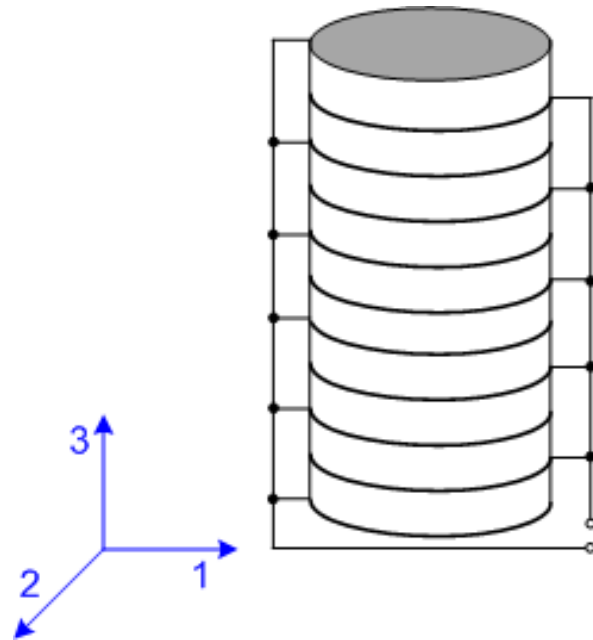


# Podstawowe typy budowy aktuatorów

▣ **stos piezoelektryczny** – jest to struktura składająca się z określonej liczby płytek z ceramiki piezoelektrycznej. Wartość przyłożonego napięcia w celu osiągnięcia maksymalnego skoku jest zależna od grubości płytek. Im mniejsza ich grubość, tym mniejsza wartość napięcia jest potrzebna.



## Przykład 1.

*Aktuator I:*

*Długość 10 [mm], złożony z 20 płytek o grubości 0,5 [mm], max. skok 10 [ $\mu$ m].*

*W celu osiągnięcia tego skoku potrzebne jest napięcie 1000 [V].*

*Aktuator II:*

*Długość 10 [mm], złożony z 100 płytek o grubości 100 [ $\mu$ m], max. skok 10 [ $\mu$ m].*

*W celu osiągnięcia tego skoku potrzebne jest napięcie 130 [V].*

Rys. 1. Budowa stosu piezoelektrycznego

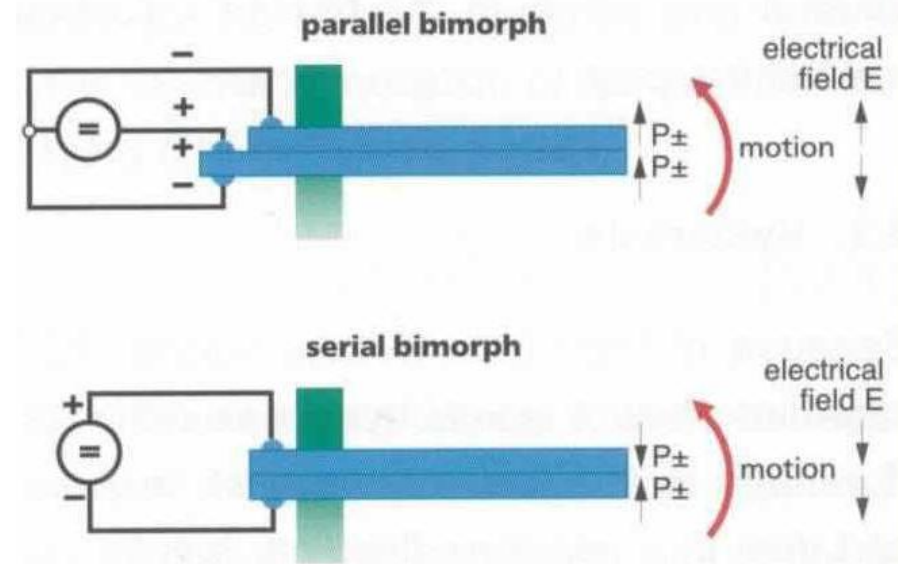
# Podstawowe typy budowy aktuatorów

▣ **bimorph** – jest to struktura składająca się z dwóch płytek z ceramiki piezoelektrycznej.

Rodzaje budowy:

1) **szeregowa** – obie płytki piezoceramiczne są polaryzowane w przeciwnych kierunkach. Po przyłożeniu napięcia jedna z płytek ulega skurczeniu, a druga rozszerzeniu, co w efekcie generuje zginanie aktuatora.

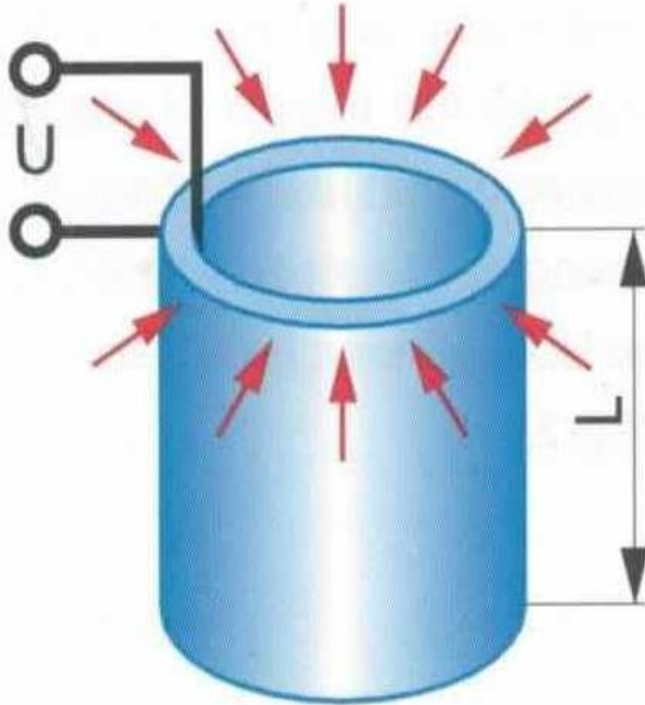
2) **równoległa** – obie płytki są polaryzowane w tym samym kierunku. Pomiędzy płytkami piezoceramicznymi znajduje się metalowa elektroda. Zginanie aktuatora jest generowane poprzez przyłożenie napięcia o przeciwnych znakach do elektrod. Ten rodzaj budowy charakteryzuje się większą sztywnością.



Rys. 2. Budowa szeregową i równoległą aktuatora typu bimorph (Piezosystem Jena)

# Podstawowe typy budowy aktuatorów

□ **monolit** – jest to struktura składająca się w całości z jednego materiału piezoelektrycznego.



Rys. 3. Przykład aktuatora z monolitu piezoelektrycznego (Piezosystem Jena)

## Przykład 2.

Aktuator przedstawiony na rys. 12 ma naniesione metalowe warstwy na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni. Warstwy te spełniają funkcję elektrod. Maksymalna wartość napięcia roboczego to 1000 [V]. Przyjmijmy, że taki aktuator ma średnicę 10 [mm], grubość ścianki 1 [mm] oraz długość 20 [mm].

Po przyłożeniu napięcia 1000 [V], długość tego aktuatora zmniejszy się o 10 [ $\mu\text{m}$ ], a jego średnica o 5 [ $\mu\text{m}$ ].

Zastosowania: zamontowania luster w mikroskopach do badania atomów.

# Charakterystyki statyczne aktuatorów

Przypadek I – brak przyłożonego napięcia, obciążenie zewnętrzne.

Zmiana długości aktuatora  $\Delta L_0$ , złożonego z płytek piezoelektryka jest zdeterminowana przez sztywność aktuatora  $k_p$  oraz wartość obciążenia zewnętrznego  $F_p$ .

$$\Delta L_{akt} = \frac{F_p}{k_p} \quad (1)$$

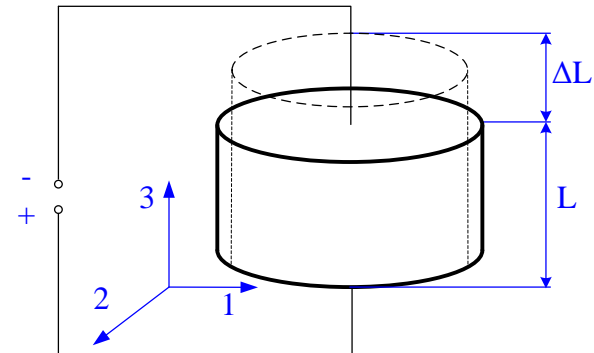
gdzie:

$L_{akt}$  – długość aktuatora ( $L_{akt} = \text{liczba płytek} \times L$ )

Przypadek II – przyłożone napięcie, brak obciążenia zewnętrznego.

Zmiana długości (skok) aktuatora  $\Delta L_{akt}$ , złożonego z  $n$  płytek piezoelektryka jest zdeterminowana przez stałą materiałową piezoelektryka  $d_{33}$  oraz wartość przyłożonego napięcia  $V_p$ .

$$\Delta L_{akt} = nLd_{33}E \quad (2)$$



Rys. 4. Schemat płytki z materiału piezoelektrycznego

Przykład 3.

Przyjmijmy, że aktuator ma długość:  $L_{akt} = 16$  [mm] i złożony jest z płytek o grubości:  $L = 100$  [ $\mu\text{m}$ ].

Stała materiałowa  $d_{33}$  wynosi  $635 \times 10^{-12}$  [m/V], a max. napięcie robocze 150 [V].

Natężenie pola elektrycznego:

$E = 1,5$  [kV/mm]

Skok aktuatora:

$\Delta L_{akt} = 15$  [ $\mu\text{m}$ ].

# Charakterystyki statyczne aktuatorów

Przypadek III – przyłożone napięcie, brak możliwości wydłużenia aktuatora.

Brak możliwości przemieszczenia może być spowodowany umieszczeniem aktuatora pomiędzy sztywnymi ścianami lub nieruchomymi zamocowaniami.

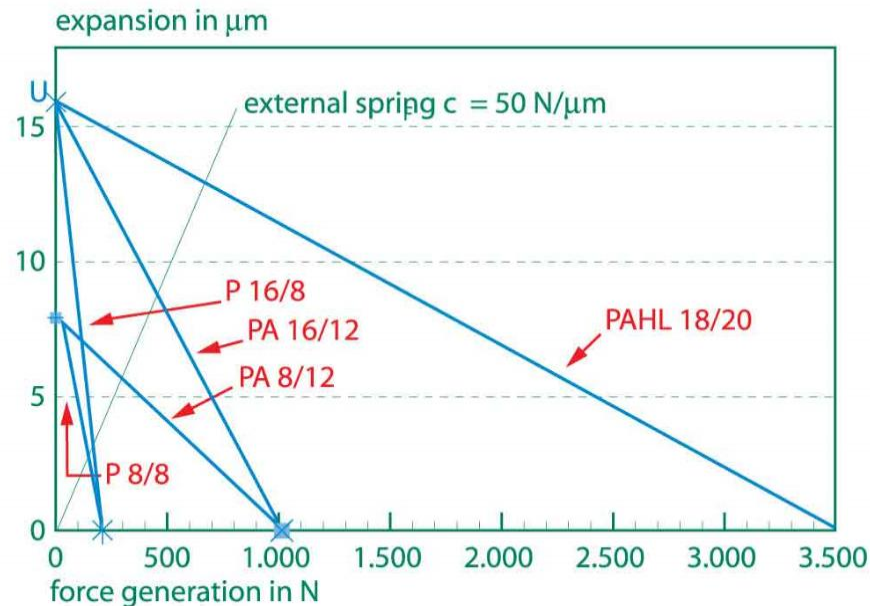
Brak możliwości zmiany długości aktuatora  $\Delta L_0$ , powoduje generowanie siły  $F_p$  przez jedną płytkę zgodnie z zależnością:

Po przekształceniach:

$$F_p = \frac{e_{33}A}{L} V_p \quad (3)$$

Dla stosu piezoelektrycznego złożonego z  $n$  płytek:

$$F_p = n \frac{e_{33}A}{L} V_p = n\alpha V_p \quad (4)$$

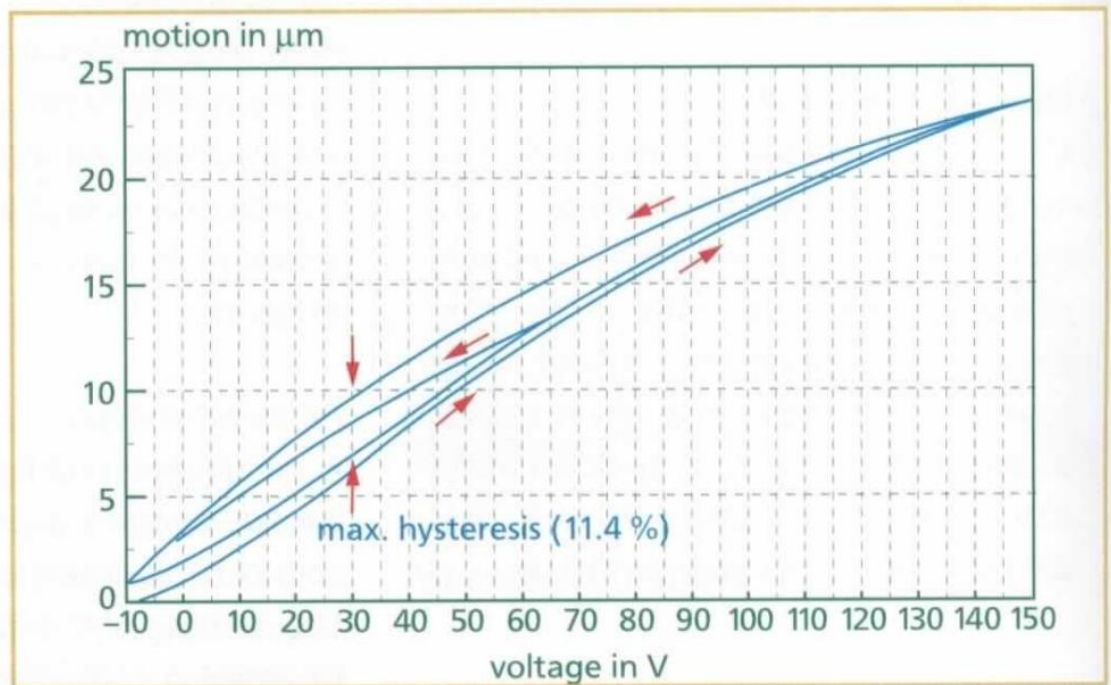


Rys. 5. Zależność pomiędzy skokiem a generowaną siłą dla aktuatorów komercyjnych (Piezosystem Jena)

Siła, przy której nie można wygenerować przemieszczenia aktuatora, nazywana jest **siłą blokującą**.

# Histeresa w eksploatacji aktuatorów

Przebieg przemieszczenia końca roboczego aktuatora przy zwiększaniu wartości przyłożonego napięcia w danym przedziale wartości (pomiędzy wartościami  $V_1$  i  $V_2$ ) nie pokrywa się z przebiegiem przemieszczenia końca roboczego aktuatora przy zmniejszaniu wartości przyłożonego napięcia w tym samym przedziale wartości (pomiędzy wartościami  $V_2$  i  $V_1$ ).

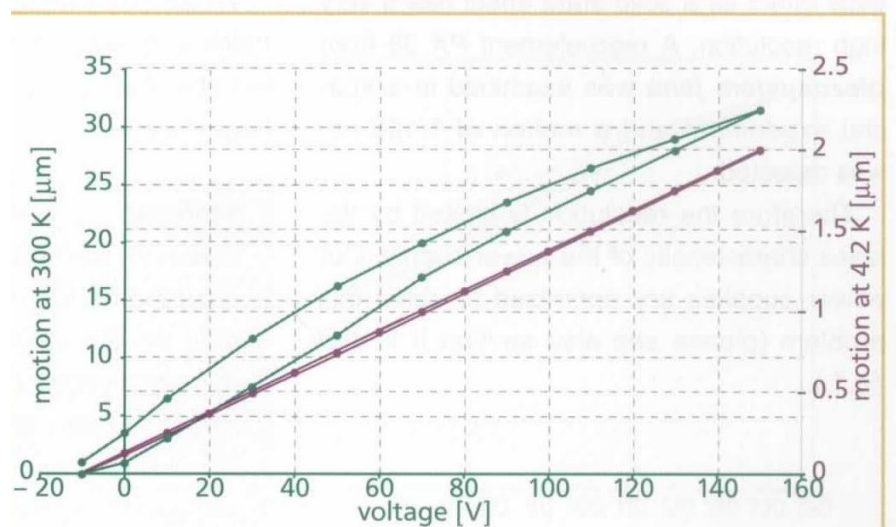


Rys.6. Przykład przebiegu przemieszczania końca roboczego aktuatora (komercyjny aktuator firmy Piezosystem Jena)

# Wpływ temperatury na eksploatację aktuatorów

**Temperatura Curie** ( $T_c$ ) – jest to temperatura, powyżej której ustaje spontaniczna polaryzacja i zachowanie piezoelektryczne. Temperatura Curie jest zależna od rodzaju materiału i np. dla ceramiki PZT wynosi  $390^\circ\text{C}$ . Na podstawie temperatury Curie określa się maksymalną temperaturę roboczą aktuatora, która wynosi 50-60% temperatury Curie materiału piezoelektrycznego, który jest wykorzystany w akuatorze.

**Wpływ temperatury pracy na histerezę** – histereza maleje wraz ze spadkiem temperatury.



Rys. 7. Przykład wpływu temperatury na histerezę (dla komercyjnego aktuatora firmy Piezosystem Jena)