wymagany jest również właściwy atest stacji.

Przedsiębiorstwa oraz instytucje mogą również otrzymać zezwolenie na **radio komunikacyjne** do połączeń stacjonarnych między dwoma punktami, np. w pasmie około 150 i 430 MHz.

Podanie składa się do Zarządu Poczty i Telekomunikacji, który przydziela licencje i częstotliwość.

Pasma lotnicze o zakresie 118–135 MHz używane jest zarówno przez lotnictwo prywatne, jak też przez linie lotnicze, przede wszystkim przy starcie i lądowaniu.

Transmisja danych przez radio ma miejsce zarówno w zorganizowanej formie komercyjnej, np. w systemie Mobitex, jak też wśród radioamatorów.

Odkłócanie

W niektórych przypadkach po zainstalowaniu nadajnika mamy do czynienia z emisją zakłóceń. Dotyczy to zarówno nadajników radioamatorskich, radia CB, jak też telefonów komórkowych. Powstawanie zakłóceń ma dwa źródła:

- Nadajnik wysyła harmoniczne lub częstotliwości "pasożytnicze". W tym wypadku można nadajnik wyposażyć w odpowiedni filtr i ewentualnie zaekranować. Ważne jest dopasowanie impedancji między nadajnikiem i anteną, a także właściwe uziemienie. Dopasowanie pomiędzy asymetrycznym kablem koncentrycznym i symetrycznie zasilaną anteną, np. dipolem należy wykonać przy pomocy tzw. transformatora "balun" (symetryzatora). Pomogą również przeprowadzenie kabla koncentrycznego przez pewną liczbę pierścieni ferrytowych lub też zwinięcie kilku zwojów kabla w formie pierścienia. Zmniejsza to ryzyko promieniowania z dolnej części anteny
- Wysyłany sygnał jest na tyle silny, że może podlegać detekcji we wzmacniaczu, magnetofonie, odbiorniku telewizyjnym, magnetowidzie czy też aparacie słuchowym.

W pierwszym wypadku odpowiednie kroki muszą być podjęte przez właściciela nadajnika. W drugim, gdzie należy podjąć działania związane z odbiornikiem, musi nastąpić współpraca między zainteresowanymi stronami. Jeśli chodzi o zakłócenia nadajników należących do radioamatorów, można liczyć na pomoc członka SSA. Zarząd Poczty i Telekomunikacji bada zakłócenia po złożeniu odpowiedniego zgłoszenia.

Narzędzia warsztatowe

Ambicją firmy ELFA jest posiadanie asortymentu narzędzi i pomocniczych środków produkcji funkcjonalnych, niezawodnych i ergonomicznych.

Narzędzia ręczne obejmują m.in. różnego rodzaju **wkrętaki** które są tak zaprojektowane, aby spełniały różnorodne wymagania w szerokim zakresie zastosowań. Wspólną ich cechą jest ergonomia. Do tego dochodzą dodatkowe cechy i specjalne wymagania:

- **Wkrętaki** z izolowanym ostrzem do prac przy *wysokim napięciu* - 1000 V.
- **Ostrza przewidziane do różnego rodzaju wkrętów**, np. płaskie, sześciokątne wpuszczane, krzyżowe Philipsa, krzyżowe Pozidrive, gwiazdkowe typu Bristol i Torx. Wybieraj uważnie właściwe wkrętaki krzyżowe, ponieważ mają one różne kąty nachylenia.
- Z **wkrętaków z wymiennymi końcówkami** można stworzyć system, w których również uchwyty można wymieniać lub zastąpić wkrętakiem elektrycznym. Gdy potrzebujemy stale pewnych rodzajów i rozmiarów wkrętaków, wygodniej jest używać narzędzi stałych.
- **Chwytyki śrub, wkrętów, nakrętek, itp.** mogą być niezbędne przy pracy w trudno dostępnych miejscach. W pewnych wypadkach przydatnym będzie wkrętak namagnesowany, w innych będzie on szkodliwy (np. przy naprawie magnetofonu lub pamięci magnetycznej). W takich sytuacjach zalecamy używanie urządzenia do magnesowania - rozmagnesowywania.
- **Wkrętaki strojeniowe**, stosowane przy wysokich częstotliwościach, muszą być bezwzględnie niemagnetyczne. Z tego względu wykonuje się je z tworzyw sztucznych. Dla pasma UHF i wyżej, wymaga się dodatkowo, aby materiał, z którego wykonany jest wkrętak, miał niską stałą dielektryczną i nie wpływał na pole wysokiej częstotliwości.
- **Ergonomia** jest ważna. Oznacza to, że uchwyt musi być wygodnie ułożony w dłoni i tak ukształtowany, aby można było wykonywać efektywne ruchy ręką. Dlatego wkrętaki miniaturowe do prac precyzyjnych posiadają obrotowy koniec uchwyty. Uchwyt wkrętaka z jednokierunkową zapadką może znacznie uprościć i przyspieszyć prace montażowe.

Patrz również rozdział - *Wkrętaki*.

Pincety w wersji standardowej produkowane są z chromowanej stali. Istnieją również pincety wykonane z niemagnetycznej, nierdzewnej stali. W niektórych środowiskach, np. w pomieszczeniach sterylnych, używać można jedynie pincet ceramicznych, z których nie powstają najmniejsze opiłki. Są one odporne na chemikalia i nie korodują. Dodatkową ich zaletą jest to, że materiał, z którego są wykonane, jest dobrym izolatorem, co wspólnie z innymi zabezpieczeniami daje ochronę przed ESD. Patrz rozdział *Wyładowania elektrostatyczne*.

Cęgi powinny mieć dobre i izolowane uchwyty. Wymagana jest wysoka precyzja wykonania przegubów oraz szczęk. Cęgi odcinające do grubszych drutów powinny mieć fazowane krawędzie tnące. Może to jednak uszkodzić takie komponenty jak szkło w kontaktronach. Do takich celów należy używać niefazowanych odcinaków, zwracając płaską część w stronę wrażliwego komponentu.

Narzędzia do zaciskania końcówek - patrz rozdział *Zaciskanie końcówek*

Mikroskop umożliwia kontrolę optyczną obwodów. Komponenty termoczułe oświetla się zimnym światłem, które doprowadza się do badanego obiektu światłowodem. Oświetlenie pierścieniowe zapobiega tworzeniu się cieni. Obiektów powinien być wyposażony w zoom. W niektórych mikroskopach można dołączyć specjalną przystawkę i otrzymać obraz na monitorze TV za pomocą kamery. Istnieje również możliwość dołączenia drukarki video do drukowania dokumentacji. Alternatywą będzie też zastosowanie aparatu fotograficznego.

Wyładowania elektrostatyczne

ESD jest to skrót od ang. Electro Static Discharge, co oznacza wyładowania elektrostatyczne. Już w latach 60-tych odkryto, że tranzystory MOS są czułe na ESD. Od tego czasu powstał cały szereg nowych typów półprzewodników z coraz cieńszymi ścieżkami i mniejszą odległością między nimi. To spowodowało, że wrażliwość półprzewodników na ESD stale wzrasta. Nowe typy szkód, które są spowodowane przez ESD, można podzielić na dwie grupy. Półprzewodnik zostaje uszkodzony przy wyładowaniu całkowicie albo, w drugim wypadku, częściowo, t.j. powstają błędy ukryte. W pierwszym przypadku jest stosunkowo łatwo zlokalizować uszkodzenie, podczas gdy błąd ukryty oznacza, że struktura półprzewodnika jest uszkodzona, ale funkcja w jakimś stopniu zachowana. Oznacza to, że taki półprzewodnik mógł uzyskać pewne niepożądane własności, jak również to, iż działa niepewnie. Tak zwane chwilowe błędy są najczęściej bardzo trudne do zlokalizowania. Koszty spowodowane uszkodzeniem półprzewodnika przez ESD są duże zarówno w produkcji, jak i w serwisie.

Wrażliwość półprzewodników na ESD

W tabeli poniżej znaleźć można najczęściej spotykane półprzewodniki z podanym poziomem uszkadzającego potencjału. Wartości są podane w przybliżeniu, ale dają pojęcie co do wrażliwości danego typu półprzewodnika.

Wrażliwość na wyładowania elektrostatyczne

Typ półprzewodnika	Poziom w V
MOS-FET	100 – 200
J-FET	140 – 10.000
C-MOS	250 – 2.000
Schottky-TTL	300 – 2.000
Tranzystory bipolarne	380 – 1.500
ECL, w montażu drukowanym	500 –
SCR	600 – 1.000

Powstawanie potencjału elektrostatycznego.

Sytuacja	Poziom w V <20 % RH	Poziom w V >65 % RH
Osoba idąca po wykładzinie	35.000	1.500
Osoba idąca po PCW	12.000	250
Osoba obok miejsca pracy	6.000	100
Okładka z PCW	7.000	600
DIP w pudełku plastikowym	12.000	3.500

Wyładowanie elektrostatyczne

Elektryzowanie ciał następuje w wyniku tarcia lub indukcji. Ładunki elektryczne są stale w naszym otoczeniu. Na stanowiskach pracy, podłodze, krzesłach, ubraniach, opakowaniach, papierze i obwolutach z tworzyw sztucznych. Osoba idąca po podłodze lub pracująca przy stole może zgromadzić na sobie ładunek elektryczny tworzący pole elektrostatyczne o potencjale wielu tysięcy woltów. Wartości w powyższej tabeli pokazują, że w codziennych sytuacjach potencjał taki może osiągać wartości, które oznaczają ogromne ryzyko dla elementów półprzewodnikowych.

Zapobieganie ESD

Istnieje podstawowa zasada, która chroni nas przed szkodami ESD. **Staraj się uniknąć elektryzowania!** Poprzez podjęcie następujących działań zapobiegawczych, można uzyskać skuteczną ochronę przed szkodami wyrządzonymi przez ESD:

- Wszystko co jest wrażliwe na ESD musi być używane tylko w miejscu, które jest zabezpieczone przed ESD.
- Transportuj wszystkie elementy wrażliwe na ESD w

ekranowanych pojemnikach lub innych opakowaniach antyelektrostatycznych.

- Kontroluj i testuj zabezpieczenia antyelektrostatyczne, aby działały pewnie.

Strefa chroniona przed ESD

Miejsce pracy chronione przed ESD można stworzyć wg. następujących zasad. Na podłodze umieszcza się *matę przewodzącą* uziemioną. Kiedy osoba zbliży się do miejsca pracy i wchodzi na taką matę, wszystkie ładunki elektryczne zostają przez nią odprowadzone. W ten sposób chroni się elementy znajdujące się w danym miejscu przed ładunkami zgromadzonymi np. na osobach odwiedzających. Stanowiska pracy zaopatruje się w *przewodzące płyty stołowe*, z których odprowadza się ładunki elektryczne do podłogowej maty przewodzącej, z którą są połączone elektrycznie. Osoba, która pracuje przy tym miejscu pracy nie stanowi ryzyka dla elementów, o ile jest *uziemiona za pomocą opaski* umieszczonej na przegubie dłoni. W sytuacji gdy nie można uniknąć w miejscu pracy materiałów nieprzewodzących, nie dających się rozładować, powinno się używać *wentylatora jonizującego*, który dokonuje nawiewu zjonizowanego powietrza. W ten sposób neutralizowane są ładunki elektryczne zgromadzone na dielektrykach i ryzyko wyładowania elektrostatycznego zostaje wyeliminowane.

Opakowania zabezpieczające przed ESD

Należy odróżniać materiały metalizowane, przewodzące i antystatyczne. Materiały te mają różne własności elektryczne i dlatego też różne zastosowania.

Materiały metalizowane i ekranujące posiadają warstwę metaliczną, która tworzy klatkę Faradaya i zapobiega przedostaniu się przez nie ładunkom i polom elektrycznym. Warstwa metalu w torebkach składa się na ogół z niklu lub aluminium i daje bardzo dobre zabezpieczenie elementów półprzewodnikowych.

Materiały przewodzące. Miesza się na ogół węgiel i tworzywa sztuczne, aby otrzymać odpowiednie właściwości przewodzące. Materiał taki nie starzeje się, a jego przewodzące własności nie zmieniają się przy niskiej wilgotności powietrza. Własności przewodzące materiału umożliwiają produkcję pojemników, które zabezpieczają umieszczone w nich elementy przed uszkodzeniami mechanicznymi i wyładowaniami elektrostatycznymi. Jeśli chodzi o własności ekranowania, to decyduje o nich grubość materiału. Dlatego torebki z przewodzącego materiału posiadają ograniczone własności ekranowania - w porównaniu z torebkami metalizowanymi.

Materiały antystatyczne (zwane również antyelektrostatycznymi) są to na ogół chemicznie obrabiane tworzywa sztuczne. Materiały te nie mają własności ekranujących, ale ich skład powoduje, że mają ograniczone możliwości elektryzowania się wzajemnie, jak i od innych materiałów. Torebki z materiału antystatycznego są odporne na starzenie, tzn. zachowują swoje właściwości stale. Materiały takie zalecane są jedynie jako materiały na opakowania do elementów, które nie są wrażliwe na ESD.

Kontrola i konserwacja

W celu osiągnięcia wysokiej jakości ochrony przed ESD, należy wszystkie materiały, przedmioty i urządzenia stosowane w ochronie przed ESD kontrolować, aby upewnić się co do ich jakości i funkcjonalności. Istnieją odpowiednie testery do kontroli przewodzących opasek przegubowych, płyt stołowych, butów i mat podłogowych, jak również przyrządy pomiarowe do pomiaru potencjału elektrostatycznego. Kontrola wyposażenia powinna odbywać się regularnie. Opaski przegubowe powinno się testować codziennie, podczas gdy pozostałe wyposażenie co najmniej raz w miesiącu.

Wkrętaki

Wybór odpowiedniego wkrętaka

W celu ułatwienia wyboru wkrętaka sporządziliśmy tabelę, w której znajdują się najczęściej spotykane wymiary wkrętaków.

Należy z niej korzystać w następujący sposób:

Zmierz wymiar wkrętu, a następnie znajdź odpowiednią szerokość i grubość ostrza wkrętaka.

Przykład: Do wkrętu z nacięciem, o średnicy 3,0 mm (M3), należy używać wkrętaka o wymiarach 4,0 x 0,80 mm

Wkręty z łbem z nacięciem



Szerokość ostrza	Wymiar wkrętu	Maksymalny moment dokręcania w Nm	Dokręcanie ręczne	Dokręcanie maszynowe
x				
Szerokość nacięcia mm				

0,8 x 0,16	*	–	–	–
1,0 x 0,18	*	–	–	–
1,5 x 0,25	M1	–	–	–
1,8 x 0,30	M1,2	–	–	–
2,0 x 0,40	M1,6	0,40	0,42	
2,5 x 0,40	M1,8	0,40	0,42	
3,0 x 0,50	M2	0,70	0,80	
3,5 x 0,60	M2,5	1,3	1,4	
4,0 x 0,80	M3	2,6	2,9	
5,5 x 1,0	M3,5	5,5	6,2	
6,5 x 1,2	M4	9,4	10,5	
8,0 x 1,2	M5	11,5	12,9	
10,0 x 1,6	M6	25,6	28,7	
12,0 x 2,0	M8	48,0	53,8	

* Wkręty specjalne

Wkręty krzyżowe

Philipsa (PH) i Pozidriv (PZ)



PH	PZ	Wymiar wkrętu	Maksymalny moment dokręcania w Nm	Dokręcanie ręczne	Dokręcanie maszynowe
Wymiar PH + PZ	Wymiar wkrętu				
00	*	–	–	–	–
0	M1,6-M1,8	1	2		
1	M2-M3	4	5		
2	M3,5-M5	10	14		
3	M6	20	42		
4	M8	30	60		

* Wkręty specjalne

Wkręty z łbem z gniazdem sześciokątnym



Wymiar A mm	Wymiar wkrętu	Maksymalny moment dokręcania w Nm	Dokręcanie ręczne
0,7	*	0,08	
0,9	*	0,18	
1,3	M1,4	0,53	
1,5	M1,6-M2	0,82	
2,0	2,5	1,9	
2,5	M3	3,8	
3,0	M4	6,6	
4,0	M5	16	
5,0	M6	30	
6,0	M8	52	
7,0	M10	78	
8,0	M10	120	
10,0	M12	220	

* Wkręty specjalne

Wkręty typu Torx



Numer klucza	Wymiar A mm	Wymiar wkrętu	Maksymalny moment dokręcania w Nm	Dokręcanie ręczne	Dokręcanie maszynowe
T3	1,17	*	–	–	–
T4	1,28	*	–	–	–
T5	1,42	M1,6	0,43	0,5	
T6	1,70	M2	0,75	0,9	
T7	1,99	M2,5	1,4	1,7	
T8	2,31	M2,5	2,2	2,6	
T9	2,50	M3	2,8	3,4	
T10	2,74	M3-M3,5	3,7	4,5	
T15	3,27	M3,5-M4	6,4	7,7	
T20	3,86	M4-M5	10,5	12,7	
T25	4,43	M4,5-M5	15,9	19,0	
T27	4,99	M4,5-M6	22,5	26,9	
T30	5,52	M6-M7	31,1	37,4	
T40	6,65	M7-M8	54,1	65,1	
T45	7,82	M8-M10	86,2	104	
T50	8,83	M10	132	159	
T55	11,22	M12	252	257	
T60	13,25	M14	437	446	

* Wkręty specjalne

Tłusty druk oznacza najczęściej spotykane wymiary.

Powyższe dane dotyczą wkrętów metrycznych.

Zaciskanie końcówek

Zaciskanie końcówek jest metodą wykonywania połączeń elektrycznych poprzez zaprasowanie końcówki wokół przewodu, przez co zapewnia się dobre własności elektryczne i mechaniczne. Za pomocą odpowiedniego narzędzia zaciska się końcówkę np. na zakończeniu przewodu.

Technika

Metoda powstała przede wszystkim jako alternatywa do lutowania. Technika zaciskania końcówek rozpowszechniła się szybko we współczesnym przemyśle. Jej popularność wynika głównie stąd, że o jakości połączenia nie decyduje osoba wykonująca, tylko jakość narzędzia do zaciskania końcówek. Zaciskanie końcówek jest techniką połączenia ściskanego, o własnościach zależnych w największym stopniu od sposobu uzyskania plastycznego odkształcenia ściskanych materiałów (kabla + końcówki), zapewnianego przez narzędzie. Stąd wysokie wymagania dotyczące narzędzi do zaciskania końcówek i ich dokładności. Zarówno elementy łączące jak i narzędzia do zaciskania muszą być właściwie dobrane do danego przewodu.

Współczesne narzędzia do zaciskania końcówek są dostosowane do różnych technologii zaciskania oraz posiadają dodatkowe przełożenia, które zmniejszają potrzebną do zaciśnięcia siłę fizyczną. Należy jednak zwrócić uwagę, że jakość i wytrzymałość połączenia jest całkowicie zależna od jakości narzędzia do zaciskania końcówek. Dlatego też wybór odpowiedniego narzędzia jest najważniejszy.

Istnieją też oczywiście inne techniki łączenia o różnym zakresie stosowania: metody termiczne *lutowanie*, *spawanie* oraz metody mechaniczne *łączenie śrubowe*, *owijanie*, *zacinanie przewodu (IDC)*, itp.

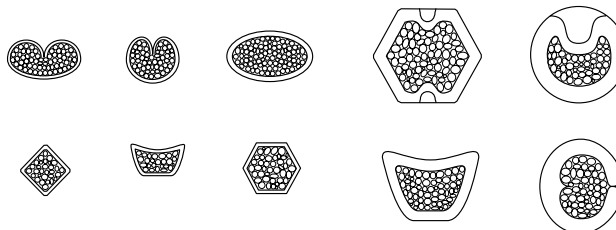
Większość z tych metod ma swoje ograniczenia, które powodują, że ich stosowanie nie jest możliwe w szerszym zakresie. Szczególnie zaciskanie końcówek na kablach przenoszących większe moce jest metodą obecnie dominującą.

Zaciskanie końcówek ma mnóstwo zalet:

- szybkość
- pewność
- prostota i łatwość uzyskania połączenia
- niski koszt jednostkowy
- brak wydzielania ciepła
- brak środków chemicznych
- ustalone parametry połączeń
- łatwa kontrola
- bardzo szeroki zakres zastosowań

Różne sposoby zaciskania końcówek

W zależności od materiału przewodzącego, konstrukcji połączenia i zastosowania, stosuje się różne rodzaje końcówek i sposoby wykonania połączenia zaciskowego, a przez to wykorzystuje się różne typy narzędzi. Poniesiono duże nakłady w celu przebadania różnych kształtów i materiałów. Wyciągnij z tego korzyści w twojej pracy.



Przykład przekrojów różnych typów zaciskanych końcówek.

Połączenia kabli koncentrycznych

Jeśli chodzi o zaciskanie kabli koncentrycznych, to podlegają one różnym normom (min. MIL), które podają wymiary kabla i końcówki. Istnieją dokładne specyfikacje co do jakości połączenia i wymiarów narzędzi do zaciskania końcówek. Wymagania na wykonywanie zaciskania we właściwy sposób są niesłychanie wysokie ze względu na fakt, że po zaciśnięciu końcówki na kablu koncentrycznym pracuje ona przy bardzo niskich wartościach napięć i prądów. Wystarczy popełnić stosunkowo mały błąd przy zaciskaniu, a możemy otrzymać wysokie rezystancje przejścia w złączu i uzyskać źródło błędów w tym systemie. Dlatego należy zwrócić uwagę, aby używać wyłącznie narzędzi o wysokiej jakości.

Klasyfikacja substancji chemicznych

UWAGA: Podano tu zasady obowiązujące w Szwecji, które w związku z przynależnością tego kraju do Wspólnoty Europejskiej ściśle odpowiadają dyrektywom wspólnotowym. Nowe polskie przepisy prawne, znajdujące się aktualnie w końcowym etapie cyklu legislacyjnego, zmierzają w tym samym kierunku.

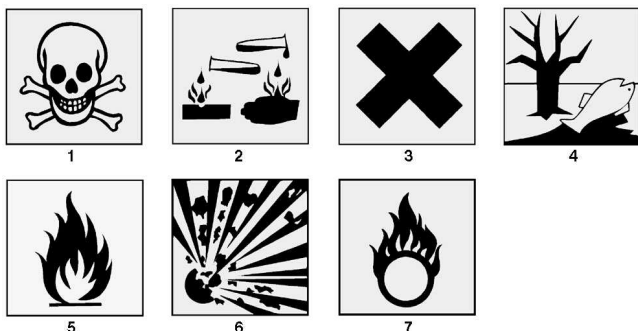
W celu ochrony ludzi i środowiska naturalnego przed negatywnym wpływem substancji chemicznych, uchwalono szereg przepisów prawnych. Niżej podajemy przykłady niektórych z nich:

- Przepisy o substancjach chemicznych, podające sposoby ich kontroli.
- Przepisy o transporcie substancji niebezpiecznych.
- Przepisy o ochronie środowiska pracy, gdzie substancje chemiczne są jednym ze źródeł zagrożeń.

Przepisy dotyczące substancji chemicznych

Przepisy te określają podstawowe zasady dotyczące importu i postępowania z materiałami chemicznymi.

Każdy, kto importuje, produkuje lub zajmuje się dystrybucją substancji chemicznych jest zobowiązany do przeprowadzenia właściwego rozeznania, jakiego rodzaju zagrożenia dla zdrowia człowieka, bądź środowiska mogą one stanowić. Materiały klasyfikuje się wg stopnia zagrożenia i dzieli na następujące kategorie:



Oznaczenie	Kategoria	Symbol
T+	Bardzo trujące	1
T	Trujące	1
C	Żrące	2
Xn	Niebezpieczne dla zdrowia	3
Xi	Drażniące	3
N	Niebezpieczne dla środowiska naturalnego	4
F+	Palne bardzo łatwo	5
F	Palne łatwo	5
E	Wybuchowe	6
O	Utleniające	7

Przepisy dotyczące transportu materiałów niebezpiecznych

Przepisy te definiują niżej wymienione zagadnienia:

- Transport
- Towary niebezpieczne
- Środki transportu

W przepisach szczegółowych o transporcie towarów niebezpiecznych wymienione są substancje chemiczne i ich podział na klasy.

Klasa 1 Substancje i przedmioty wybuchowe

Klasa 2 Gazy ciekłe lub gazy pod ciśnieniem

Klasa 3 Ciecze łatwopalne

Klasa 4.1 Substancje stałe łatwopalne

Klasa 4.2 Substancje samozapalające się

Klasa 4.3 Substancje, które wydzielają gaz palny przy kontakcie z wodą

Klasa 5.1 Substancje silnie utleniające się

Klasa 5.2 Nadtlenki organiczne

Klasa 6.1 Substancje trujące

Klasa 6.2 Substancje mogące wywoływać infekcje

Klasa 7 Substancje radioaktywne

Klasa 8 Substancje żrące

Klasa 9 Pozostałe substancje i przedmioty niebezpieczne.

Przepisy dotyczące warunków pracy

Substancje niebezpieczne mogą być stosowane pod warunkiem zapewnienia pracownikom ochrony ich życia i zdrowia. Przepis ten dotyczy wszystkich dziedzin i zawodów, gdzie występuje dostęp do substancji palnych, wybuchowych, żrących, trujących i niebezpiecznych dla życia w inny sposób.

Klejenie

Klejenie jest metodą łączenia, spajania materiałów za pomocą kleju lub innej substancji lepkiej. Zakres stosowania tej metody jest bardzo szeroki. Skleić można niemal wszystko, począwszy od zabawek do bardzo zaawansowanych konstrukcji w przemyśle lotniczym i kosmicznym.

Kleje można podzielić na 3 grupy:

- Kleje twardniejące, np. żywice dwuskładnikowe lub kleje cyjanoakrylowe.
- Kleje rozpuszczalnikowe (wysychające), w których rozpuszczalnik lub woda wyparowuje.
- Kleje topliwe, np. klej termotopliwy.

Kleje twardniejące

Klej epoksydowy, dwuskładnikowy składa się z żywicy i utwardzacza. Przy jego stosowaniu należy zwrócić szczególną uwagę na odpowiednie wymieszanie obu składników we właściwych proporcjach. Niewłaściwe przygotowanie kleju, pogorszy jakość spoiny. W skrajnym przypadku połączenie nie stwardnieje.

Kleje epoksydowe posiadają różne czasy twardnienia, a poza tym mogą wymagać różnych innych czynników, np. odpowiedniej temperatury.

Klej cyjanoakrylowy twardnieje w wyniku reakcji chemicznej z parą wodną zawartą w powietrzu. Utwardzanie przebiega bardzo szybko i dlatego nazywa się ten klej również błyskawicznym. Daje bardzo twarde spoiny, najczęściej o niezbyt dużej wytrzymałości mechanicznej. Istnieją także kleje cyjanoakrylowe z dodatkiem gumy, o znacznie lepszych parametrach wytrzymałościowych.

Klej silikonowy daje miękkie, elastyczne spoiny. Jest wytwarzany jako klej jedno- lub dwuskładnikowy. Klej jednoskładnikowy, twardnieje dzięki reakcji z parą wodną zawartą w powietrzu, co oznacza, że nie może być stosowany w przestrzeniach zamkniętych lub do połączeń, w których spoina jest grubsza, niż 5-6 mm, czyli tam gdzie dostęp powietrza jest utrudniony.

Klej dwuskładnikowy może zawierać różne utwardzacze. Najlepszym dla elektroniki są utwardzacze utleniające. Kleje takie nie wywołują korozji i mają bardzo mały skurcz. Aby uzyskać dobrą przyczepność do szkła, należy używać klejów z utwardzaczem zawierającym kwas octowy. Nie nadają się one jednak do zastosowań w elektronice.

Kleje rozpuszczalnikowe

Klej rozpuszczalnikowy, wysychający składa się z mieszaniny tworzyw sztucznych, rozpuszczonych w rozpuszczalniku organicznym lub w wodzie. Przy odparowywaniu rozpuszczalnika klej gęstnieje, a po pewnym czasie staje się ciałem stałym.

Aby wykonać spoinę, należy nanieść na sklejjane powierzchnie cienką warstwę kleju, wstępnie go osuszyć (odparowanie rozpuszczalnika), po czym obie powierzchnie silnie docisnąć.

Klej topliwy

Zwykle są to materiały termoplastyczne, które po stopieniu służą do wykonania spoiny (następnie całość ochładza się). Tego typu kleje przechodzą szybko w fazę stałą, co jest niewątpliwą zaletą w produkcji seryjnej.

Ogólne zasady

Aby otrzymać dobrą przyczepność kleju i mocną spoinę, należy odpowiednio przygotować sklejjane powierzchnie.

Sposoby przygotowania powierzchni są różne w zależności od stosowanego kleju. Ogólnie wymaga się, by powierzchnie były czyste i suche.

Niektóre materiały należy wcześniej trawić lub aktywować. Dotyczy to szczególnie tzw. tłustych tworzyw sztucznych, jak PTFE lub polietylen.

Przygotowanie

Aby dobrać odpowiedni klej, musimy odpowiedzieć sobie na pytania, jakim narażeniom będzie poddawana spoina, oraz jakie ma spełniać funkcje. Oto kilka przykładów zagadnień:

- temperatura
- narażenia mechaniczne
- woda lub inny rozpuszczalnik
- czy połączenie ma być pomalowane?

Lutowanie

Lutowanie jest metodą łączenia, która była używana w ciągu tysiącleci do produkcji np. ozdób i broni. Jednak dopiero w okresie ostatniego półwiecza lutowanie nabrało wielkiego znaczenia, ze względu na powszechność zastosowania w przemyśle elektronicznym. Szybki rozwój rozpoczął się w czasie II wojny światowej, kiedy szukano nowych metod nadających się do masowej produkcji. W ostatnich latach wiedza teoretyczna o lutowaniu jeszcze bardziej wzrosła i udało się poznać procesy zachodzące podczas lutowania. Pozwoliło to stworzyć nowe stopy lutownicze do różnych celów. Powiększają one zakres stosowania lutowania w przemyśle. Zajmiemy się opisem przede wszystkim procesów, które odbywają się przy tak zwanym lutowaniu miękkim, jak również podamy podstawowe zasady, niezbędne do osiągnięcia dobrego wyniku lutowania.

Przy lutowaniu łączy się metale tego samego lub różnego rodzaju, przez wprowadzenie pomiędzy nie roztopionego metalu zwanego lutowiem, lub prościej lutem. Temperatura topnienia lutu musi być niższa, niż temperatura topnienia materiałów łączonych. Dzięki zjawisku włoskowatości, lutowie przenika do wąskich szczelin pomiędzy łączonymi elementami.

Lutowanie twarde i miękkie

Przy lutowaniu twardym używa się otwartego ognia, który może pochodzić z palnika gazowego lub spawalniczego. Palnik gazowy na ogół zasilany jest butanem, a płomień osiąga temperaturę od 1300 do 1500°C. Przy stosowaniu urządzeń spawalniczych osiąga się temperaturę ok. 2700°C. Aparatura spawalnicza składa się z oddzielnych butli z gazem i tlenem oraz palnika. Luty twarde, w porównaniu z lutami miękkimi, mają wysoki punkt topliwości.

Z punktu widzenia metaloznawstwa, nie ma zasadniczych różnic pomiędzy lutowaniem miękkim i twardym. Przy lutowaniu przewodów, elementów elektronicznych, półprzewodnikowych, itp. należy zawsze starać się, aby uzyskane połączenie lutowane spełniało następujące warunki: miało dobre połączenie między-metaliczne między lutowiem a metalem łączonym, niską rezystancję elektryczną i nie posiadało naprężeń mechanicznych.

Lutowia

Lutowia do lutowania miękkiego wytwarzane są w różnych postaciach, np. drutów, prętów, folii i pasty.

Przy lutowaniu miękkim używa się lutowia, które jest stopem cyny i ołowiu w różnych proporcjach i o różnych temperaturach topnienia. Stop zawierający 63 % cyny i 37% ołowiu, jest stopem eutektycznym, t.j. stopem o niższej temperaturze topnienia od jego składników. Jego temperatura topnienia wynosi około 183°C. Zaletą stopu eutektycznego jest jego niska temperatura topnienia, jak również fakt, że posiada on wąski przedział topliwości. Podczas podgrzewania lutowie przechodzi ze stanu stałego w półpłynny stan plastyczny, a następnie w stan płynny. Różnica temperatur pomiędzy stanem stałym i płynnym, nazywa się przedziałem topliwości. Gdy lut znajduje się w stanie półpłynnym, t.j. w przedziale topliwości i następnie przechodzi w stan stały, nie wolno narażać połączenia lutowanego na drgania, aby nie dopuścić do powstania połączenia o złych własnościach elektrycznych i mechanicznych.

Czasami istnieje potrzeba doboru innego składu stopu lutowniczego z powodu specyficznych wymagań, i wówczas do cyny i ołowiu dodaje się innych pierwiastków.

– Miedź zwiększa trwałość grotów do lutownic. Dodaje się jej na ogół 2 %.

- Srebro dodaje się do lutowia przy lutowaniu części pokrytych srebrem, aby zapobiec degradacji się warstwy srebrnej. Aby osiągnąć ten cel, na ogół dodaje się 2 % srebra.
- Bizmut, kadm lub ind używany jest w celu obniżenia temperatury topnienia lutowia.

Środki ostrożności dotyczące środowiska

Ponieważ ołów jest metalem niepożądanym z punktu widzenia ochrony środowiska, powinno się go unikać. W dzisiejszych czasach istnieje na rynku alternatywny drut lutowniczy, wolny od ołowiu. Wadą jego jest nieco wyższy punkt topnienia, wynoszący 217–227°C, ale daje podobną wytrzymałość połączenia, jak lut z zawartością ołowiu; patrz dalsza część tekstu.

Połączenia lutowane

Przy lutowaniu staramy się osiągnąć zarówno dobre połączenie elektryczne, jak i dobrą wytrzymałość mechaniczną. Maksymalną wytrzymałość mechaniczną połączenia otrzymuje się wtedy, gdy odległość między lutowanymi częściami wynosi 0,05-0,25 mm. Zmniejszająca się wytrzymałość połączenia przy szczelinach poniżej 0,05 mm, wynika z nierówności powierzchni, która uniemożliwia pełne wypełnienie szczelin. Wytrzymałość połączenia zmniejsza się też z upływem czasu na skutek starzenia. Po około roku wytrzymałość połączenia lutowanego osiąga swoją końcową wartość, równą ok. 75 % wartości początkowej. Ponieważ przy lutowaniu miękkim temperatura topnienia jest stosunkowo niska, wytrzymałość zmniejsza się szybko wraz ze wzrastającą temperaturą pracy połączonych elementów. Wytrzymałość mechaniczna połączenia zmniejsza się również wtedy, gdy istnieje długotrwałe obciążenie mechaniczne połączenia. Wynika to ze skłonności lutów do płynięcia.

Topniki

Ponieważ większość metali szybko się utlenia, a powstające tlenki utrudniają lutowanie, należy używać specjalnych substancji chemicznych ułatwiających wykonanie połączenia, zwanych topnikami. Topniki usuwają tlenki z powierzchni metali, a także zapobiegają wtórnemu utlenianiu w czasie nagrzewania.

Podstawowym zadaniem topników jest umożliwienie samego procesu lutowania i przez swoje cechy poprawienie zwilżalności łączonych materiałów przez lutowie. Dlatego też substancje takie powinny spełniać następujące wymagania:

- Usuwać istniejące tlenki i zapobiegać utlenianiu powierzchni metali w czasie lutowania.
- Wytrzymywać podgrzewanie do temperatury lutowania i nie wyparowywać.
- Powinny się dać usunąć wypełniającym lutowiom, nie pozostawiać zanieczyszczeń i nie wytwarzać w czasie lutowania gazów.
- Nie wpływać niekorzystnie na metal (korozja) i nie pogarszać elektrycznych własności połączenia.

Wiele teorii próbowało wyjaśnić sposób działania topników, a niektóre z nich stały się podstawą do opracowania nowych rodzajów topników. Najczęstszym poglądem jest to, że topnik rozpuszcza i usuwa warstwę związków niemetalicznych i zanieczyszczeń z powierzchni metali i ciekłego lutu. Stopiony topnik tworzy również ochronną warstwę na metalu, która zapobiega powstawaniu nowych tlenków.

Topniki do lutowania mogą występować w postaci stałej lub płynnej i być nakładane w różny sposób. Najczęściej spotykaną metodą w lutowaniu miękkim jest umieszczanie topników w drucie lutowniczym, w pewnej ilości kanałów.

Na ogół dzieli się topniki na różne grupy, w zależności od intensywności ich działania, t.j. od zawartości dodatków aktywnych.

Topniki bierne

Czysta kalafonia sosnowa (ciało stałe, nietlony składnik żywicy drzew iglastych), a także jej roztwory spirytusowe, bez dodatkowych środków aktywujących.

Topniki o słabej aktywności

Kalafonia rozpuszczona w spirytusie z małymi dodatkami związków amonu lub halogenków (na ogół chlorków). Zawartość aktywnych dodatków nie może być większa niż 0,5 %. Pozostałości z tych słabo aktywnych topników nie powodują korozji i nie przewodzą prądu elektrycznego.

Topniki chemicznie czynne

Kalafonia rozpuszczona w spirytusie, aktywowana halogenkami powyżej 0,5 % lub innymi rozpuszczającymi tlenki związkami. Ilość halogenków, którą dodaje się do topnika, jest podana w wielu normach lub jest podawana przez producenta, np. BS 441 typ 1 D.T.D. 599 A, itd. Wspólną cechą czynnych chemicznie topników jest to, że ich pozostałości w połączeniu z wilgocią z powietrza stają się źródłem korozji połączenia lutowanego, co w konsekwencji prowadzi do jego zniszczenia. Przewodzą one również w pewnym stopniu prąd elektryczny. Dlatego bezwzględnie muszą być usunięte poprzez mycie (najczęściej ciepłą lub zimną wodą). Silnie aktywne topniki nie mogą być używane do lutowania lutem miękkim materiałów używanych w przemyśle obronnym.

Ze względu na fakt, że topniki wykonane na bazie kalafonii (lub z jej dodatkami) powodują powstawanie par formaldehydów, niewskazanych ze względu na problemy alergiczne, należy czasami używać topników wytworzonych syntetycznie.

Coraz częściej używa się do lutowania topników o niższej zawartości kalafonii. Zamiast tradycyjnych substancji, zawierających kalafonię w ilości aż do 20 %, można obecnie otrzymać topniki zawierające tylko ok. 2-3 %. Pozostałości takich topników po zakończeniu lutowania są nieznaczne.

Powierzchnia metalu

Jeśli ogląda się powierzchnię metalu w dostatecznym powiększeniu, można zauważyć, że przypomina ona swoim wyglądem krajobraz górski z wierzchołkami i dolinami. Zewnętrzne atomy metalu łączą się z atomami tlenu z otaczającego powietrza, tworząc z nimi związki chemiczne, t.j. tlenki metalu, pokrywające powierzchnię metalu. Na warstwie tlenków skrapla się zwykle pewna ilość pary wodnej z otaczającego powietrza, a na niej powstaje praktycznie zawsze warstwa tłuszczu i brudu o dużym napięciu powierzchniowym, zmniejszającym rozprzeczność roztopionego lutu. Prowadzi to w konsekwencji do utrudnienia wykonania połączenia lutowanego.

Zwilżalność

Zwilżalność jest pojęciem, które często występuje w zakresie lutowania miękkiego. Zwilżalność jest to zdolność do trwałego przylegania warstewki roztopionego lutu do powierzchni łączonego elementu. Zależna jest ona w znacznym stopniu od

napięcia powierzchniowego, występującego na powierzchni metali, które mają być łączone. Jeżeli roztopiony lut pozostawia po sobie równą, stałą warstwę na powierzchni metalu, to oznacza, że lutowie dobrze zwilża. Bez zwilżania nie może być lutowania. Aby to osiągnąć, przyciąganie między atomami lutu i metalu musi być silniejsze, niż między atomami samego lutu (zdolność do tworzenia połączeń międzymetalicznych). Dlatego wymagane jest niskie napięcie powierzchniowe i to jest zadanie do spełnienia stawiane topnikom. Z doświadczenia wiadomo, że miejsce lutowania, które jest dobrze zwilżane, będzie również dobrze lutowane. Luty takie są łatwe do kontrolowania bez specjalistycznych, drogich środków.

Zjawiska kapilarne

Przy lutowaniu zjawiska kapilarne (włoskowatość) odgrywają ważną rolę. Każde dobrze przeprowadzone lutowanie polega na tym, że roztopione lutowie musi wypełnić miejsce między łączonymi metalami. Zjawisko kapilarne powstaje na skutek działania napięcia powierzchniowego. Do najbardziej rozpowszechnionych należy wciąganie cieczy w wąskie przestrzenie, np. między łączone lutowaniem blachy. Zjawiska kapilarne są wynikiem ciśnienia kapilarnego, wytworzonego na zakrzywionej powierzchni cieczy (menisk) przez napięcie powierzchniowe. Im silniejsza działalność tych zjawisk, tym lepiej wypełniana jest przestrzeń międzymateriałowa i tym lepsza jakość lutu.

Prace lutownicze

Przygotowanie i cynowanie

W celu otrzymania zadowalających wyników lutowania, ważne jest, żeby miejsce lutowania było odpowiednio przygotowane i dobrze oczyszczone. Powierzchnie, które pokryte są cyną, srebrem lub złotem, mają dobrą lutowność. Lutowność metali maleje z czasem na skutek utleniania i zanieczyszczenia, dlatego powierzchnie łączone lutowaniem muszą być przed tym oczyszczone. Przy cynowaniu za pomocą kolby lutowniczej, topnikiem należy pokrywać przewód, a nie końcówkę grota kolby, aby zapobiegać jego przedwczesnemu parowaniu.

Lutowanie i montaż

Przed lutowaniem należy dopilnować, aby końcówka grota lutownicy była wolna od zanieczyszczeń i aby znajdował się na niej płynny lut. Zapewnia to bowiem skuteczniejsze przenoszenie ciepła. Końcówką grota należy dotknąć do takiego miejsca elementów lutowanych, które ma największą masę. Takie działanie gwarantuje dobre podgrzanie miejsca lutowania i w ten sposób zminimalizuje się ryzyko powstania tzw. zimnego lutu. Następnie należy przyłożyć spoiwo do ogrzanego miejsca punktu lutowniczego. Nie należy przykładać spoiwa bezpośrednio do rozgrzanej końcówki grota, ponieważ może to spowodować, że większość topnika wyparuje, zanim dotrze do miejsca lutowania. Ilość lutu, która pozostaje w punkcie lutowniczym, powinna być taka, aby pokrywała elementy łączone cienką warstwą. Gdy lut dobrze się rozpułynał po powierzchni łączonego metalu i przeniknął we wszystkie szczeliny, przerywa się natychmiast podgrzewanie. Zapobiega to spłynięciu lutu poza punkt lutowania.

Lutowane detale nie mogą być, przed zastygnięciem lutu, mechanicznie obciążane lub ruszane ze swojego położenia. W przeciwnym wypadku punkt lutowniczy pokryje się, jak gdyby kryształkami i będzie miał szary kolor, co oznacza, że punkt ten był niewłaściwie lutowany. Elementy i przewody nie powinny być, jeśli to możliwe, trzymane wolno za pomocą szczypiec lub pincet, ponieważ wzmocniają one drżenie dłoni.

Podczas lutowania końcówek lutowniczych zakończonych tulejkami, używa się nieco innych metod. Końcówki lutownicze łącząc wielobiegunowych lutuje się w taki sposób, że każdą tulejkę wypełnia się mniej więcej do połowy lutem. Następnie należy ją podgrzać do momentu, aż lut będzie płynny, po czym w tulejkę włożyć przewód i trzymać do zastygnięcia lutu. Metoda ta wymaga dobrze ocynowanego i wyczyszczonego grotu.

Lutowanie płytek drukowanych

Przy lutowaniu płytek drukowanych jest szczególnie ważne, żeby dobrać:

- Właściwą temperaturę
- Właściwą moc kolby
- Właściwy rozmiar drutu lutowniczego (lutowia)

Przy lutowaniu płytek jednostronnych moc lutownicy winna wynosić co najmniej 40 W, przy lutowaniu ciągłym. Temperatura grotu powinna wynosić 300–350°C - w zależności od umiejętności operatora. Wyższa temperatura końcówki stawia wyższe wymagania osobie lutującej, w zamian otrzymuje się krótszy czas lutowania i mniejsze rozproszenie ciepła.

Przy lutowaniu płytek drukowanych, dwustronnych, z przejściami, temperatura nie powinna być niższa, niż 350°C. Bierze się to stąd, że płytka drukowana z metalizowanymi otworami ma większą masę do podgrzania. Należy w miarę szybko podgrzać punkt lutowniczy do temperatury lutowania, a następnie szybkim, pewnym ruchem dostarczyć odpowiednią ilość lutowia. Przy zbyt wolnym podawaniu spoiwa lutowniczego może nastąpić wyparowanie topnika, czego wynikiem będzie, jak powiedziano wyżej, pogorszenie jakości lutowania.

Lutowanie płytek drukowanych, wielowarstwowych jest podobne do lutowania płytek dwustronnych. Czas lutowania powinien być jednak nieco dłuższy, ponieważ masa, którą należy podgrzać jest jeszcze wyższa.

Bardzo istotnym przy lutowaniu płytek drukowanych, dwustronnych z metalizowanymi otworami jest to, aby lut zwilżał nóżki elementów po obu stronach płytki. Zapobiega to utlenianiu się powierzchni łączonych i wciskaniu się tlenków pomiędzy lut i elementy łączone. Przy pracach lutowniczych z płytkami drukowanymi ważne jest, aby nóżki elementów były ucięte do właściwej długości przed lutowaniem. Jeżeli operację tę wykona się po lutowaniu, naraża się punkt lutowniczy na mechaniczne uszkodzenie, co ma miejsce, np. przy ucinaniu nóżek cęgami bocznymi.

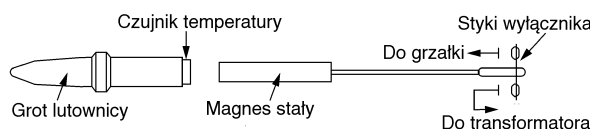
Narzędzia lutownicze

Stacja lutownicza lub kolba lutownicza

Wybór stacji lutowniczej (lutownica z transformatorem) lub kolby lutowniczej (do bezpośredniego zasilania z sieci elektrycznej), zależy od rodzaju lutowania. Stacja lutownicza jest lepsza przy lutowaniu przemysłowym w produkcji. Sama lutownica jest tu galwanicznie oddzielona od sieci elektrycznej. Kolba lutownicza, sieciowa jest bardziej właściwa do używania przez techników pracujących w serwisie i amatorów. Stacje lutownicze i bardziej zaawansowane lutownice mają automatyczną regulację temperatury. Występują też różne techniki regulowania temperatury grotów np. mechaniczna lub elektroniczna.

Mechaniczna regulacja temperatury

W ręczce kolby lutowniczej znajduje się magnes stały, który steruje stykami elektrycznymi w następujący sposób. Na końcu grotu lutownicy, po stronie mocowania, znajduje się element wykonany ze stopu, który poniżej ściśle określonej temperatury, zwanej *punktem Curie*, posiada własności ferromagnetyczne. Po przekroczeniu punktu Curie zanikają powyższe własności i stop staje się paramagnetykiem, tzn. magnes stały nie jest do niego przyciągany. Styki zostają otwarte, a obwód prądu zasilania grzałki przerwany. Kiedy temperatura opada poniżej punktu Curie, stop znowu staje się ferromagnetyczny, magnes przyciągnięty, a obwód prądu zamknięty. W ten sposób temperatura grotu oscyluje wokół punktu Curie. Zmieniając skład stopu ww. elementu, można zmieniać temperaturę grotu.



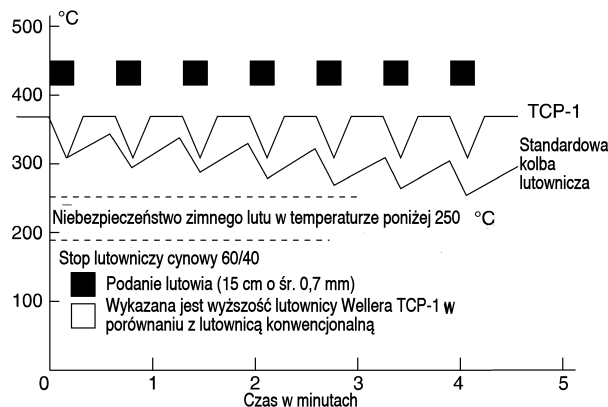
Lutownica z mechaniczną regulacją temperatury.

Elektroniczna regulacja temperatury

Temperaturę grotów lutowniczych można regulować w sposób elektroniczny. W lutownicy znajduje się czujnik z wbudowanym rezystorem NTC lub PTC. Czujnik reaguje na zmianę temperatury grotu. Sygnał z czujnika, po odpowiednim wzmacnieniu, steruje włączaniem i wyłączaniem zasilania grzałki lutownicy. Temperaturę można regulować bezstopniowo potencjometrem.

Zaletą elektronicznej regulacji temperatury w stosunku do mechanicznej jest to, że zapewnia ona możliwość zmiany temperatury grotu w czasie pracy bez wymiany grotu na inny.

Zaletą mechanicznej regulacji temperatury jest natomiast to, że nie da się zmienić temperatury bez zmiany grotu. Może to być zaletą, np. przy lutowaniu elementów w produkcji seryjnej, gdy niewskazana jest zmiana temperatury grotu przez operatora.



Zmiany temperatur z regulacją i bez regulacji.

Groty lutownicze

Występują dwa rodzaje grotów - platerowane i nieplaterowane, t.j. z powłoką ochronną lub bez niej. Oba rodzaje produkuje się z miedzi, która posiada bardzo dobrą przewodność cieplną. Groty platerowane są pokrywane powłoką ochronną (różnymi metodami), w celu osiągnięcia dużej ich trwałości.

Groty nieplaterowane są wykonane z czystej miedzi. Szybko się utleniają, zmieniają kształt (miedź jest "zjadana"), mają krótszą żywotność i dobrą przewodność cieplną.

Groty platerowane mają długą żywotność, są łatwe do utrzymania w czystości i posiadają względnie dobrą przewodność cieplną.

Wybór końcówki grota lutowniczego zależy od kształtu punktu lutowniczego i jego dostępności.

Dym przy lutowaniu

Dym powstający przy lutowaniu zawiera formaldehydy, które mogą powodować podrażnienia alergiczne przy wdychaniu i dlatego powinien być usuwany. Odsysanie jednak nie może być zbyt silne, ponieważ mogłoby to oziębzać grot. Dym lutowniczy można odprowadzać w różny sposób. Jednym z nich jest odsysanie dymu bezpośrednio przy końcówce grotu. Dym jest odprowadzany przez wąż i system rur do agregatu, gdzie szkodliwe cząsteczki zostają odfiltrowane.

Wylutowywanie

Wylutowywanie elementów może odbywać się w różny sposób:

- Przy użyciu ręcznego odsysacza cyny, używanego wraz z lutownicą.
- Za pomocą specjalnie wykonanych końcówek, które montuje się bezpośrednio na lutownicy.
- Za pomocą plecionki do usuwania cyny, którą przykładą się do punktu lutowniczego, a następnie podgrzewa lutownicą.
- Za pomocą stacji wylutowniczej z wbudowaną komorą próżniową. Stacja taka ma dołączoną kolbę wylutowującą, którą podgrzewa się spoiwo. Po uruchomieniu komory próżniowej, cyna zostaje wessana do zbiornika na cynę. Istnieją różnego rodzaju końcówki grotów do wylutowywania, do różnych stacji. Wybór właściwej końcówki zależy od średnicy wyprowadzenia elementu i średnicy punktu lutowniczego.

Prace wykończeniowe

Mycie po lutowaniu

Płytki drukowane myje się po lutowaniu ze względu na estetykę wyglądu, oraz aby zapobiec korozji przy wieloletnim przechowaniu, szczególnie wtedy gdy płytki będą znajdować się w niesprzyjającym środowisku.

Płytki drukowane myje się również ze względu na wymagania pewnych norm.

Ponieważ istnieje cały szereg różnych topników na rynku, należy zawsze upewnić się, jaki rozpuszczalnik do mycia jest właściwy. Należy również wziąć pod uwagę przepisy przeciwpożarowe, przepisy dotyczące substancji chemicznych, aspekty ochrony zdrowia, itd.

Lakierowanie ochronne

Płytki drukowane lakieruje się w celu ich ochrony przed wpływem środowiska. Lakier ochronny nakłada się na zmontowaną i gotową płytkę. Niektóre elementy muszą być zabezpieczone przed lakierowaniem, np. wszelkie styki i potencjometry. Dokonuje się tego za pomocą specjalnego lakieru lateksowego lub też taśmy maskującej.

Ważne jest, żeby lakierowanie ochronne zaplanować na etapie konstruowania układu, ponieważ wiąże się z tym odpowiednie przygotowanie mozaiki druku.

Wszystkie lakiery zawierają jakiś rozpuszczalnik. Należy zwrócić uwagę, aby rozpuszczalnik ten nie był szkodliwy dla zdrowia i nie uszkadzał elementów.

Montaż powierzchniowy

Montaż powierzchniowy wymaga specjalnych narzędzi, takich jak pincety próżniowe do nanoszenia elementów, magazynki karuzelowe do elementów, stacje montażowe, piecyki do lutowania powierzchniowego albo do utwardzania kleju, itp. Zalety montażu powierzchniowego w porównaniu do montażu przewlekane:

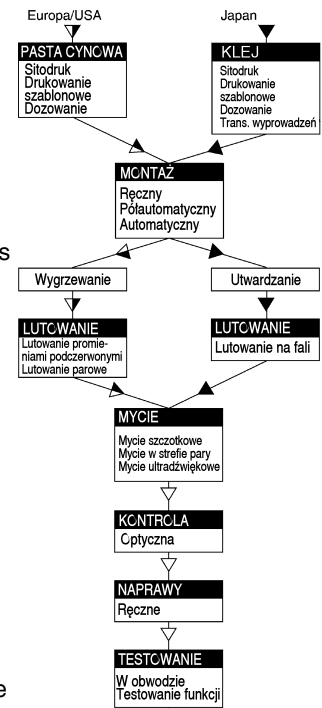
- Miniaturyzacja - aż do 70 % zaoszczędzonej powierzchni na płytce drukowanej.
- Niższa waga mimo większej ilości elementów i funkcji w podobnej konstrukcji.
- Bardzo dobre własności elektryczne przy wyższych częstotliwościach.
- Wyższa jakość i niezawodność.
- Niższe koszty elementów, przez co polepsza się ekonomia w dużych seriach produkcyjnych.

Produkcja płytek drukowanych z elementami montowanymi powierzchniowo wymaga pewnych inwestycji w postaci wyposażenia produkcyjnego do różnych operacji. Potrzeby te, określone są zestawem elementów do tego typu płytek drukowanych, jak również wyborem techniki montażu.

Generalnie istnieją dwie główne metody montażu powierzchniowego:

- Metoda z pastą cynową
- Metoda klejowa

Do płytek montowanych całkowicie metodą montażu powierzchniowego używana jest metoda z pastą cynową, podczas gdy druga metoda jest dużo częściej stosowana przy montażu mieszanym, tzn. do płytek, które mają zarówno elementy do montażu powierzchniowego, jak i do montażu w otworach. Poza tymi dwiema podstawowymi metodami, istnieją jeszcze inne, które wykorzystywane są do montażu mieszanego po obu stronach płytki drukowanej, tzn. gdy po obu stronach płytki, elementy do montażu powierzchniowego są zmieszane z elementami tradycyjnymi. Oznacza to oczywiście również dużo bardziej skomplikowany proces montażu, z utwardzaniem i wielokrotnym lutowaniem.



Metody montażu powierzchniowego.

Owijanie – Wire Wrap

Owijanie jest metodą łączenia wynalezioną w Bell Telephone Laboratories w USA na początku lat 50. Opracowywana ona była w pierwszym rzędzie do stosowania w telefonii.

Owijanie oznacza, że jednożyłowy przewód owija się wokół kołka o przekroju czworokątnym za pomocą specjalnego narzędzia. Przewód napręża się tak silnie, że na skutek wzajemnego docisku kołka i przewodu następuje połączenie metaliczne w miejscach styku. Połączenie jest gazoszczelne, wytrzymuje zmianę temperatury oraz jest odporne na korozję, wilgoć i drgania.

Wrzeczono do owijania i tuleja

Wybór wrzeczona i tulei do owijania zależy od szeregu parametrów, np. średnicy przewodu bez izolacji, średnicy przewodu w izolacji, przekątnej kołka do owijania i jego długości oraz sposobu owijania.

Nawijanie regularne oznacza, że nawija się na kołek tylko część odizolowaną przewodu. Zmodyfikowane owijanie oznacza, że nawija się 1,5 zwoju z izolacją, jako dodatkowe odciążenie.



Owijanie regularne

Owijanie zmodyfikowane

Bardzo ważne jest użycie właściwego wrzeczona, tulei oraz przewodnika. W przypadku użycia niewłaściwego, nie otrzymamy dobrej jakości owijania i można mieć problemy z jakością styku. Ważne jest także, aby część przewodu owinięta na kołku miała właściwą długość, by zapewnić odpowiednio dużą powierzchnię stykową (zbyt długie owinięcie jest niepotrzebne, zajmuje tylko miejsce na kołku). Dla przewodu o średnicy 0,25 mm długość odizolowania przewodu powinna wynosić 25,4 mm, co oznacza około 7 zwojów na kołku do owijania.

Zdejmowanie izolacji powinno odbywać się w taki sposób, aby nie uszkodzić przewodu. Dlatego ważnym jest, aby do tego celu używać specjalnego narzędzia.

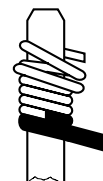
Istnieją również specjalne wrzeczona i tuleje, które nie wymagają wstępnego przygotowania przewodu, są to tzw. "Cut, Strip and Wrap" (CSW). Wrzeczona i tuleja są tak skonstruowane, że zdejmują izolację, odcinają i owijają przewód w tym samym momencie. Metoda ta stawia jednak wysokie wymagania w stosunku do izolacji przewodu, który jest specjalnie produkowany do tego celu.

Narzędzia do owijania

Istnieje kilka kategorii narzędzi do owijania:

Narzędzia proste	Najczęściej wielofunkcyjne narzędzie do owijania, odwijania i zdejmowania izolacji.
Narzędzia ręczne	Kombinowane narzędzie do owijania i odwijania. Może to być również narzędzie składające się z wrzeczona i tulei. Przeznaczone są do użytku przemysłowego.
Narzędzia zasilane z baterii	Wyposażone są w odpowiednie wrzeczona i tuleje, mogą być również używane do odwijania. Stosuje się w serwisie, pracach prototypowych i krótszych seriach.
Narzędzia zasilane z sieci	Wyposażone są w odpowiednie wrzeczona i tuleje. Przeznaczone są do prac prototypowych i produkcji.
Narzędzia pneumatyczne	Przeznaczone są do produkcji.
Automaty	Produkcja w dużych seriach.

Narzędzia zasilane z baterii, sieci lub pneumatyczne, można wyposażyć w specjalną sprężynę, aby przeciwdziałać "over-wrapping", tzn., aby przewód nie nawijał się sam na siebie w wielu warstwach. Jeśli narzędzie nie jest w to wyposażone, to wówczas cały czas operator musi kontrolować proces owijania.



"Overwrap"

Narzędzia do odwijania istnieją w kilku wariantach i są przeznaczone do różnych średnic przewodu. Narzędzie jest wyposażone w haczyk, który chwyta przewód i odwija go z kołka. Szereg narzędzi wyposażonych jest w tuleje, które są "nagwintowane" wewnątrz, aby unosić przewód. Używając takich tulei, unika się zwarć między kołkami, w przypadku odwijania przewodów w układach pracujących.

Bezpieczeństwo użytkowania urządzeń elektrycznych

Urządzenia elektryczne dopuszczone do sprzedaży muszą być bezpieczne dla użytkownika, zwierząt domowych itp. W Szwecji, przed wejściem do UE, obowiązywał nakaz znakowania S wszystkich aparatów elektrycznych. Próby były wykonywane wg przepisów szwedzkich oraz międzynarodowych standardów bezpieczeństwa użytkowania urządzeń elektrycznych.

W UE przepisy regulujące te zagadnienia noszą nazwę *Dyrektywy niskich napięć 73/23EEG, 93/68EEG*.

Z chwilą przystąpienia Szwecji do UE obowiązek znakowania S został zastąpiony znakowaniem CE.

Produkt dopuszczony do handlu między krajami członkowskimi wymaga znakowania CE. Oznacza to w skrócie że:



- Producent z UE lub importer (jeżeli produkcja odbywa się poza UE) zaświadcza za pomocą znaku CE, że produkt spełnia wymagania przepisów bezpieczeństwa jakie obowiązują na terenie UE. Dodatkowymi przepisami uzupełniającymi są odpowiednie standardy europejskie EN.
- Do każdego produktu wymagana jest odpowiednia dokumentacja. Najprostrzym dokumentem jest "deklaracja zgodności" (declaration of conformity). Zawiera on opis produktu z odniesieniem do standardów, z podaniem nazwy i adresu producenta lub importera. Dokument ten (kopia) musi być dostępny dla odpowiedniego urzędu w ciągu 3 dni roboczych. Inne dokument to "Technical File" zawierający dokładny opis techniczny z protokołem pomiarów.

Inną związaną z powyższym zagadnieniem dyrektywą jest *Dyrektywa EMC (89/336EEG, 92/31EEG, 93/68EEG)*. Dotyczy ona spełniania przez urządzenia elektryczne wymagań odnośnie promieniowania elektromagnetycznego, zarówno dla emisji jak i dla odporności. Dla znakowania CE obowiązują zazwyczaj obydwie dyrektywy.

W celu zapewnienia funkcjonowania systemu znakowania CE przeprowadzane są systematyczne kontrole. Oznacza to, że urząd do tego wyznaczony pobiera produkty do kontroli. W przypadku, kiedy okaże się, że produkt nie spełnia obowiązujących warunków ma on do dyspozycji kilka środków represyjnych, od zwrócenia uwagi do kary grzywny lub pozbawienia wolności.

Praktyczne porady dla użytkownika zestawów do samodzielnego montażu

- Dopilnuj, czy masz **właściwe narzędzia**. Szczególnie ważna jest dobra lutownica, zapewniająca wykonywanie lutów o właściwej jakości. Jeśli nie lutowałeś wcześniej, zwróć się po poradę do fachowca. Przy wszystkich pracach lutowniczych używaj past bezkwasowych lub cyny lutowniczej, która je zawiera. Przestrzegaj porad dotyczących lutowania przedstawionych dalej i w rozdziale *Lutowanie*.
- Bądź ostrożny przy **lutowaniu**, sżeby nie uszkodzić w tym procesie podzespołów i izolacji.
- Rezystory, w których wydziela się **ciepło**, nie mogą leżeć na płytce drukowanej, lecz muszą być umieszczone nad nią, z dala od przewodów i innych palnych części.
- Nigdy nie usuwaj **bezpieczników i innych podzespołów ochronnych**.
- Zwracaj uwagę na stosowanie podzespołów o **właściwych**

mocach. Nie używaj np. opornika o mocy 0,5 W, w miejscu gdzie potrzebny jest opornik 1 W.

- Przestrzegaj stosowania odpowiednich **odstępów izolacyjnych** od części sieciowej urządzenia. Jest to szczególnie ważne pomiędzy nieizolowanymi częściami przewodzącymi napięcie sieci, i metalowymi częściami urządzeń, jak np. chassis, czy obwody wtórne.
- Dopilnuj, aby części, podzespoły, przewody, itd., były umieszczone w odpowiedni sposób, tak żeby nie było **ryzyka zwarcia** lub też szkodliwego podgrzania otoczenia, w którym się znajdują.
- Nie prowadź wspólną wiązką **przewodów sieciowych** z innymi przewodami.
- Nie próbuj produkcji (trawienia) **płytek drukowanych**, ona których mają się znajdować obwody **pięciem sieciowym**.
- Nie produkuj sam **transformatora sieciowego**, ale zastosuj odpowiednio dobrany, wykonany fabrycznie.
- Sprawdź czy bezpiecznik, przewód zasilający i wyłącznik, posiadają odpowiednie **atesty bezpieczeństwa**.
- Sprawdź, czy **bezpieczniki** mają odpowiednie parametry, aby zamierzona ochrona funkcjonowała skutecznie.
- Nigdy nie używaj **bezpieczników** dla wyższego prądu, niż podane jest to w opisie. Rezultatem tego może być pożar lub zniszczenie drogich podzespołów.
- Jeśli jakiś bezpiecznik się wyłączy (przepali), oznacza to, że prawdopodobnie wykonałeś niewłaściwe połączenie i należy sprawdzić, **co było powodem błędu** oraz naprawić ten błąd przed wymianą bezpiecznika.
- Nie rób **żadnych prowizorycznych połączeń**, tylko od początku wykonuj porządne i prawidłowe połączenia.
- Używaj **dobrze izolowanych przewodów miedzianych**, szczególnie w obwodach napięcia sieciowego.
- Dopilnuj, żeby **izolacja przewodów nie była zniszczona** ostrymi krawędziami metalowymi, ruchomymi częściami urządzenia lub gorącymi podzespołami.
- Używaj jedynie głośników, które są **dopasowane** do impedancji wzmacniacza i jego mocy wyjściowej.
- Sprawdź, czy obudowa aparatu pasuje i daje **wystarczające zabezpieczenie** przed dotknięciem niebezpiecznych części i czy znajdują się w niej otwory wentylacyjne. Obudowy nie powinno dać się zdjąć bez użycia narzędzi.
- Bądź ostrożny, kiedy po raz pierwszy **uruchamiasz** aparat. Pamiętaj o tym, że dotknięcie części będących pod napięciem sieci może zagrażać twojemu życiu. Dopilnuj, żeby w pobliżu znajdował się ktoś, kto w razie niebezpieczeństwa może wyłączyć prąd.

Kontrola i serwis

Musisz się upewnić, że zestaw do montażu jest **właściwie połączony**, zanim podłączysz zasilanie.

Czy używałeś **właściwych narzędzi do lutowania**?

UWAGA! Tranzystory i kondensatory mogą ulec zniszczeniu przy zbyt wysokiej temperaturze.

Okres gwarancji wynosi 1 rok od daty zakupu, ale dotyczy tylko podzespołów, a nie montażu i dostrajania.

Pilnuj i przestrzegaj aktualnie obowiązujących przepisów dotyczących **bezpieczeństwa przy pracy z prądem elektrycznym**.

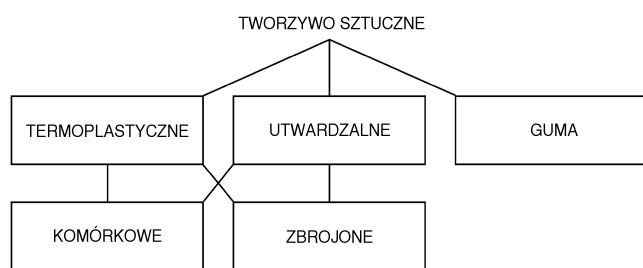
Tworzywa sztuczne

Najważniejszym składnikiem tworzyw sztucznych (plastików) są **polimery**. Polimer jest substancją, której cząsteczki są zbudowane z długich łańcuchów podobnie zbudowanych grup atomów. Tworzywa sztuczne mogą składać się z jednego lub wielu różnych polimerów. Mogą one również zawierać rozmaite substancje dodatkowe, które modyfikują właściwości polimerów. Podsumowanie:

Polimer + Substancja dodatkowa = Tworzywo sztuczne

Tworzywa sztuczne mają wiele zalet. Trzeba też wspomnieć o różnych słabościach i cechach negatywnych. Jedną z nich jest niewielka odporność tworzyw sztucznych na czynniki środowiskowe.

Polimery powstają w procesie wytwarzania i modyfikacji różnego rodzaju **łańcuchów cząsteczek**. Od kształtu łańcucha zależą własności materiału - może on zatem należeć do grupy tworzyw termoplastycznych, utwardzalnych lub też być gumą.



Zależności między różnymi typami tworzyw sztucznych.

Tworzywa termoplastyczne (termoplasty). Posiadają one proste lub rozgałęzione struktury łańcuchów cząsteczek. Połączenia między nimi są względnie słabe. Materiały z tej grupy charakteryzują się odwracalnym mięknięciem w wysokich temperaturach, dzięki czemu można je wówczas łatwo formować. Nie posiadają wyraźnego punktu topnienia. Materiały termoplastyczne można podgrzewać i przetwarzać wiele razy bez zmiany ich własności.

Tworzywa sztuczne utwardzalne. Ich cząsteczki tworzą struktury sieciowe. Ich cechą wspólną jest to, że wykonane z nich wyroby w czasie formowania osiągają swój ostateczny kształt w ten sposób, że 1, 2, lub więcej składników reaguje ze sobą, tworząc łącznie materiał wynikowy o wspomnianej strukturze sieciowej. Następuje utwardzenie materiału. Przy podgrzaniu materiał zachowuje swój kształt, aż do momentu, gdy temperatura będzie na tyle wysoka, że zacznie się on zwęglać. Tworzywa sztuczne, utwardzalne są z reguły sztywne i charakteryzują się niską absorpcją wilgoci, stabilnością wymiarów, jak również mniejszą kurczliwością niż większość tworzyw termoplastycznych.

Guma (kauczuk, elastomer) przypomina swoją strukturą materiały utwardzalne. Połączenia poprzeczne i łańcuchy cząsteczek są jednak rzadziej usieciowane. Oznacza to m.in. łatwiejszą zmianę kształtu.

Tworzywa sztuczne zbrojone. Termin ten odnosi się do tworzyw, do których dodano materiał wypełniający, na przykład w postaci mocnych włókien, które poprawiają jego własności mechaniczne i zmniejszają zmiany wymiarów w czasie utwardzania.

Tworzywa sztuczne, komórkowe mogą być oparte zarówno na tworzywach utwardzalnych, jak i termoplastycznych. Wspólne dla nich jest to, że tworzywo takie, poprzez dodanie pewnych środków, tworzy piankę. Tworzywo komórkowych używa się przede wszystkim jako izolacji cieplnych.

Dodatki

Poprzez dodawanie do polimeru różnych substancji modyfikujących można zmieniać jego właściwości. Podamy kilka przykładów takich dodatków:

Zmiękczacze (plastyfikatory) - dodaje się je po to, aby dany materiał termoplastyczny zmiękczyć. Czyste polimery są niekiedy zbyt twarde i kruche, aby nadawały się do zastosowań praktycznych. Plastyfikatory do tworzyw termoplastycznych działają w taki sposób, że siły wiążące między łańcuchami polimerowymi zostają nieco osłabione, co oznacza, że łańcuchy mogą się wówczas łatwiej przesuwać względem siebie.

Stabilizatory chronią polimery przed różnymi czynnikami powodującymi ich starzenie.

Wypełniacze powodują poprawę pewnych cech tworzyw, ale przede wszystkim służą zmniejszeniu ceny wyrobu końcowego. Zbyt duża ilość wypełniacza daje co prawda tani, lecz najczęściej gorszej jakości produkt. Popularnymi wypełniaczami są mączka kamienna, kreda, glina, mączka drzewna lub celuloza.

Środki ograniczające palność są również pewnym typem dodatku do tworzywa. Pod działaniem płomienia tworzywo przechodzi przez trzy kolejne stany - podgrzanie, rozkład i zapłon. Kiedy polimer rozkłada się, dochodzi do wydzielania gazów. Część z nich jest gazami łatwopalnymi, inne działają korodująco na metale i otoczenie, a jeszcze inne np. dwutlenek węgla, działają tłumiąco na płomień i dlatego takie tworzywa określa się jako samogasnące. Temperatura polimeru decyduje również w wysokim stopniu o reakcjach rozpadu. Poprzez tłumienie tych reakcji przy pomocy różnych dodatków można opóźnić zapalenie się tworzywa lub całkowicie mu zapobiec.

Przykłady różnych typów polimerów.

Tworzywa termoplastyczne

PCW	= Polichlorek winylu	
LDPE	= Polietylen (o niskiej gęstości)	
HDPE	= Polietylen (o wysokiej gęstości)	
PP	= Polipropylen	
PA	= Poliamid	
FEP	= Fluorowany eten i propen	} Węglany
PTFE	= Politetrafluoroeten Politetrawęglany	
ETFE	= Etenetetrafluoreten	} Poli- fluoru
PMMA	= Polimetakrylan metylu (metapleks, pleksiglas)	
PS	= Polistyren, standardowy	
SAN	= Polistyren, stabilny temperaturowo	
ABS	= Kopolimer akrylonitryl-butadien-styren	
PC	= Poliwęglan	
PETP,		
PET	= Poliester	
PUR	= Poliuretan (do tapicerki meblowej)	

Tworzywa utwardzalne

UF	= Karbamid-formaldehid = Tworzywo karbamidowe
MF	= Melamina - formaldehyd = Tworzywo melaminowe
PF	= Fenol-formaldehid = Bakelit, tworzywo fenolowe
EP	= Żywica epoksydowa (np. araldit)
UP	= Poliestery zbrojone włóknem szklanym (formy termoplastów)
PUR	= Polysiloksany (do lakierów poliuretanowych)

Własności tworzyw sztucznych

Właściwości różnych tworzyw zmieniają się w zależności od użytych dodatków. Powinno się na to zwracać uwagę np. przy rozpatrywaniu skutków działania płomienia, ponieważ dodatki mogą decydować o rodzaju dodatkowego ryzyka. Zawartość **chloru** lub **bromu** w tworzywie może powodować powstawanie dioksyn.

PCW (polichlorek winylu) jest bardzo popularnym tworzywem. Używa się go m.in. na izolację kabli i do produkcji opakowań. PCW istnieje w różnych wykonaniach, o rozmaitych własnościach. Przy paleniu twardego PCW powstaje szarawy dym, podczas, gdy miękkie PCW daje czarny dym.

Przy paleniu się tego tworzywa powstaje chlorowodór (kwas solny), ale najczęściej jest neutralizowany poprzez składniki dodatkowe.

PCW zwykle sam w sobie jest materiałem samogasnącym, ale może się spalić, o ile palą się inne, będące w pobliżu materiały.

Ze względu na zawartość chloru w PCW uważa się, że z punktu widzenia ochrony środowiska nie jest to tworzywo właściwe i w miarę możliwości powinno się je zastępować innymi.

Powierzchnię PCW należy szlifować przed klejeniem, by otrzymać dobre połączenie. PCW klei się przy użyciu odpowiedniego rozpuszczalnika. Przy klejeniu z innym materiałem, należy używać klejów kontaktowych, kleju poliuretanowego, lub dwuskładnikowego kleju epoksydowego.

PE (polietylen) występuje w dwóch postaciach - jako LD (o niskiej gęstości) lub jako HD (o wysokiej gęstości). LDPE jest używany m.in. do produkcji folii chroniącej przed wilgocią, torebek plastikowych, toreb na zakupy, wiader, pojemników kuchennych i zabawek. HDPE jest sztywniejsze i używa się go do produkcji skrzynek, rur, pojemników, itp. Jest to materiał stosunkowo łatwopalny i nie jest samogasnący. Kiedy się pali, wydziela się woda i dwutlenek węgla. Pali się wydzielając cienki jasny dym, który pachnie stearyną. Podtrzymuje palenie i jest łatwo zapalny. Nadaje się do powtórnej przeróbki. Tworzywa etenowe są lżejsze niż woda. Tworzywo PE ma bardzo dobre własności elektryczne tzn. zapewnia dobrą izolację, a dodatkowo ma niską przepuszczalność wody.

Polietylen jest bardzo trudno kleić.

PP, polipropen jest podobny do HDPE, ale ma większą twardość powierzchniową. Posiada dobrą odporność temperaturową. Może być podgrzewany do +120°C i wytrzymuje sterylizację. Używa się go do produkcji przyrządów medycznych (np. strzykawki jednorazowe), skrzynek do napojów chłodzących, części żelazek do prasowania, opiekaczy do grzanek, zamrażarek i lodówek, jak również pewnych części samochodowych. PP jest najlżejszym z powszechnie używanych materiałów termoplastycznych. Własności izolacyjne są lepsze niż polietylenu. Polipropen nadaje się z tego względu doskonale jako materiał do produkcji kabli telefonicznych i kabli na wysokie częstotliwości. Inne dobre własności to: odporność na wilgoć, odporność na pęknięcie pod wpływem czynników chemicznych lub fizycznych. Wytrzymałość na niskie temperatury jest mniejsza niż dla polietylenu.

Polipropen jest łatwopalny i sam nie gaśnie. Przy procesie palenia nie wydzielają się żadne szkodliwe substancje. W niektórych przypadkach, dodaje się substancji, które tłumią

powstawanie płomienia. Polipropen jest bardzo trudny do klejenia i trzeba go wcześniej przygotować. Przy klejeniu np. trzeba najpierw zagruntować powierzchnię, aby później można go było kleić przy pomocy odpowiedniego kleju cyjanoakrylowego.

PA, (poliamid), znany także jako nylon, co jest nazwą handlową, zwłaszcza dla włókien. PA jest materiałem o dużej wytrzymałości. Nadaje się do wykonywania tkanin, pasków napędowych, produkuje się z niego uchwyty do noży, koła zębate i obudowy silników. Jest trudny do zapalenia, ale nie samogasnący. Przy paleniu nie powstają niebezpieczne dla człowieka substancje. Powstają jednak tlenki azotu, które mają odczyn kwaśny. Pali się z wydzielaniem rzadkiego białego dymu. Poliamid jest trudny do klejenia, ale można to robić przy pomocy rozpuszczalnika z dodatkiem nylonu.

Przy łączeniu z innymi materiałami zalecane jest stosowanie dwuskładnikowych klejów epoksydowych.

FEP, PTFE, ETFE tak można wspólnie nazwać polifluorowęgla. Tworzywa te charakteryzują się bardzo dużą wytrzymałością zarówno mechaniczną, jak i na większość chemikaliów. Własności dielektryczne są również bardzo dobre. Materiały te wytrzymują zarówno bardzo niskie i bardzo wysokie temperatury od -190°C do +260°C. Mają bardzo dobre własności uszczelniające.

FEP jest materiałem samogasnącym. Przy podgrzaniu do temperatury +400°C wydzielają się bardzo agresywne gazy, w tym fluorowodór. Nazwa handlowa to Teflon (znak towarowy firmy Du Pont).

Są to materiały niezwykle trudne do klejenia, powierzchnie trzeba zawsze wcześniej gruntować lub trawić.

PMMA (polimetakrylan metylu) jest najważniejszym tworzywem w grupie tworzyw akrylowych. PMMA odznacza się bardzo dobrą przejrzystością, odpornością na czynniki atmosferyczne i wysoką twardością powierzchniową. Tworzywo PMMA jest korzystne z punktu widzenia ochrony środowiska. Jest palne i nie jest samogasnące. Przy rozkładzie powstaje jedynie węgiel, wodór i tlen. Nazwa handlowa tworzywa PMMA, to metapleks lub pleksiglas. Polimery akrylowe wchodzi w skład farb i mas wypełniających.

Nadaje się do klejenia przy pomocy różnych rozpuszczalników, ale wytrzymałość złącz pogarsza się pod wpływem działania promieniowania ultrafioletowego. PMMA można łączyć z innym materiałem przy pomocy klejów kontaktowych.

PS oznacza tworzywo polistyrenowe. Ma ono dobrą twardość, sztywność, stabilność wymiarową. Jest łatwe w przetwórstwie na gotowe wyroby i jest przy tym tanie. Odporność na ciepło jest dosyć niska. PS nie jest odporny na światło i nie należy go używać na wolnym powietrzu. Własności elektryczne są doskonałe. Polistyren jest łatwopalny i sam nie gaśnie. Paląc się wydziela dużą ilość sadzy. Niektóre artykuły z polistyrenu mają dodatki utrudniające palenie się.

Klejenie do polistyrenu można wykonywać przy pomocy rozpuszczalników, np. acetonu lub chlorku metylu. Przy klejeniu z innymi materiałami, używa się klejów kontaktowych.

Tworzywa polistyrenowe spienione zawierają zamknięte komórki. Materiał taki jest sztywny, ma bardzo niskie przewodnictwo cieplne - ok. 0,035 W/(m x K), i minimalną zdolności pobierania wody - poniżej 3 %. Materiały takie sprzedaje się pod nazwami styropian, Frigolit, Styrolit, itp.

Tworzywa SAN mają w porównaniu ze zwykłymi tworzywami styrenowymi, lepszą twardość, sztywność i wytrzymałość. Posiadają one również lepszą odporność na temperaturę i chemikalia. Tworzywa są przezroczyste. Mają kolor lekko żółtawy, ale zwykle barwi się je na blade niebiesko. Tworzywo używane na okienka przyrządów pomiarowych, obudowy do maszyn biurowych, części lodówek i innych urządzeń w gospodarstwie domowym. Zawiera azot, oznacza to powstawanie kwaśnych tlenków azotu przy paleniu.

Tworzywa ABS w porównaniu z polistyrenami charakteryzują się lepszą odpornością na udary, na chemikalia, a także na proces starzenia. Skurcz jest bardzo mały. Tworzywa ABS są nieprzezroczyste. Poprzez zmiany w proporcji składników monomerowych, można zmieniać własności tworzyw ABS w dość szerokich granicach. W ten sposób można je dopasować do różnych zastosowań. Tworzyw ABS używa się na obudowy rozmaitych urządzeń, takich jak telefony, odbiorniki radiowe, kamery, projektory, maszyny biurowe, tablice ze wskaźnikami w samochodach, hełmy ochronne, skrzynki, a także zabawki, np. klocki Lego. ABS zawiera azot, podobnie jak tworzywa SAN, co przy paleniu oznacza wydzielanie się tlenków azotu.

PC, tworzywo poliwęglanowe, ma bardzo dobre własności mechaniczne, doskonałą stabilność wymiarową, a także doskonałą odporność na uderzenia, połączoną z wysoką sztywnością. Poliwęglan ma dobrą odporność termiczną i może być przez dłuższy czas używany w temperaturach aż do +110°C. Posiada on doskonałą odporność na udary, również w niskich temperaturach i można go używać aż do -100°C. Odporność na chemikalia jest średnia, jest rozpuszczalny przez wiele rozpuszczalników organicznych, jest również nieodporny na silne zasady. Odporność na czynniki klimatyczne jest dobra, ale powierzchnia zabarwia się na żółto pod wpływem promieniowania ultrafioletowego. Własności elektryczne (parametry izolacyjne), są bardzo dobre w większości zastosowań. Tworzyw PC używa się do obudowy aparatury i różnych części elektrycznych i elektronicznych, skrzynek narzędziowych, uchwytów do narzędzi elektrycznych, korpusów łącz wielostykowych, osłon przed kurzem dla przełączników, itp., na pojemniki do żywności, hełmy ochronne, szyby kuloodporne. Poliwęglan jest przezroczysty. Jest on również samogasnący, a temperatura zapłonu jest wyższa niż +500°C. Przy spalaniu powstaje jedynie dwutlenek węgla

Małe powierzchnie mogą być klejone np. przy pomocy chlorku metylenu. Przy grubych połączeniach i klejeniu z innym materiałem, używa się klejów epoksydowych, dwuskładnikowych.

PET, tworzywo poliestrowe. Występuje zarówno jako tworzywo termoplastyczne, jak i utwardzalne. Niezbrojone tworzywo poliestrowe typu utwardzalnego jest twarde, sztywne i posiada bardzo dobre własności elektryczne (izolacja), ma średnią odporność na chemikalia. Nie jest odporne na silne kwasy i zasady, a także na niektóre rozpuszczalniki. Odporność na wodę i czynniki atmosferyczne jest dobra. Tworzywo to można wykonać w wersji samogasnącej, o ile do polimeru doda się substancje zawierające chlor.

Poliestry liniowe należą do grupy tworzyw termoplastycznych. Używa się je do produkcji folii wysokiej jakości (Estrofol), a także do wytwarzania włókien tekstylnych. Nazwy handlowe ich to: Elana, Terylen, Dakron i Tergal.

Zbrojone włóknem szklanym tworzywa poliestrowe, mają lepszy stosunek wytrzymałości do masy niż większość metali. Nienasyconych poliestrów (żywic poliestrowych) używa się do tworzyw zbrojonych włóknem szklanym (laminatów), oraz do produkcji lakierów (środki wiążące) i szpachlówek. Ze zbrojonych tworzyw poliestrowych produkuje się kadłuby łodzi różnej wielkości, karoserie samochodowe, urządzenia elektryczne, hełmy ochronne, maszty flagowe, maszty do łodzi, wędkę i narty.

PUR, poliuretan występuje jako materiał termoplastyczny lub termoutwardzalny. Jako tworzywo termoutwardzalne używa się go coraz częściej w przemyśle, np. samochodowym. Materiały z tej grupy mogą być elastyczne, miękkie lub twarde, drewnopodobne. Mogą być stosowane jako środki wiążące w lakierach i masach wypełniających, materacach, materiałach przy produkcji mebli tapicerskich, na podeszwy obuwia, wykładziny izolacyjne do lodówek, płyty z materiałów komórkowych lub pianki do izolacji cieplnej, czy też akustycznej. Tworzyw PUR używa się w niewielkim stopniu jako materiału w elektrotechnice. Materiał jest nieprzezroczysty. Sztywne tworzywo komórkowe PUR ma dobrą odporność na rozcieńczone kwasy i zasady, ale pęcznieje, np. pod wpływem etanolu, acetonu lub czterochlorku węgla. Tworzywo PUR półsztywne i miękkie ma gorszą odporność na chemikalia niż tworzywo sztywne. Pęcznieje ono, np. od benzyny i terpentyny. Odporność na warunki klimatyczne nie jest szczególnie dobra. Materiał żółknie i pod wpływem ciepła absorbuje pewną ilość wody, po czym może się rozpadać. Przy podgrzewaniu mogą powstawać związki izocyjanowe, dlatego nie można tego materiału palić. Przy paleniu powstają poza tym kwaśne tlenki azotu. Przy produkcji pianek poliuretanowych używano do spulchniania środka CFS, który uszkadza warstwę ozonową Ziemi.

EP, tworzywo epoksydowe jest stosunkowo drogie. Niezbrojone EP ma dobrą odporność na udary. Posiada również wysoką wytrzymałość na przebicie elektryczne, wysoką rezystancję właściwą i odporność na promieniowanie. Można go używać w szerokim zakresie temperatur. EP ma wyraźnie dobrą odporność na chemikalia. Zakres zastosowań, to laminaty i materiały zbrojone, lakiery, kleje i inne środki łączące. Laminatów z żywicy epoksydowych z włóknem szklanym używa się powszechnie do produkcji obwodów drukowanych. Kleje epoksydowe mają bardzo dobrą przyczepność do większości materiałów. Lakiery i farby produkowane w oparciu o żywice epoksydowe mają doskonałą przyczepność, odporność na chemikalia i są używane, np. jako lakiery piecowe do sprzętu gospodarstwa domowego. Żywice epoksydowe z wypełniaczem lub bez, używane są do zalewania i hermetyzacji wrażliwych elementów elektronicznych oraz elementów wysokonapięciowych w elektronice.

PF, tworzywo fenolowe ma dobre własności mechaniczne, ale zależne są one od zastosowanych wypełniaczy. Tworzywo fenolowe ma doskonałą stabilność wymiarową, mały skurcz i wysoką sztywność. Odporność na uderzenia jest stosunkowo niska. Tworzywa te mają dobrą odporność na ciepło i mogą być używane maksymalnie do +150°C. Odporność na chemikalia jest dosyć dobra, a na wodę bardzo dobra. Odporność na czynniki klimatyczne jest stosunkowo słaba. Tworzywo to posiada dobre własności elektryczne (izolacja), ale nie powinno się go używać w środowisku wilgotnym, ze względu na absorpcję wody. Przy spalaniu tworzywo to zwęglą się na powierzchni. Niektóre typy są samogasnące. Tworzywa te używane są jako bazy w środkach wiążących przy produkcji papieru ściernego i taśm hamulcowych, a także jako klejów wodoodpornych, do produkcji sklejek i płyt paździerzowych. Laminatów z tego tworzywa używa się do produkcji podzespołów radiowych, przełączników i płytek drukowanych.

UF, MF oznacza tworzywo karbamidowo-fenolowe (UF) i tworzywo melaminowo-fenolowe (MF). Wspólna nazwa, to tworzywa aminowe. Posiadają one dobre własności mechaniczne. Są one bardzo twarde i mają dużą odporność na nakłuwanie. Własności powierzchniowe są najlepsze wśród wszystkich tworzyw. Karbamid ma dobrą, a melamina doskonałą odporność na temperaturę. Tworzywa aminowe mają dobrą odporność na chemikalia, wytrzymują rozcieńczone zasady i kwasy, oleje, tłuszcze i większość rozpuszczalników organicznych. Melamina (ale nie karbamid) wytrzymuje działanie wrzącej wody. Odporność na czynniki atmosferyczne jest słaba i tworzywa aminowe nie powinny być używane na wolnym powietrzu. Tworzywa aminowe mają dobre własności elektryczne. Odporność na prądy pełzające jest bardzo wysoka. Tworzywa aminowe nie ładują się statycznie i dlatego nie zbierają cząsteczek kurzu. Są one również samogasnące. Używa się ich do wyrobu części wytłaczanych, laminatów, żywic aminowych i jako środków wiążących do klejów i lakierów. Lakierów piecowych, tzn. lakierów, które twardnieją szybko przy podwyższonej temperaturze, bazowane są również na żywicach aminowych.

Jednostki w systemie SI

Wielkość Fizyczna	Jednostka w systemie SI		Wyrażona w innych jednostkach SI	Wyrażona w podstawowych jednostkach SI
	Nazwa	Skrót		
Częstotliwość (f)	herc	Hz		s^{-1}
Siła (F)	niuton	N		$m \times kg \times s^{-2}$
Ciśnienie, napięcie mechaniczne (p)	paskal	Pa	N/m^2	$m^{-1} \times kg \times s^{-2}$
Energia, praca* (W)	dżul	J	Nm, Ws	$m^2 \times kg \times s^{-2}$
Moc (P)	wat	W	J/s	$m^2 \times kg \times s^{-3}$
Ilość energii, ładunek (Q)	kulomb	C	As	$s \times A$
Potencjał elektryczny (V)				
Napięcie elektryczne (U)	wolt	V	W/A	$m^2 \times kg \times s^{-3} \times A^{-1}$
Pojemność (C)	farad	F	C/V	m^{-2}
Rezystancja (R)	om	Ω	V/A	$m^2 \times kg \times s^{-3} \times A^{-2}$
Konduktancja (przewodność) (G)	siemens	S	A/V	$m^{-2} \times kg^{-1} \times s^3 \times A^2$
Gęstość strumienia magnetycznego (indukcja) (B)	tesla	T	Wb/m ²	$kg \times s^{-2} \times A^{-1}$
Strumień magnetyczny (Φ)	weber	Wb	Vs	$m^2 \times kg \times s^{-2} \times A^{-1}$
Indukcyjność (L)	henr	H	Wb/A	$m^2 \times kg \times s^{-2} \times A^{-2}$
Strumień światła (Φ)	lumen	lm	cd × sr	
Oświetlenie, iluminacja (E)	luks	lx	lm/m ²	$cd \times sr \times m^{-2}$

* zarówno mechaniczna, elektryczna, jak i cieplna

Mnożniki i dzielniki jednostek miar

Mnożnik	Przedrostek	Symbol
10 ²⁴	yotta	Y
10 ²¹	zetta	Z
10 ¹⁸	eksa	E
10 ¹⁵	peta	P
10 ¹²	tera	T
10 ⁹	giga	G
10 ⁶	mega	M
10 ³	kilo	k
10 ²	hekto	h
10 ¹	deka	da
10 ⁻¹	decy	d
10 ⁻²	centy	c
10 ⁻³	milli	m
10 ⁻⁶	mikro	μ
10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁻¹²	piko	p
10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ⁻¹⁸	atto	a
10 ⁻²¹	zepto	z
10 ⁻²⁴	yocto	y
2 ⁶⁰	exbi	Ei
2 ⁵⁰	pebi	Pi
2 ⁴⁰	tebi	Ti
2 ³⁰	gibi	Gi
2 ²⁰	mebi	Mi
2 ¹⁰	kibi	Ki

Przykłady:

$$1 \text{ M}\Omega = 1000 \text{ k}\Omega$$

$$1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F} = 10^{-6} \mu\text{F}$$

$$1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{ mm}$$

$$1 \text{ Kibit} = 1 \text{ kibibit} = \text{"kilo binary"} \text{-bit} = 1 \times 2^{10} \text{ bit} = 1024 \text{ bit}$$

Stałe fizyczne wyrażone w jednostkach SI

Zależności temperaturowe

$$0 \text{ }^\circ\text{C} \text{ odpowiada } 273,15 \text{ K}$$

$$32,0 \text{ }^\circ\text{F} \text{ odpowiada } 273,15 \text{ K}$$

Przyspieszenie ziemskie przy spadaniu swobodnym

$$g_n = 9,806 65 \text{ m/s}^2$$

Prędkość rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w próżni (prędkość światła)

$$c_0 \approx 2,99793 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Stałe magnetyczne, przenikalność magnetyczna próżni

$$\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \approx 1,257 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

Stała dielektryczna dla próżni

$$\epsilon_0 \approx 8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

Ładunek elementarny

$$e \approx 1,6021 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Stała Faradaya

$$F \approx 9,6487 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

Stała Boltzmanna

$$k \approx 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

Tabela odpowiedników jednostek miar

Długość. SI metr (m).

Jednostka	Skrót	Odpowiednik	Jednostka SI
1 fermi	fm	1 femtometr	10 ⁻¹⁵ m
1 jedn. x	X	1,00208 mÅ	1,00208×10 ⁻¹³ m
1 jedn. atom.	au	1 bohr	5,29177×10 ⁻¹¹ m
1 angstrom	Å	10 nm	10 ⁻¹⁰ m
1 mikro	μ	1/1000 mm	10 ⁻⁶ m
1 mil		0,001 in	0,0254 mm
1 cal	in, ”	1000 mil	2,54 cm
1 stopa	ft	12 cali	30,48 cm
1 yard	yd	3 stopy	0,9144 m
1 mila (statute mile)	mi	5280 stóp	1609,344 m
1 mila morska	nmi, NM	6076 stóp	1852 m
1 jedn. astronomiczna	AU, ua		1,495978706×10 ¹¹ m
1 rok świetlny		6,32×10 ⁴ AU	9,46053×10 ¹⁵ m
1 parsek	pc	2,06265×10 ⁵ AU	3,0857×10 ¹⁶ m

Powierzchnia. SI metr kwadratowy (m²).

Jednostka	Skrót	Odpowiednik	Jednostka SI
1 barn		100 fm	10 ⁻²⁸ m ²
1 circular mil	CM	0,7854 mil	5,067×10 ⁻¹⁰ m ²
1 cal kw.	in	1,273×10 ⁶ CM	6,4516 cm ²
1 stopa kw.	ft	144 in	0,09290304 m ²
1 yard kw.	yd	9 ft	0,83612736 m ²
1 ar	a		100 m ²
1 akr	ac, A	4840 yd	4046,86 m ²
1 hektar	ha	100 arów	10000 m ²
1 mila kw.	mile	640 akrów	2589988 m ²

Objętość. SI metr sześcienny (m³).

Jednostka	Skrót	Odpowiednik	Jednostka SI
1 minim (Br)	min	59,2 μl	5,9194×10 ⁻⁸ m ³
1 minim (US)	min	61,6 μl	6,1612×10 ⁻⁸ m ³
1 cal sześcienny	cu in, in ³	1,64 cl	1,6387×10 ⁻⁵ m ³
1 ang. uncja obj.cieczy	UK fl oz	2,84 cl	2,8413×10 ⁻⁵ m ³
1 USA uncja obj.cieczy	US fl oz	2,96 cl	2,9574×10 ⁻⁵ m ³
1 USA pint obj.cieczy	US lq pt	16 US fl oz, 0,473 l	4,7317×10 ⁻⁴ m ³
1 USA pint	US dry pt	0,551 l	5,5061×10 ⁻⁴ m ³
1 angielski pint	UK pt	20 UK fl oz, 0,568 l	5,5683×10 ⁻⁴ m ³
1 USA (płyn) kwarta	US (lq) qt	2 US lq pt, 0,946 l	9,4635×10 ⁻⁴ m ³
1 litr	l	1 dm ³	10 ⁻³ m ³
1 USA kwarta	US dry qt	2 US dry pt, 1,101 l	1,1012×10 ⁻³ m ³
1 angielska kwarta	UK qt	2 UK pt, 1,137 l	1,1365×10 ⁻³ m ³
1 USA galon	US gal	8 US dry pt, 3,785 l	3,785×10 ⁻³ m ³
1 angielski galon	UK gal	8 UK pt, 4,546 l	4,546×10 ⁻³ m ³
1 stopa sześcienna	cu ft, ft ³	1728 in ³ , 28,3 l	2,8317×10 ⁻² m ³
1 USA barrel (baryłka)	dbl	7056 in ³ , 116 l	1,1563×10 ⁻¹ m ³
1 USA (płyn) baryłka	bl	31,5 US gal, 119 l	1,1924×10 ⁻¹ m ³
1 USA (ropa naft.) baryłka	bo	42 US gal, 159 l	1,5899×10 ⁻¹ m ³
1 angielska baryłka	bl	36 UK gal, 164 l	1,6365×10 ⁻¹ m ³
1 yard sześcienny	cu yd, yd ³	765 l	7,6455×10 ⁻¹ m ³

Masa. SI kilogram (kg).

Jednostka	Skrót	Odpowiednik	Jednostka SI
1 jedn masy atom.	u	1/12 jedn. atomu C 12	1,6605402×10 ⁻²⁷ kg
1 point	pt	1/100 ct	2 mg
1 gran	gr	1/7000 lb	64,79891 mg
1 karat (metryczny)	ct		0,2 g
1 dram	dr	1/16 oz	1,7718 g
1 uncja	oz	1/16 lb	28,3495 g
1 funt (avoirdupois)	lb		0,45359237 kg
1 kamień	st	14 lb	6,3503 kg
1 USA quarter	qtr, qr	25 lb	11,34 kg
1 angielski quarter	qtr, qr	28 lb, 2 st	12,70 kg
1 short hundredweight	sh cwt	100 lb	45,36 kg
1 long hundredweight	cwt	112 lb, 8 st	50,80 kg
1 short ton	sh t	2000 lb	907,18 kg
1 metryczna tona	t		1000 kg

Prędkość. SI metry na sekundę (m/s).

Jednostka	Skrót	Odpowiednik	Jednostka SI
1 kilometry na godz.	km/h	5/18 m/s	0,2778 m/s
1 stopa/sekundę	ft/s	1,097 km/h	0,3048 m/s
1 mila/godzinę	mph	1,609 km/h	0,4470 m/s
1 węzeł	kn	1,852 km/h	0,5144 m/s
1 mach	M	prędkość dźwięku	ok. 340 m/s

Czas. SI sekunda (s).

Jednostka	Skrót	Odpowiednik	Jednostka SI
1 minuta	min	1/1440 d	60 s
1 beat		1/1000 d	86,4 s
1 godzina	h	60 min	3600 s
1 doba	d	24 h	86400 s
1 tydzień		7 d	604800 s
1 rok kalendarzowy		365 d	31536000 s
1 rok słoneczny	a	365,242 d	31556926 s
1 rok gwiazdowy		365,256 d	31558153 s
1 rok astronomiczny		365,260 d	31558432 s
1 rok przestępny		366 d	31622400 s

Kąt. SI radian (rad).

Jednostka	Skrót	Odpowiednik	Jednostka SI
1 sekunda	”	1/3600 °	4,4841368×10 ⁻⁶ rad
1 minuta	’	1/60 °	2,9088821×10 ⁻⁴ rad
1 gon	g	1/400 obr., 0,9 °	1,5707963×10 ⁻² rad
1 stopień	°	1/360 obr.	1,7453286×10 ⁻² rad
1 radian	rad	180/π °	57,2958 °

Siła. SI niuton (N).

Jednostka	Skrót	Odpowiednik	Jednostka SI
1 dyna			10 ⁻⁵ N
1 gramsiła	gf	1/1000 kgf	9,80665×10 ⁻³ N
1 funt	p	1 gf	9,80665×10 ⁻³ N
1 poundal	pdl	1 lb ft/s	1,38255×10 ⁻¹ N
1 niuton	N	1 kg m/s	
1 funt siły	lbf	0,45359 kp	4,44822 N
1 kilogramosiła	kgf	1 kp	9,80665 N
1 kilofunt	kp	1 kgf	9,80665 N

Ciśnienie. SI paskal (Pa).

Jednostka	Skrót	Odpowiednik	Jednostka SI
1 niuton/metr kw.	N/m		1 Pa
1 mm słupa wody	mm Vp		9,80665 Pa
1 mm słupa rtęci	mmHg		133 Pa
1 torr		1 mmHg przy 0 °C	133,322 Pa
1 funtsiła/cal kw.	psi, lbf/in	51,72 torr	6,8948×10 ³ Pa
1 kilofunt/centymetr kw.	kp/cm	1 at	9,80665×10 ³ Pa
1 techniczna atm.	at	1 kp/cm	9,80665×10 ³ Pa
1 bar	b	750,1 torr	10 ⁵ Pa
1 atmosfera norm.	atm	760 torr	1,01325×10 ⁵ Pa

Moment. SI niutonometr (Nm).

Jednostka	Skrót	Odpowiednik	Jednostka SI
1 funtsiła cal	lbf in	1/12 lbf ft	0,112985 Nm
1 funtsiła stopa	lbf ft		1,35582 Nm
1 kilofunt metr	kpm	1 kgfm	9,80665 Nm

Dec value		0	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240
▼	Hex value	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p	Ç	É	á	■	L	⌌	α	≡
1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q	ü	æ	í	■	+	⌌	β	±
2	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r	é	Æ	ó	■	⌌	⌌	Γ	≥
3	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s	â	ô	ú	|	⌌	⌌	π	≤
4	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t	ä	ö	ñ	⌌	⌌	⌌	Σ	∫
5	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u	à	ò	Ñ	⌌	⌌	F	σ	J
6	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v	å	û	æ	⌌	⌌	π	μ	÷
7	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w	ç	ù	º	⌌	⌌	⌌	τ	≈
8	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x	ê	ÿ	¿	⌌	⌌	⌌	Φ	°
9	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y	ë	Ö	⌌	⌌	⌌	⌌	θ	•
10	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z	è	Ü	⌌	⌌	⌌	⌌	Ω	·
11	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{	ï	ø	½	⌌	⌌	■	δ	√
12	C	FF	FS	,	<	L	\	l	ì	î	£	¼	⌌	⌌	■	∞	η
13	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}	ì	¥	í	⌌	⌌	■	φ	²
14	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~	Ä	Pt	«	⌌	⌌	■	ε	■
15	F	SI	US	/	?	O	_	o	△	Å	∫	»	⌌	⌌	■	∩	

Wyjaśnienie skrótów kodów

NUL = Null

SOH = Start of Heading

STX = Start of Text

ETX = End of Text

EOT = End of Transmission

ENQ = Enquiry

ACK = Acknowledge

BEL = Bell

BS = Backspace

HT = Horizontal Tabulation

LF = Line Feed

VT = Vertical Tabulation

FF = Form Feed

CR = Carriage Return

SO = Shift Out

SI = Shift In

DLE = Data Link Escape

DC1 = Device Control 1 (XON)

DC2 = Device Control 2

DC3 = Device Control 3 (XOFF)

DC4 = Device Control 4

NAK = Negative

Acknowledgement

SYN = Synchronous Idle

ETB = End Of Transmission

Block

CAN = Cancel Line

EM = End Of Medium

SUB = Substitute

(Również jako EOF=End Of File)

ESC = Escape

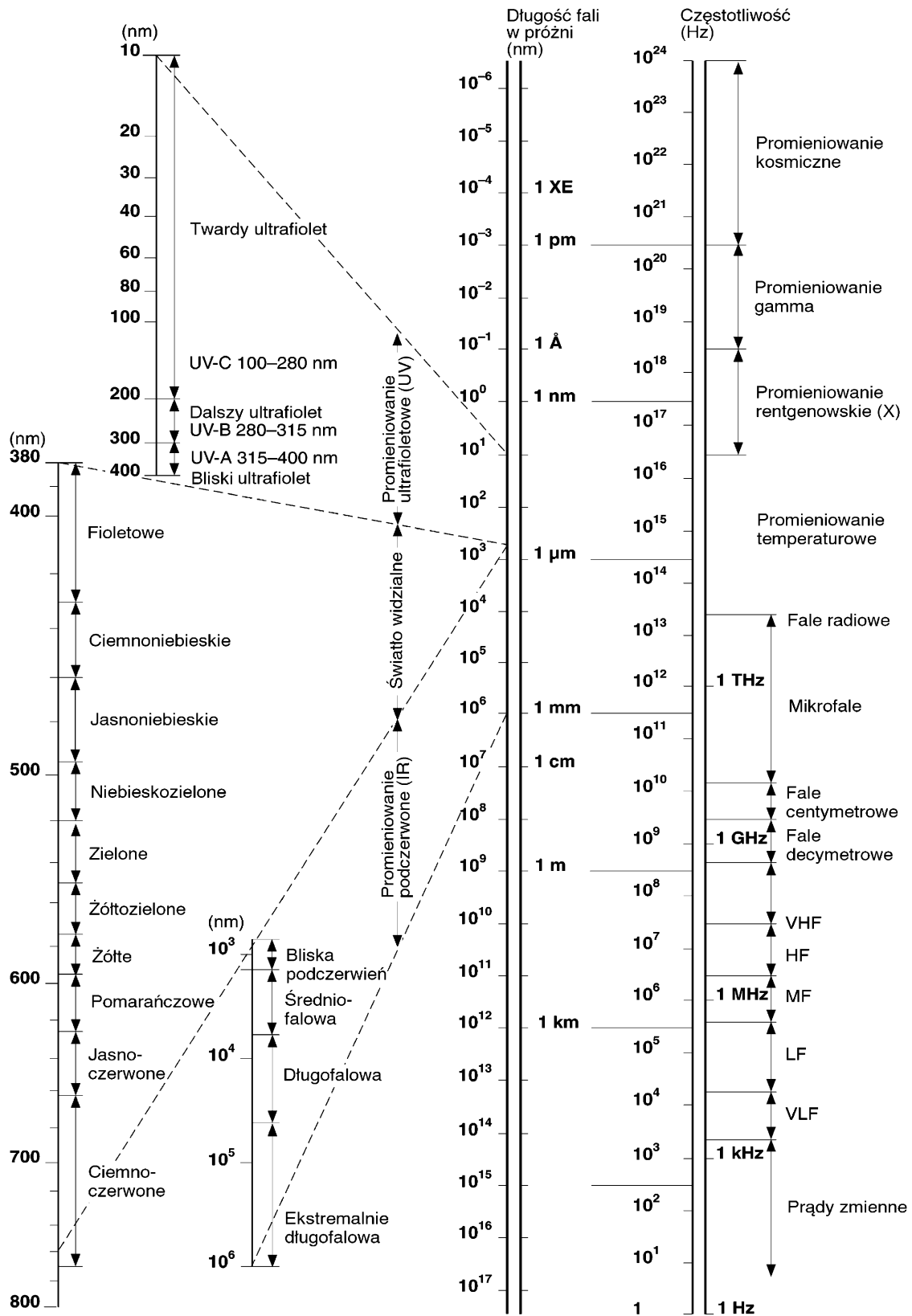
FS = File Separator

GS = Group Separator

RS = Record Separator

US = Unit Separator

SP = Space



Cale na milimetry

Cale	mm	Cale	mm	Cale	mm	Cale	mm	Cale	mm	Cale	mm	Cale	mm
1/64	0,40	11/64	4,37	21/64	8,33	31/64	12,30	41/64	16,27	51/64	20,24	61/64	24,21
1/32	0,79	3/16	4,76	11/32	8,73	1/2	12,70	21/32	16,67	13/16	20,64	31/32	24,61
3/64	1,19	13/64	5,16	23/64	9,13	33/64	13,10	43/64	17,07	53/64	21,03	63/64	25,00
1/16	1,59	7/32	5,56	3/8	9,53	17/32	13,49	11/16	17,46	27/32	21,43	1	25,40
5/64	1,98	15/64	5,95	25/64	9,92	35/64	13,89	45/64	17,86	55/64	21,83		
3/32	2,38	1/4	6,35	13/32	10,32	9/16	14,29	23/32	18,26	7/8	22,23		
7/64	2,78	17/64	6,75	27/64	10,72	37/64	14,68	47/64	18,65	57/64	22,62		
1/8	3,17	9/32	7,14	7/16	11,11	19/32	15,08	3/4	19,05	29/32	23,01		
9/64	3,57	19/64	7,54	29/64	11,51	39/64	15,48	49/64	19,45	59/64	23,41		
5/32	3,97	5/16	7,94	15/32	11,91	5/8	15,88	25/32	19,84	15/16	23,81		

Cale	0	1/16	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8	15/16
0	0,0	1,6	3,2	4,8	6,4	7,9	9,5	11,1	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,6	22,2	23,8
1	25,4	27,0	28,6	30,2	31,8	33,3	34,9	36,5	38,1	39,7	41,3	42,9	44,5	46,0	47,6	49,2
2	50,8	52,4	54,0	55,6	57,2	58,7	60,3	61,9	63,5	65,1	66,7	68,3	69,9	71,4	73,0	74,6
3	76,2	77,8	79,4	81,0	82,6	84,1	85,7	87,3	88,9	90,5	92,1	93,7	95,3	96,8	98,4	100,0
4	101,6	103,2	104,8	106,4	108,0	109,5	111,1	112,7	114,3	115,9	117,5	119,1	120,7	122,2	123,8	125,4
5	127,0	128,6	130,2	131,8	133,4	134,9	136,5	138,1	139,7	141,3	142,9	144,5	146,1	147,6	149,2	150,8
6	152,4	154,0	155,6	157,2	158,8	160,3	161,9	163,5	165,1	166,7	168,3	169,9	171,5	173,0	174,6	176,2
7	177,8	179,4	181,0	182,6	184,2	185,7	187,3	188,9	190,5	192,1	193,7	195,3	196,9	198,4	200,0	201,6
8	203,2	204,8	206,4	208,0	209,6	211,1	212,7	214,3	215,9	217,5	219,1	220,7	222,3	223,8	225,4	227,0
9	228,6	230,2	231,8	233,4	235,0	236,5	238,1	239,7	241,3	242,9	244,5	246,1	247,7	249,2	250,8	252,4
10	254,0	255,6	257,2	258,8	260,4	261,9	263,5	265,1	266,7	268,3	269,9	271,5	273,1	274,6	276,2	277,8
11	279,4	281,0	282,6	284,2	285,8	287,3	288,9	290,5	292,1	293,7	295,3	296,9	298,5	300,0	301,6	303,2
12	304,8	306,4	308,0	309,6	311,2	312,7	314,3	315,9	317,5	319,1	320,7	322,3	323,9	325,4	327,0	328,6
13	330,2	331,8	333,4	335,0	336,6	338,1	339,7	341,3	342,9	344,5	346,1	347,7	349,3	350,8	352,4	354,0
14	355,6	357,2	358,8	360,4	362,0	363,5	365,1	366,7	368,3	369,9	371,5	373,1	374,7	376,2	377,8	379,4
15	381,0	382,6	384,2	385,8	387,4	388,9	390,5	392,1	393,7	395,3	396,9	398,5	400,1	401,6	403,2	404,8
16	406,4	408,0	409,6	411,2	412,8	414,3	415,9	417,5	419,1	420,7	422,3	423,9	425,5	427,0	428,6	430,2
17	431,8	433,4	435,0	436,6	438,2	439,7	441,3	442,9	444,5	446,1	447,7	449,3	450,9	452,4	454,0	455,6
18	457,2	458,8	460,4	462,0	463,6	465,1	466,7	468,3	469,9	471,5	473,1	474,7	476,3	477,8	479,4	481,0
19	482,6	484,2	485,8	487,4	489,0	490,5	492,1	493,7	495,3	496,9	498,5	500,1	501,7	503,2	504,8	506,4
20	508,0	509,6	511,2	512,8	514,4	515,9	517,5	519,1	520,7	522,3	523,9	525,5	527,1	528,6	530,2	531,8
21	533,4	535,0	536,6	538,2	539,8	541,3	542,9	544,5	546,1	547,7	549,3	550,9	552,5	554,0	555,6	557,2
22	558,8	560,4	562,0	563,6	565,2	566,7	568,3	569,9	571,5	573,1	574,7	576,3	577,9	579,4	581,0	582,6
23	584,2	585,8	587,4	589,0	590,6	592,1	593,7	595,3	596,9	598,5	600,1	601,7	603,3	604,8	606,4	608,0

Ułamki cali w zapisie dziesiętnym

1/64 = .015625	11/64 = .171875	21/64 = .328125	31/64 = .484375	41/64 = .640625	51/64 = .796875	61/64 = .953125
1/32 = .03125	3/16 = .1875	11/32 = .34375	1/2 = .5	21/32 = .65625	13/16 = .8125	31/32 = .96875
3/64 = .046875	13/64 = .203125	23/64 = .359375	33/64 = .515625	43/64 = .671875	53/64 = .828125	63/64 = .984375
1/16 = .0625	7/32 = .21875	3/8 = .375	17/32 = .53125	11/16 = .6875	27/32 = .84375	1 = 1.0
5/64 = .078125	15/64 = .234375	25/64 = .390625	35/64 = .546875	45/64 = .703125	55/64 = .859375	
3/32 = .09375	1/4 = .25	13/32 = .40625	9/16 = .5625	23/32 = .71875	7/8 = .875	
7/64 = .109375	17/64 = .265625	27/64 = .421875	37/64 = .578125	47/64 = .734375	57/64 = .890625	
1/8 = .125	9/32 = .28125	7/16 = .4375	19/32 = .59375	3/4 = .75	29/32 = .90625	
9/64 = .140625	19/64 = .296875	29/64 = .453125	39/64 = .609375	49/64 = .765625	59/64 = .921875	
5/32 = .15625	5/16 = .3125	15/32 = .46875	5/8 = .625	25/32 = .78125	15/16 = .9375	