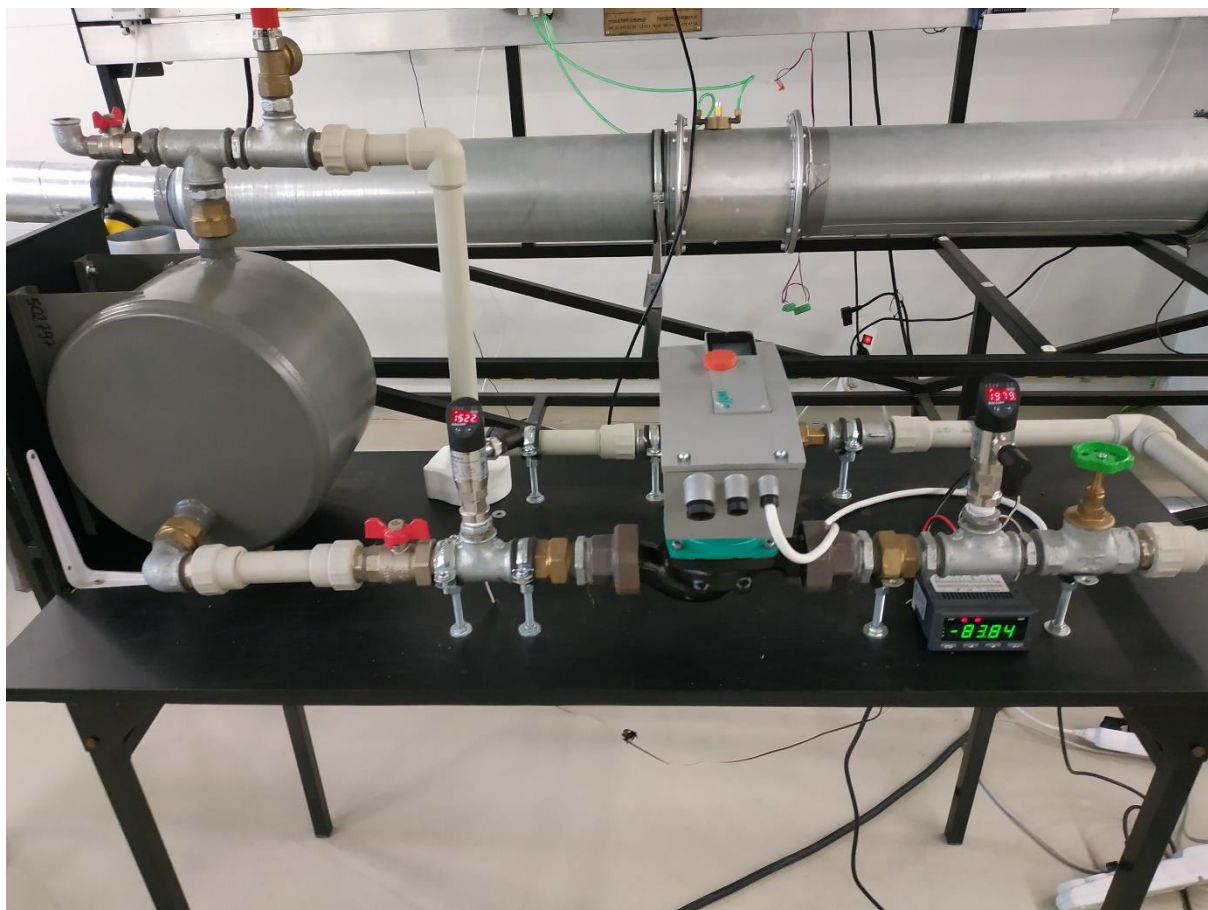




Badanie pomp obiegowych

1. Podstawy teoretyczne sterowania pomp obiegowych

Pompa obiegowa – to przepływowa maszyna robocza, która wywołuje przepływ cieczy (wody lub wodnych roztworów, najczęściej glikoli) w obiegach (pierwotnych lub wtórnych) instalacji grzewczych lub chłodzących. Najczęściej mówiąc o pompie obiegowej posługujemy się określeniem „pompy elektronicznej”, pojęcie to nie jest pojęciem nowym, funkcjonuje w terminologii pompowej od ponad 20 lat. Między innymi za sprawą pierwszych pomp ze zintegrowaną przetwornicą częstotliwości UPE seria 2000 firmy Grundfos. Od tamtej pory pompy elektroniczne, zwłaszcza bezdławnicowe, znalazły swoje trwałe miejsce w grzewczych instalacjach obiegowych. Od 2013 roku za sprawą dyrektywy Unii Europejskiej tzw. Ekoprojektu, wszystkie bezdławnicowe pompy obiegowe muszą być wyposażone w układy regulacji, dostosowujące osiągi pompy do aktualnego zapotrzebowania instalacji grzewczej. W obecnej chwili wszystkie dostępne na rynku obiegowe pompy bezdławnicowe to pompy wyposażone w elektroniczne układy regulacji obrotów. Warto w tej sytuacji zastanowić się jakie możliwości regulacji dają pompy elektroniczne i jak je stosować. Prezentacje różnych rodzajów regulacji przedstawiona zostanie na przykładzie pompy Grundfos MAGNA3.

W obiegowych instalacjach grzewczych ale i klimatyzacyjnych najczęściej wykorzystywanym parametrem regulacyjnym jest różnica ciśnienia między zasilaniem i powrotem z instalacji. Parametr ten określa ciśnienie dyspozycyjne umożliwiające cyrkulację wody w instalacji z określoną obliczeniową wydajnością zapewniając tym samym dostawę wymaganej energii cieplnej.

Zdecydowana większość współczesnych instalacji obiegowych wyposażona jest w zawory termostaticzne. Sprawia to, że opory w instalacji a tym samym przepływy zmieniają się w sposób dynamiczny. Zadaniem pompy jest w tym wypadku utrzymanie ciśnienia dyspozycyjnego na odpowiednim poziomie. W pompach nieregulowanych zwiększenie oporów przepływu poprzez przemykanie się zaworów termostaticznych skutkowało zmniejszeniem wydajności pompy i zgodnie z charakterystyką pompy, zwiększeniem jej wysokości podnoszenia. W efekcie powstała nadwyżka ciśnienia dyspozycyjnego odpowiedzialna jest za powstawanie szumów przy przepływie przez zawory i głośną pracę instalacji.

Pompy regulowane są w stanie zmieniać swoją prędkość obrotową i utrzymywać wymaganą różnicę ciśnień. Utrzymanie stałej różnicy ciśnień jest najczęściej stosowanym sposobem regulacji pomp obiegowych. Dzięki bezpośredniemu pomiarowi różnicy ciśnień pompa MAGNA3 określa swój punkt pracy. Sterownik pompy porównuje go do wartości zadanej. Stwierdzone uchyby korygowane są poprzez zwiększenie lub zmniejszenie prędkości obrotowej. Stosowane są również inne metody określania punktu pracy przez pompę. Na przykład poprzez kalkulację ciśnienia i przepływu na podstawie prędkości obrotowej i pobieranej mocy. Jednakże w tym wypadku określenie aktualnego punktu pracy jest mniej dokładne a regulacja mniej precyzyjna. Regulacja według stałej różnicy ciśnień pozwala zmniejszyć ewentualne szумы w instalacji a dzięki redukcji obrotów silnika pompy zmniejszyć zużycie energii elektrycznej przez pompę. Ponadto jest to bardzo „bezpieczny” rodzaj regulacji pozwalający poprawnie ustawić ciśnienie dyspozycyjne nawet przy nieznajomości rozkładu strat ciśnienia w instalacji. Regulacja według stałej różnicy ciśnień może być zastosowana we instalacjach grzewczych. Przyjmuje się, że jest najbardziej optymalna jest przy dużych stratach ciśnienia na odbiorniku ciepła/chłodu w stosunku do oporów liniowych. W takim wypadku, zmiana przepływu w przewodach zasilających nie

powoduje znaczących zmian w oporach przepływu i zapewnia odpowiednią różnicę ciśnień na odbiorniku. Jednakże w wypadku gdy straty ciśnienia na przewodach zasilających są większe niż straty na odbiorniku (np. w wypadku długich przewodów rozprowadzających) można pokusić się o zastosowanie innego rodzaju regulacji – ciśnieniem proporcjonalnym. W stosunku do regulacji stałociśnieniowej, ten rodzaj regulacji pozwala osiągnąć jeszcze większe korzyści energetyczne. Regulacja ciśnieniem proporcjonalnym opiera się na wykorzystaniu zasady zmiany oporów hydraulicznych w funkcji przepływu (prędkości). Opory przepływu zmieniają się w kwadracie zmiany prędkości przepływu. Zatem np. 2-krotne zmniejszenie przepływu (na skutek przymknięcia się zaworów termostatycznych) skutkuje czterokrotnym zmniejszeniem oporów hydraulicznych. Dzięki temu zjawisku możemy znacząco zmniejszyć wysokość podnoszenia pompy przy zmniejszaniu się przepływu zachowując jednocześnie wymagane ciśnienie dyspozycyjne na odbiorniku. W efekcie następuje znacząca redukcja obrotów silnika i oszczędność w zużyciu energii elektrycznej przez pompę. Ten rodzaj regulacji jest zalecany w wypadku gdy przewody zasilające są stosunkowo długie a opory przepływu przeważają nad oporami miejscowymi w odbiorniku.

Kolejnym znacznie rzadziej stosowanym rodzajem regulacji jest regulacja według stałej temperatury. Pompy MAGNA3 dzięki wbudowanemu przetwornikowi temperatury mogą monitorować temperaturę cieczy. W wypadku gdy pompa zamontowana jest na przewodzie powrotnym, pompa wykorzystując wbudowany przetwornik może utrzymywać stałą temperaturę powrotu z instalacji. W innym wypadku, kontrolę temperatury powrotnej trzeba realizować poprzez dodatkowy, zewnętrzny przetwornik podłączony do modułu sterującego. Ten rodzaj regulacji zalecany jest w wypadku stosowania stałej temperatury na zasilaniu. W tym wypadku zmniejszanie lub zwiększanie przez pompę przepływu w instalacji pozwala dostarczyć odpowiednią ilość energii cieplnej zależną od aktualnego zapotrzebowania. Stosowanie regulacji temperaturowej wymaga dokonania zmian ustawień w regulatorze PI pompy. Standardowo nastawy przystosowane są do regulacji ciśnieniowej a zatem czas reakcji sterownika jest stosunkowo krótki. Przy regulacji temperaturą należy wydłużyć czas reakcji i zmienić współczynnik wzmocnienia regulatora. Można tego dokonać bezpośrednio na panelu sterowniczym pompy. Warto zaznaczyć, że ten rodzaj regulacji stosowany jest również w instalacjach klimatyzacyjnych i chłodniczych. Może być również stosowany do zapewnienia właściwej cyrkulacji ciepłej wody.

W pompach MAGNA3 możliwe jest również utrzymywanie stałej różnicy temperatur na przykład między zasilaniem i powrotem w instalacji grzewczej. Wymaga to jednak zainstalowania jednego, dodatkowego przetwornika temperatury.

Ciekawym rodzajem regulacji jest AUTOADAPT. Funkcja, która automatycznie ustala punkt pracy pompy bez konieczności dokonywania ustawień przez instalatora. Umożliwia również automatyczną korektę ustawień w przypadku doboru przewymiarowanej pompy. Należy pamiętać, że AUTOADAPT jest odmianą regulacji ciśnieniem proporcjonalnym i znajdzie zastosowanie w podobnych rodzajach instalacji.

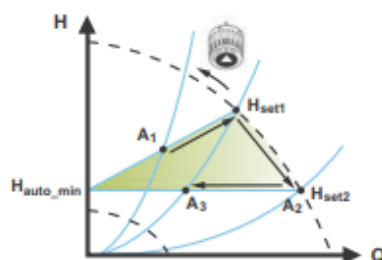
Ostatnim z prezentowanych rodzajów regulacji jest utrzymywanie przez pompę stałych obrotów. W zakresie od charakterystyki maksymalnej do minimalnej możemy wybrać, odpowiednią dla instalacji charakterystykę stałooobrotową. Pompa nie będzie reagować na zmianę warunków pracy instalacji zachowując się jak pompa jednobiegowa. Zastosowanie tego rodzaju regulacji to przede wszystkim instalacje bez elementów regulacyjnych, gdzie wymagany jest stały przepływ. Zaletą tego sposobu regulacji jest możliwość precyzyjnego

ustawienia prędkości obrotowej pompy i dopasowanie do konkretnej instalacji. Pozwala to uniknąć błędów przy doborze na przykład zbyt dużej pompy.

Przegląd opcji regulacji pompy MAGNA3

AUTO_{ADAPT}

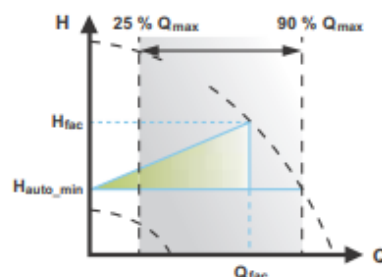
- Jest to rodzaj regulacji zalecany dla większości instalacji grzewczych.
- Podczas pracy pompa automatycznie dostosowuje się do aktualnej charakterystyki instalacji.



FLOW_{ADAPT}

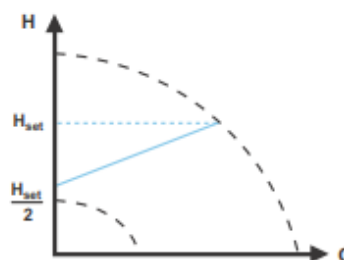
Tryb sterowania FLOW_{ADAPT} to połączenie następującego trybu regulacji i funkcji:

- Pompa pracuje w trybie AUTO_{ADAPT}.
- Przepływ pompy w żadnym momencie pracy nie przekracza wartości określonej w parametrze FLOW_{LIMIT}.



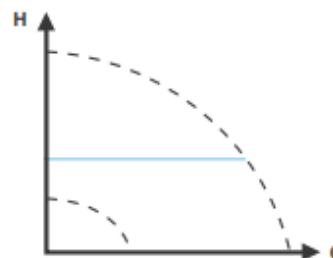
Ciśnienie proporcjonalne

- Ten rodzaj regulacji stosuje się w instalacjach o względnie dużych stratach ciśnienia w rurach rozprowadzających.
- Wysokość podnoszenia pompy będzie rosła proporcjonalnie do przepływu w instalacji, aby skompensować duże straty ciśnienia w rurach rozprowadzających.



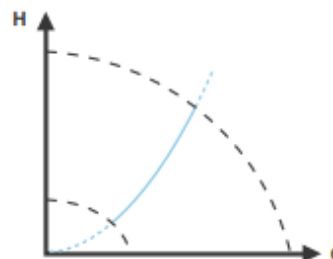
Ciśnienie stałe

- Ten rodzaj regulacji zalecany jest dla instalacji o względnie małych stratach ciśnienia.
- Wysokość podnoszenia jest utrzymywana na stałym poziomie, niezależnie od przepływu w instalacji.



Stała temperatura

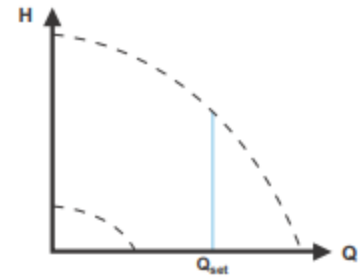
Dla instalacji o stałej charakterystyce, jak np. domowe instalacje ciepłej wody użytkowej, odpowiednie jest sterowanie pompy zapewniające stałą temperaturę na powrocie.



Przepływ stały

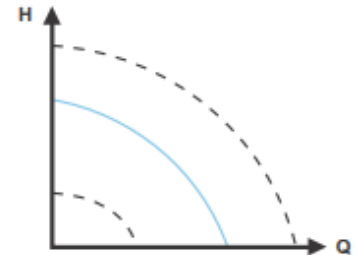
Uwaga: Dostępne tylko w przypadku pomp o kodzie produkcji od 1838.

- Pompa utrzymuje stałą wydajność w instalacji, niezależnie od wysokości podnoszenia.
- Użycie przetwornika zewnętrznego jest niemożliwe; zamiast tego pompa wykorzystuje przetwornik wewnętrzny.



Charakterystyka stała

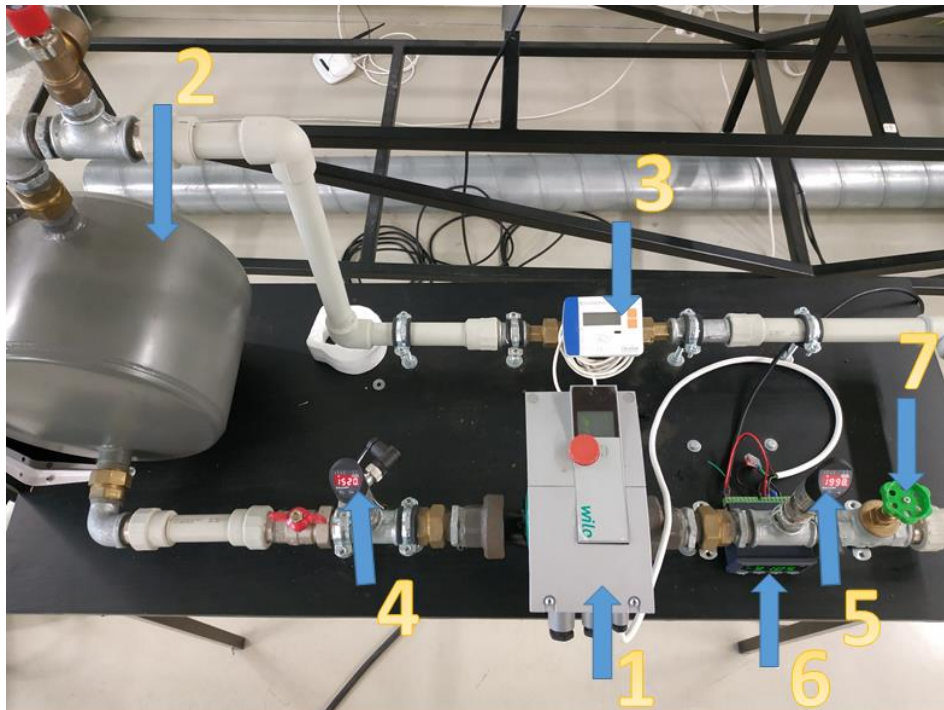
- Pompa może zostać ustawiona na pracę wg stałej charakterystyki, jak w przypadku pompy nieregulowanej.
- Żądaną prędkość można ustawiać w % prędkości maksymalnej w zakresie od wartości minimalnej do 100 %.



Tryby wielopompowe

- Praca naprzemienna:
W danym momencie pracuje tylko jedna pompa.
- Praca z pompą rezerwową:
Jedna pompa pracuje ciągle. W razie usterki automatycznie uruchamiana jest pompa rezerwowa.
- Praca kaskadowa:
Osiągi pompy są automatycznie dostosowywane do zapotrzebowania poprzez załączanie i wyłączanie pomp.

2. Budowa stanowiska



Stanowisko badawcze składa się z :

- 1- Pomp obiegowa Wilo Stratos 30/1-12
- 2- Zbiornik wody
- 3- Przepływomierz
- 4- Czujnik ciśnienia po stronie ssawnej
- 5- Czujnik ciśnienia po stronie tłocznej
- 6- Watomierz
- 7- Zawór dławiący

Ad. 1.

Pompa WILO STRATOS 30/1-12 jest pompą obiegową, bezdławnicową. Stosuje się ją głównie w instalacjach grzewczych wszystkich systemów, instalacjach klimatyzacyjnych, zamkniętych obiegach chłodzenia oraz przemysłowych instalacjach cyrkulacyjnych. Wyposażona jest w moduł elektronicznego sterowania, który umożliwia ustawienie pompy w następujących trybach pracy:

- stałe obroty (brak regulacji – charakterystyka stała),
- regulacja proporcjonalna,
- regulacja wg. stałej różnicy ciśnień,
- regulacja wg. Temperatury.

Pompa wyposażona jest w wyświetlacz ciekłokrystaliczny oraz pokrętło dzięki którym można nastawić wybrane parametry pracy.



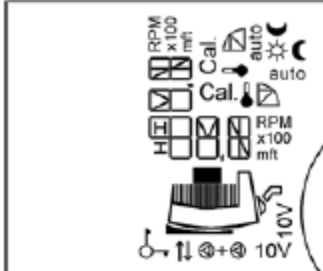
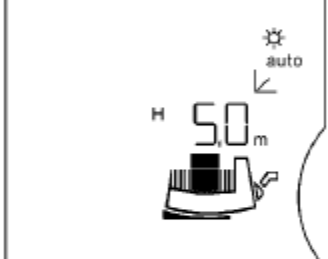
Zdjęcie przedstawia widok rzeczywisty panelu sterowania pompą

- 1- Pokrętło sterujące
- 2- Wyświetlacz

Tabela poniżej pokazuje piktogramy wyświetlane na wyświetlaczu oraz podaje ich opis

Symbol	Znaczenie
auto 	Praca regulowana; włączone automatyczne przełączanie na tryb obniżania. Aktywacja trybu obniżania następuje przy minimalnym zapotrzebowaniu na wydajność ogrzewania.
auto 	Pompa pracuje w trybie obniżania (obniżenie nocne) przy min. prędkości obrotowej.
(bez symbolu)	Automatyczne przełączanie na tryb obniżania jest zablokowane, tzn. pompa pracuje wyłącznie w trybie regulowanym.
	Tryb obniżania aktywowany poprzez złącze PLR/LON/CAN lub Ext.Min i to niezależnie od temperatury systemu.
	Pompa pracuje w trybie podgrzewania przy maks. prędkości obrotowej. Ustawienie może być aktywowane tylko poprzez PLR/LON/CAN.
	Pompa jest włączona.
	Pompa jest wyłączona.
H 5,0 m	Wartość zadana różnicy ciśnień jest ustawiona na H = 5,0 m.
	Rodzaj regulacji $\Delta p-v$, regulacja do zmiennej wartości zadanej różnicy ciśnień (rys. 8).
	Rodzaj regulacji $\Delta p-v$, regulacja do stałej wartości zadanej różnicy ciśnień (rys. 9).
	Tryb nastawczy dezaktywuje regulację w module. Prędkość obrotowa pompy jest utrzymywana na stałej wartości. Prędkość obrotowa jest zadawana przez czerwony przycisk (rys. 11) wzgl. poprzez PLR/LON/CAN.
26,0 ^{RPM} _{x100}	Pompa jest ustawiona na stałą prędkość obrotową (tutaj 2.600 obr/min) (tryb nastawczy).

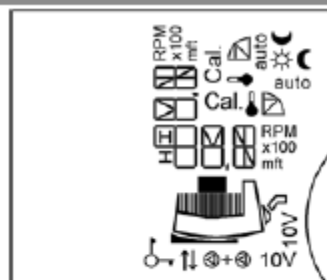
Poniższe tabele przedstawiają proces nastawiania parametrów pompy

Wyświetlacz ciekłokrystaliczny	Ustawienie
① 	Podczas włączania modułu na wyświetlaczu pojawiają się na 2 s wszystkie symbole. Następnie ustawia się aktualne ustawienie ②.
② 	Aktualne ustawienie (podstawowe) (ustawienie fabryczne): auto  → Włączanie trybu obniżania, Pompa pracuje w trybie regulacyjnym   brak → Pompa pojedyncza np. H 5,0 m → Zadana wysokość podnoszenia $H_s = 5,0$ m równocześnie H_{max} (ustawienie fabryczne w zależności od typu pompy)  → Rodzaj regulacji $\Delta p-v$  Obrócenie pokrętki regulacyjnego powoduje przestawienie wartości zadanej różnicy ciśnień. Nowa wartość zadana różnicy ciśnień miga.  Krótkie wciśnięcie pokrętki powoduje zapisanie ustawienia. Jeżeli pokrętło nie zostanie wciśnięte po 30 s powraca ustawiona wcześniej wartość zadana różnicy ciśnień.  Wcisnąć przycisk > 1 s. Pojawia się kolejny punkt menu ③.
Jeżeli w kolejnych menu w ciągu 30 s nie zostanie dokonane żadne ustawienie, na wyświetlaczu pojawia się ustawienie podstawowe ②.	

Wyświetlacz ciekłokrystaliczny

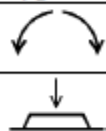
Ustawienie

3



Ustawienie pozycji wskazania wyświetlacza poziomej / pionowej

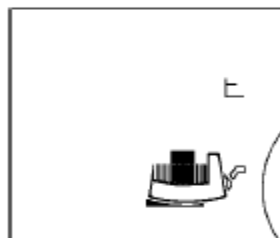
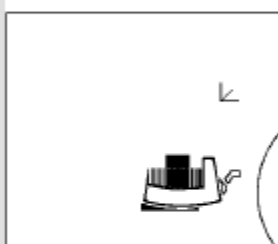
Ustawiona pozycja wskazania wyświetlacza jest sygnalizowana poprzez migające „ON”.



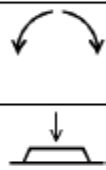
Obrót pokrętki regulacyjnego powoduje wybór innej pozycji.

Ustawienie jest zapisywane.

4



Ustawiony aktualnie rodzaj regulacji miga.

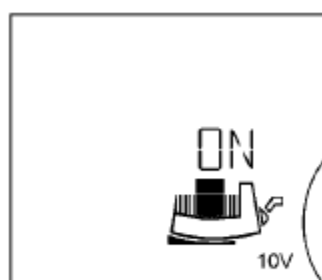


Poprzez obrót pokrętki regulacyjnego można wybrać inne rodzaje regulacji.

Wybrany na nowo rodzaj regulacji miga.

Wciśnięcie pokrętki powoduje zapis nowego rodzaju regulacji i przejście do następnego menu.

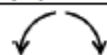
⑤



Punkt menu ⑤ pojawia się tylko, gdy włożono moduł IF Stratos z wejściem 0-10V.

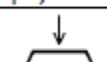
Włączanie/wyłączanie wejścia 0-10V

Aktywacja wejścia 0-10V: na wyświetlaczu pojawia się „ON” i „symbol modułu silnika”



Poprzez obrót pokrętki regulacyjnej można zmienić ustawienie.

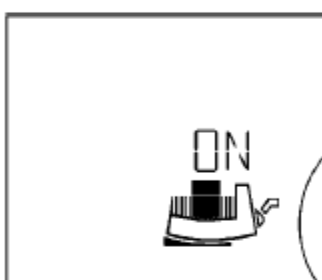
Dezaktywacja wejścia 0-10V: Na wyświetlaczu pojawia się „OFF”.



Ustawienie jest zapisywane.

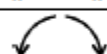
Jeżeli włączono wejście, prowadzenie menu przechodzi do punktu ⑦a).

⑥



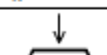
Włączanie / wyłączanie pompy.

Włączanie pompy: na wyświetlaczu pojawia się „ON” i „symbol modułu silnika”



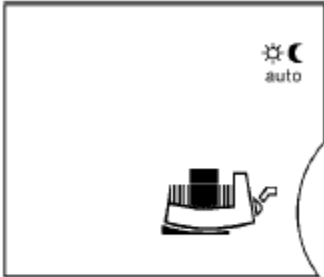
Poprzez obrót pokrętki regulacyjnej można zmienić ustawienie.

Wyłączanie pompy: Na wyświetlaczu pojawia się „OFF”.



Ustawienie jest zapisywane.

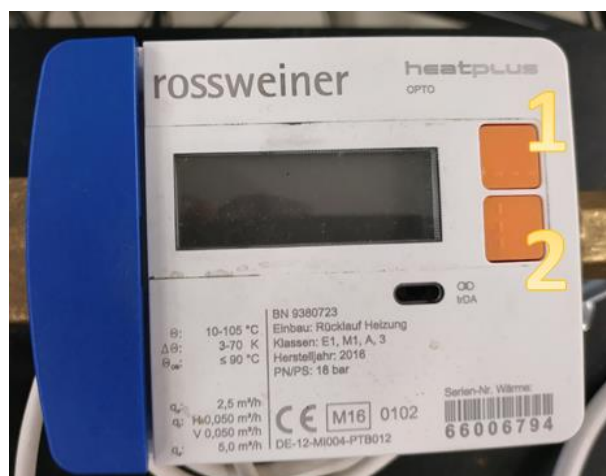
Przy wyłączonej pompie gaśnie „symbol silnika”.

Wyświetlacz cieklotokrystaliczny	Ustawienie
⑦ 	Albo migają auto  → Włączenie trybu obniżania. W punkcie menu ② występuje „auto ” podczas automatycznego rodzaju regulacji lub „auto ” podczas trybu obniżania.  → normalny rodzaj regulacji, tryb obniżania zablokowany. Punkt menu ② jest wtedy pozbawiony symbolu.  Wybrać jedno z dwóch ustawień  i zapisać. Wyświetlacz przechodzi do następnego menu. Punkt menu ⑦ jest pomijany, jeżeli: - eksploatacja pompy odbywa się przy PLR/LON/CAN, - wybrano tryb nastawczy, - aktywowano wejście 0...10V.
⑦a 	W przypadku pojedynczej pracy pompy wyświetlacz powraca do ustawienia podstawowego ②. W przypadku usterki przed ustawieniem podstawowym ② pojawia się menu usterek ⑩. W przypadku podwójnej pracy pompy wyświetlacz przechodzi do menu. ⑧

Ad. 3.

Za pomiar przepływu odpowiada ciepłomierz Rossweiner Heatplus.

Poniższe zdjęcie przedstawia widok rzeczywisty przepływomierza.



Aby ciepłomierz ustawić w tryb przepływomierza należy wcisnąć przycisk 1 przez około 5 sekund (do czasu ukazania się menu), następnie przyciskając przycisk 1 należy ustawić pozycję L2 Curr i potwierdzić przyciskiem 2. Po potwierdzeniu przepływomierz przejdzie do ekranu głównego i zacznie wskazywać przepływ. Pomiar przepływu dokonywany jest cyklicznie co 10 sekund, aby otrzymać wiarygodny odczyt przepływu (w trakcie regulacji przepływu zaworem) należy odczekać 30 sekund.

Ad. 4. Ad .5.

Pomiar ciśnienia ssania oraz tłoczenia dokonywane są manometrami Balluff BSP0015. Manometry wyposażone są w wyświetlacze ciekłokrystaliczne. Wyświetlane wartości ciśnień podawane są w mBar-ach.

3. Przeprowadzenie pomiarów

W celu przeprowadzenia pomiarów należy:

- uruchomić stanowisko
- ustawić żądane parametry pracy pompy (rodzaj sterowania, wysokość podnoszenia lub obroty silnika)
- uruchomić ciepłomierz i ustawić go w tryb pomiaru przepływu
- przy pomocy zaworu dławić pompę
- po ustawieniu żądanej nastawy zaworu odczekać ~ 30 sekund
- dokonać odczytu ciśnień, przepływu oraz mocy pompy