

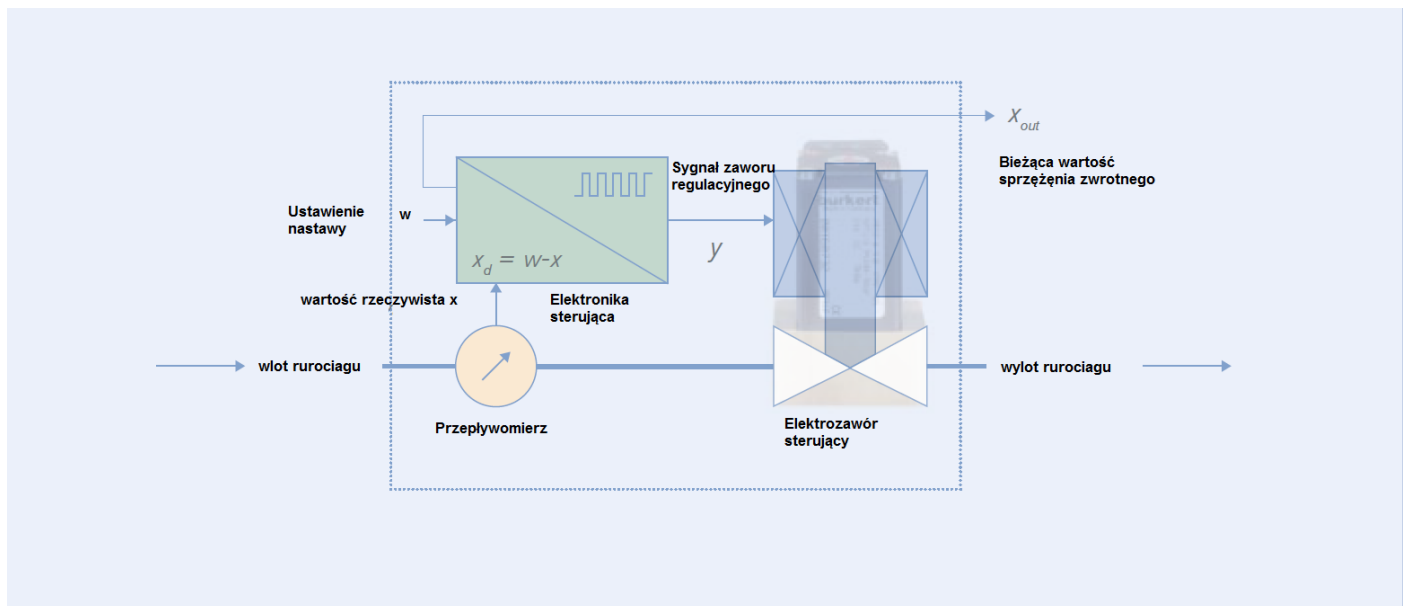


Konfiguracja i Funkcjonowanie Elektrozaworów Regulacyjnych

Zawór regulacyjny, armatura sterująca, zawór dozujący: określenia mogą być różne – ale wciąż oznaczają ten sam produkt. W odniesieniu do praktycznego wykorzystania w procesach, elementy te noszą zwykle nazwę zaworów regulacyjnych, a nazwa nawiązuje do ich funkcji. Sterują one oraz regulują wartość przepływu mediów (cieczy). Zawory regulacyjne są sterowane różnymi sposobami: pneumatycznie, elektromotorycznie, piezoelektrycznie oraz elektromagnetycznie.

Różne sposoby napędowe różnią się przede wszystkim ceną, rozmiarem, typem separacji medium, właściwościami dynamicznymi i siłowymi.

Zawory regulacyjne uruchamiane elektromagnetycznie nazywane są „elektrozaworami regulacyjnymi” lub „zaworami proporcjonalnymi”, których otwór ma poniżej 12mm (w przypadku zaworów bezpośredniego działania) i 8-25mm (zawory serwo-wspomagane). Elektrozawory sterujące są wykorzystywane jako zawory dozujące w zamkniętych pętlach sterujących. Zawór eliminuje różnicę pomiędzy wartością referencyjną a rzeczywistą mapowanego procesu (rys.1). Elektrozawory sterujące, w zależności od typu i sposobu wykorzystania, są również wykorzystywane w otwartych pętlach sterowania, w których zawór jest sterowany bez wykorzystania sprzężenia zwrotnego od wartości rzeczywistej.

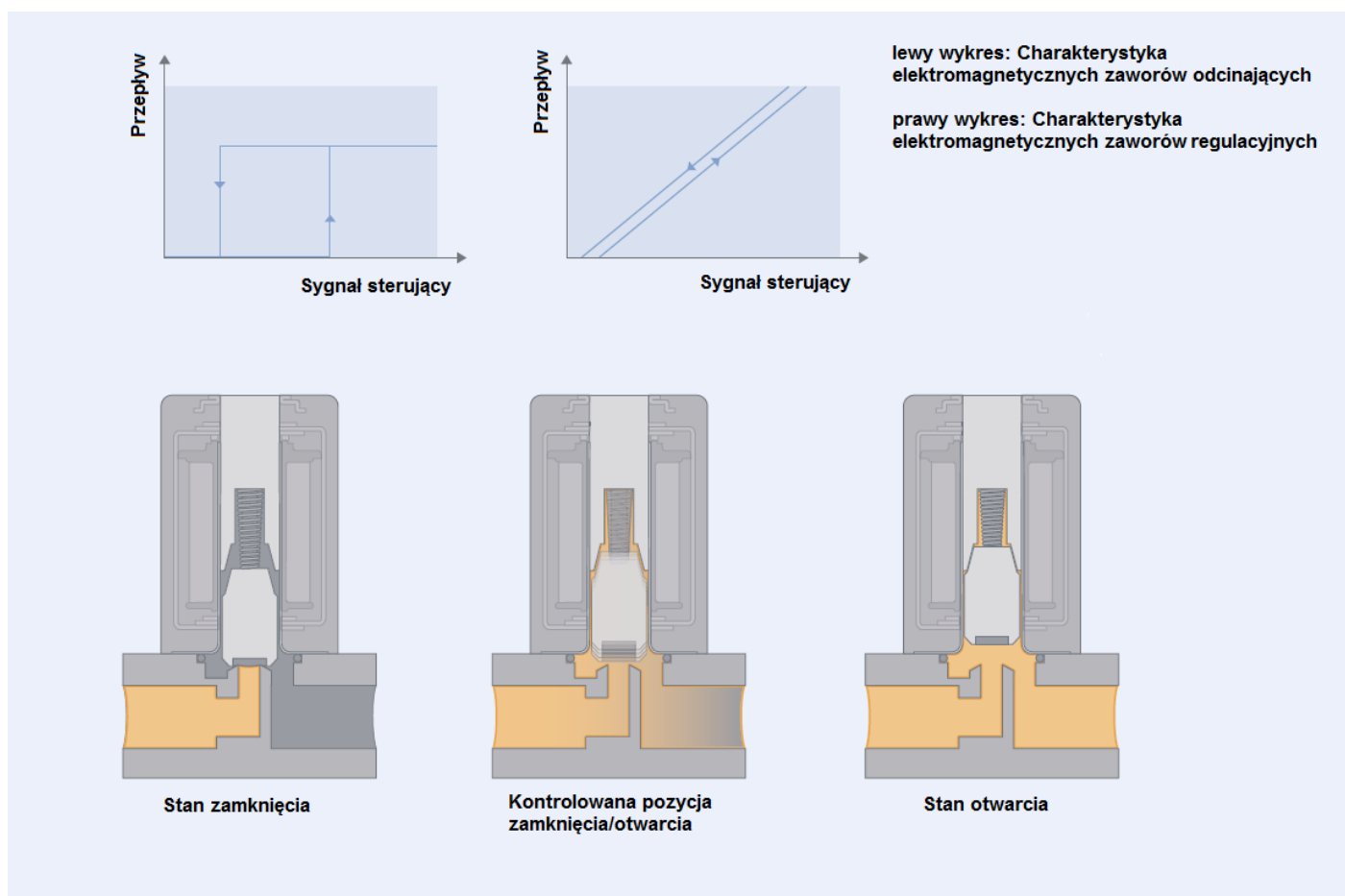


Rys. 1: Schemat zamkniętego układu sterowania.



Elektrozawory odcinające są podstawowymi elektrozaworami sterującymi Burkert. Bez napięcia elektrycznego siła sprężyny popycha tłok bezpośrednio w kierunku gniazda zaworu, przez co zawór zostaje zamknięty. Podanie prądu na cewkę wywołuje siłę magnetyczną, która podnosi tłok i otwiera zawór. Poprzez zmiany konstrukcyjne w elektrozaworach odcinających, równowaga pomiędzy siłą sprężyny a siłą magnetyczną może zostać ustanowiona dla każdego prądu cewki. Natężenie prądu na cewce oraz siły magnetycznej wpływa zarówno na ruch tłoka jak i stopień otwarcia zaworu. Otwarcie zaworu (wskaznik przepływu) i prąd na cewce (sygnał sterujący) są idealnie liniowe i zależne od siebie (Rys. 2).

Kierunek przepływu w elektrozaworach regulacyjnych bezpośredniego działania występuje standardowo pod grzyb. Medium wpływające do środka, pod grzyb, razem z generowaną siłą magnetyczną przeciwstawia się sile sprężyny która naciska od góry. Właśnie dlatego warto ustawić minimalną i maksymalną wartość natężenia przepływu zakresu roboczego (napięcia cewki) w warunkach eksploatacyjnych.



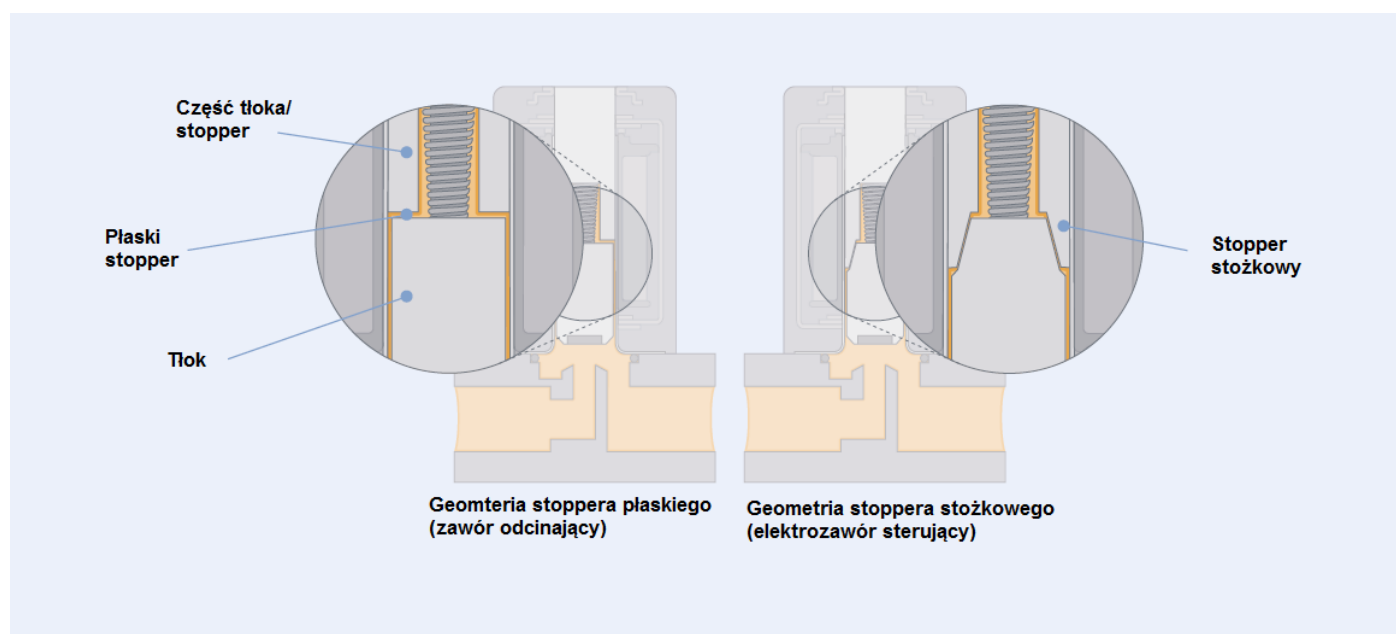
Rys. 2: Zasada funkcjonowania elektrozaworów regulacyjnych bezpośredniego działania



Przy równomiernej geometrii tłoka i jego części/stopera (płaska geometria stopera), siła magnetyczna spada za bardzo razem z powiększającą się szczeliną powietrzną, co uniemożliwia wykorzystanie zaworu jako zaworu regulacyjnego. Stan równowagi pomiędzy sprężyną a siłą magnetyczną, przy różnych wartościach prądu, może zostać osiągnięty jedynie przez odpowiednią konstrukcję obu komponentów. Zaprojektowano go w kształcie powierzchni stożkowej na zewnętrznej części stopera oraz lustrzanym odbiciem skosu w górnej części tłoka. (geometria stopera stożkowego na rys. 3)

Przy wyłączonym zasilaniu, zawór zostaje zamknięty za pomocą siły sprężyny. Uszczelnienie zintegrowane na dolnej części tłoka zapewnia, że nie wystąpi przeciek kiedy zawór jest zamknięty.

Tłok prowadzony jest przez zawór za pomocą płaskiej sprężyny (znajdującej się na dole) oraz pinu (znajdującego się u góry). Im bardziej płynnie tłok przesuwają się przez cewkę, tym bardziej wyraźna jest wrażliwość i większa powtarzalność pozycji sterującej. Dzieje się tak, ponieważ w odniesieniu do siły magnetycznej oraz siły sprężyny pojawia się trzecia nieunikniona siła, niechciana z powodu jej skutków – tarcie. Tarcie przeszkadza w dostosowaniu charakterystyki. Może ono jednak zostać znacząco zredukowane poprzez precyzyjne prowadzenie tłoka oraz specjalną elektronikę sterującą.



Rys. 3: Porównanie konstrukcji stoppera płaskiego i stożkowego.

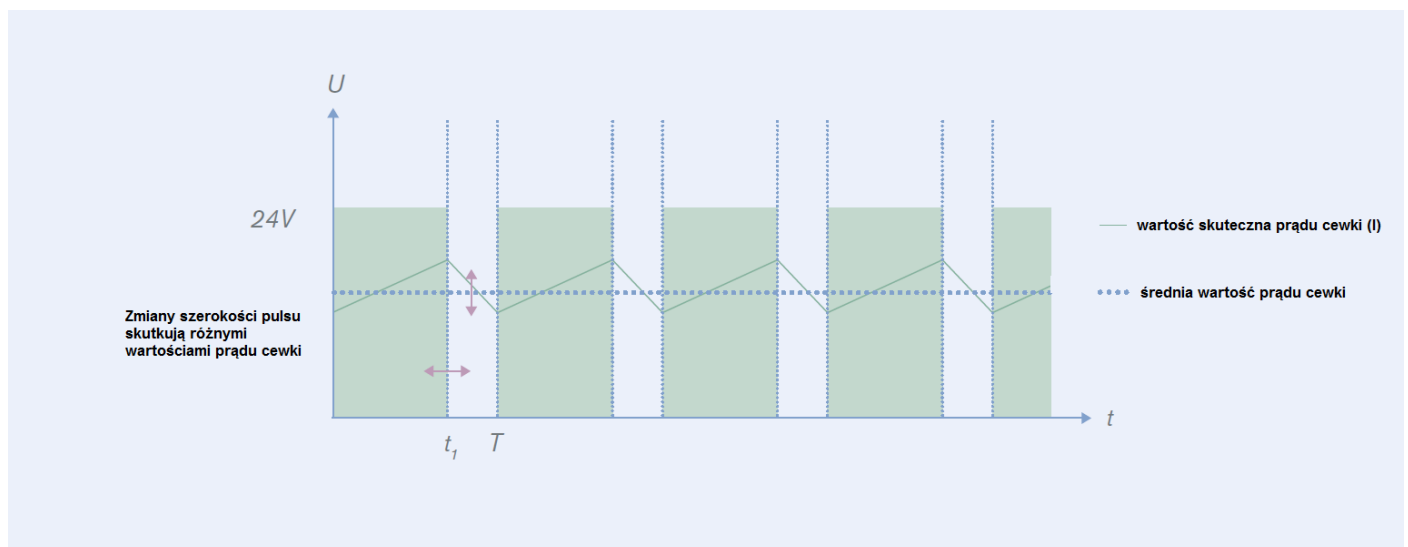


Sterowanie Elektrozaworami Regulacyjnymi

W zasadzie możliwe jest sterowanie proporcjonalnymi magnesami za pomocą zmian napięcia stałego, jednak może wystąpić tarcie statyczne w punktach przewodnych tłoka. Osłabia to wrażliwość zaworu i skutkuje zwiększoną histerezą. Aby uniknąć tarcia statycznego, normalny sygnał sterujący jest przekształcony za pomocą specjalnej elektroniki sterującej – przeważnie w sygnał częstotliwościowy PWM (rys. 4: sterowanie PWM). Ten rodzaj sterowania pozycjonuje rdzeń bardzo szybko, a zarazem bez nadmiernej oscylacji. Pomimo, lub co więcej ze względu na oscylacje, stan równowagi tłoka zostaje zachowany, tak jak jego stałe tarcie ślizgowe. Oscylacje tłoka nie mają absolutnie żadnego wpływu na przepływ cieczy.

Przy sterowaniu za pomocą PWM, wartość skuteczna prądu cewki przy stałym napięciu jest ustawiana poprzez wypełnienie sygnału prostokątnego. Z jednej strony częstotliwość PWM jest zharmonizowana z jej częstotliwością rezonansową i tłumieniem w układzie tłok-sprężyna, natomiast z drugiej strony jest zharmonizowana z indukcyjnością obwodu magnetycznego. Jeżeli wypełnienie t_1/T (t_1 : czas zasilania, T : czas trwania cyklu, $f = 1/T$: częstotliwość) wzrasta, wzrasta również wartość skuteczna prądu „I” cewki. Dzieje się tak ponieważ wzrasta również sygnał prostokątny. Jeżeli wypełnienie maleje, maleje również wartość skuteczna prądu cewki.

Ogólnie mówiąc: małe cewki (np. typ 2822, 2824) przy małej sile magnetycznej reagują wrażliwiej dla wyższych częstotliwości. Przy niskich częstotliwościach generują one wysokie amplitudy ruchu i zbędnie wysoki poziom szumu. Duże cewki przy dużej sile magnetycznej (np. typ 2835) skutkują jedynie wibracją, a zatem tarciami ślizgowymi dla niskich częstotliwości.



Rys. 4: Sygnał sterujący PWM



Typowe Funkcje Elektroniki Sterującej

Kompensacja nagrzewania cewki.

Nagrzewanie cewki zmienia jej tymczasową skuteczną rezystancję elektryczną. Zjawisko to jest kompensowane za pośrednictwem dostosowania prądu sterującego cewką. Sterowanie prądem jest szczególnie ważne w otwartych pętlach sterujących, nie ma natomiast znaczenia w zamkniętych pętlach sterowania.

Dopasowanie minimalnego i maksymalnego prądu cewki dla specyficznych warunków ciśnieniowych w aplikacji.

Wartości prądu muszą zostać ustawione w warunkach eksploatacyjnych – kiedy zawór zaczyna się otwierać oraz kiedy jest w pełni otwarty. Zakres roboczy odpowiednich typów zaworów zależy od ich otworu oraz odpowiednich warunków ciśnieniowych w systemie (ciśnienie pierwotne i wtórne). Dla wszystkich elektrozworów regulacyjnych bezpośredniego działania, w których przepływ występuje pod grzyb, wartość prądu na początku otwarcia spada wraz ze wzrostem ciśnienia wlotowego. Wraz ze wzrastającą różnicą ciśnień w zaworze, wartość prądu, dla której zostaje osiągnięty maksymalny przepływ zaczyna spadać.

Punkt zerowy odcięcia dla szczelnego zamknięcia zaworu.

Punkt zerowy odcięcia może zostać ustawiony na wartość 5% maksymalnego sygnału sterującego. Gwarantuje to szczelne zamknięcie zaworu. Przy sygnałach sterujących, niższych niż oryginalnie ustawione, prąd cewki zostaje natychmiastowo ustawiony na zero. To z kolei zamyka zawór. Jeżeli żaden zerowy punkt odcięcia nie został określony, zawór jest sterowany za pomocą najniższego cyklu pracy, nawet przy ustawieniu 0%.

Funkcja rampy

Zmiany zadanych wartości mogą zostać wprowadzone razem ze skutecznym opóźnieniem do 10s. Równoważy to efekt niestabilnych zmian wartości zadanej, które mogą wywołać wahania w niektórych systemach.



Dane Charakterystyczne Elektrozaworów Regulujących

Wartość K_{Vs} / Wartość Q_{Nn}

Wielkość przepływu dla zaworów można ocenić za pomocą wartości k_{Vs} (jednostka m^3/h). Wartość ta mierzona jest przy przepływie wody w temperaturze $20^\circ C$ i ciśnieniu 1 bar na wlocie zaworu, w porównaniu do 0 bar na wylocie zaworu. Druga wartość przepływu jest często podawana dla gazów. Jest to wartość Q_{Nn} . Wartość ta podaje nominalną wartość przepływu w l_N/min powietrza ($20^\circ C$), przy 6 bar na wlocie zaworu i 1 bar spadku ciśnienia przez zawór. Standardowe warunki dla gazów to 1013.25 mbar absolutnego i temperatura 273.15 K ($0^\circ C$).

Histereza

Wielkość przepływu dla danej wartości sygnału sterującego może być różna, w zależności od kierunku ruchu rdzenia. Histereza jest wynikiem tarcia i magnetyzmu.

Czułość

Najmniejsza zmiana wartości zadanej, która skutkuje mierzalną zmianą przepływu; podana w % maksymalnego przepływu medium.

Liniowość

Wymiar dla maksymalnego odchylenia od liniowej (idealnej) charakterystyki; podana w % maksymalnego przepływu medium.

Powtarzalność

Zakres w którym przepływ medium ulega rozproszeniu, kiedy ten sam wejściowy sygnał sterujący przychodzący z tego samego kierunku jest wielokrotnie ustawiany; podana w % maksymalnego przepływu medium.

Rozpiętość

Stosunek wartości k_{Vs} do najniższej wartości k_v , dla którego wysokość i nachylenie charakterystyki pozostaje w zakresie tolerancji krzywej idealnej charakterystyki.

W praktycznych zastosowaniach właściwa konfiguracja zaworu jest warunkiem koniecznym dla prawidłowego funkcjonowania (patrz „Wymiarowanie Otworu Zaworu”).



Zastosowanie jako Zawór Regulacyjny: Wymiarowanie Otworu Zaworu

Dla prawidłowego i dokładnego sterowania, elektrozawory regulacyjne muszą zostać dobrane oraz skonfigurowane zgodnie z ich przeznaczeniem. Najważniejsze parametry przy wyborze elektrozaworu regulacyjnego to z jednej strony wartość k_v (podana w m^3/h) a z drugiej strony jest to zakres ciśnienia w aplikacji. Im mniejszy otwór zaworu lub im silniejsza cewka, tym większe ciśnienie zawór może odciąć. Najwyższa wartość k_v jest konieczne obliczana na podstawie następujących parametrów: ciśnienia wlotowego zaworu, ciśnienia wylotowego zaworu, gęstości cieczy, maksymalnego wymaganego natężenia przepływu oraz temperatury cieczy. Dzięki wzorom wymiarowania (patrz broszury Burkert dla elektrozaworów regulacyjnych), rozróżniane są: nadkrytyczny i podkrytyczny przepływ oraz stany skupienia (gazowy, ciekły, para).

Na podstawie obliczonej wartości k_v oraz zakresu ciśnień w planowanej aplikacji, można określić odpowiedni typ zaworu oraz wymagany jego otwór. Pomogą one w dobraniu właściwego typu zaworu. Zwróć uwagę: wartość k_v w aplikacji musi być niższa od wartości k_{vs} osiągniętej przy maksymalnym otwarciu.

Więcej informacji na temat wartości k_{vs} na poprzedniej stronie.

Niektóre kraje korzystają z wartości c_v zamiast k_v . Jest to wskaźnik przepływu podany w galonach na minutę (1 GPM = 0.227 m^3/h) przy temperaturze wody 60°F i różnicy ciśnień w zaworze 1 psi (odpowiednik 0.069 bar). Współczynnik konwersji pomiędzy k_v i c_v wynosi 0.857 (k_v jest mniejsze niż c_v).

Właściwa konfiguracja (określenie przelotu zaworu) jest niezwykle ważna dla prawidłowego funkcjonowania elektrozaworów regulacyjnych. Przy wybraniu dużego przelotu, zawór może osiągnąć maksymalny przepływ już przy małym otwarciu. Wspomniane małe otwarcie zaworu nie ma wtedy sensu, co więcej pogarsza rozdzielczość i ogólną jakość sterowania zaworem. Z kolei przy zbyt małym otworze zaworu, nie osiągnie on maksymalnego przepływu. W trosce o zadowalające charakterystyki przepływu „stopień otwarcia zaworu” nie powinien wynosić poniżej 0.3 – 0.5. Oznacza to, że 30% do 50% ciśnienia medium na wejściu powinno być dostępne jako spadek ciśnienia na zaworze regulacyjnym.

Burkert udostępnia narzędzie do obliczenia właściwego rozmiaru zaworu regulacyjnego: Easy Valve Sizer, które pozwala łatwo znaleźć optymalną wielkość otworu.



Krótką Instrukcja – Jak Znajdę Właściwy Elektrozwór Regulacyjny?

1. Jakim medium chcesz regulować?

W odniesieniu do jego właściwości fizyczno-chemicznych, należy sprawdzić czy części zaworu w kontakcie z medium są odpowiednio dobrane.

2. Jakie jest maksymalne ciśnienie pracy?

Zawór musi być zdolny do odcięcia największego ciśnienia w aplikacji.

3. Czym są dane procesowe?

Dla optymalnego dobrania wielkości zaworu należy omówić kilka kwestii. Po pierwsze zakres wymaganego maksymalnego przepływu Q_{nom} , które w zasadzie ma być kontrolowane. Maksymalny przepływ zaworu może być w rzeczywistości wyższy a wartości ciśnienia dla Q_{nom} powinna zostać zmierzona przed i za zaworem (p_1 , p_2). Często te wartości nie są identyczne z ciśnieniem wlotowym i wylotowym całego układu, ponieważ dodatkowe opory przepływu mają wpływ zarówno przed jak i za zaworem (rury, zawory ocinające, dysze, etc.). Jeśli ciśnienie na wlocie (p_1) i na wylocie (p_2) nie może zostać określone, oba muszą zostać oszacowane biorąc pod uwagę wszystkie spadki ciśnienia w układzie. Informacje na temat temperatury medium (T_1) oraz standardowej gęstości (ρ_N) medium w temperaturze 273°K (0°C) i ciśnieniu 1013mbar (1 bar) są również pomocne przy kalkulacji wielkości zaworu.

Krótkie podsumowanie kryteriów wymiarowania:

- wartość k_{vs} zaworu jest większa od wartości k_v w aplikacji, idealnie około 10%.
- Ciśnienie które może wytrzymać zawór jest większe od maksymalnego ciśnienia roboczego przed zaworem.