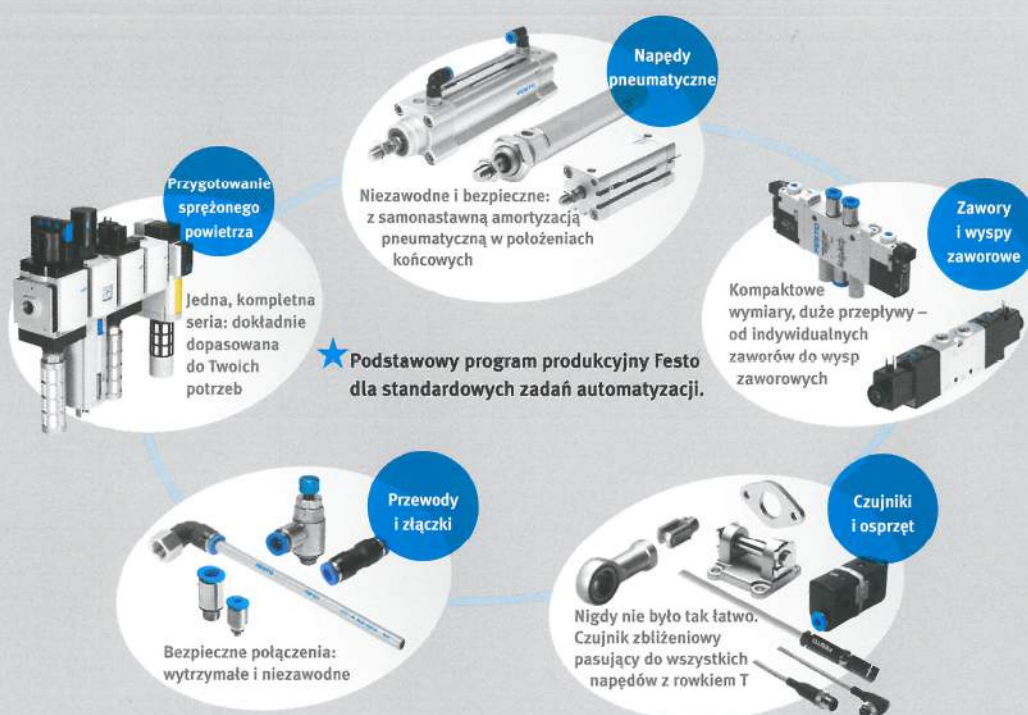


Gwiazdy w automatyce przemysłowej



FESTO

Szybka dostawa:
produkty gotowe do wysyłki w ciągu 24h

Łatwe zamawianie:
wystarczy kilka kliknięć, aby zamówić produkty online

Niezawodne działanie:
wysoka jakość po atrakcyjnej cenie

Ponad 2200 różnych produktów:
dostępne w magazynach na całym świecie

★ **Podstawowy program produkcyjny Festo** obejmuje ponad 80% Twoich zadań automatyzacji, gwarantując wysoką jakość po atrakcyjnej cenie. Od napędów po akcesoria do automatyzacji produkcji i procesów przemysłowych.

www.festo.com/stars

Temat numeru:

Automatyka przemysłowa

Nasi eksperci ds. utrzymania ruchu:



Piotr Bonarski



Tomasz Malcher



Piotr Wierzbicki



Piotr Bzura



Piotr Krzyżkiewicz



Beata Chorągwicka-Majstrowicz



Adam Galach



Jacek Krywult

RAPORT:

Wyzwania przemysłu tworzyw sztucznych

PREWENCJA:

Ustawienie maszyn w gorącym środowisku produkcyjnym

EKSPLLOATACJA:

Realizacja analizy krytyczności maszyn krok po kroku

DODATEK SPECJALNY:

Energetyka w przemyśle

Zastosowanie regulatorów w aplikacjach napędu pneumatycznego

W artykule omówiono podstawowe zastosowania regulatorów w technikach sterowania oraz napędów pneumatycznych. Przedstawione zostały także funkcje, zakres zastosowań oraz ograniczenia wynikające z funkcjonalności poszczególnych typów regulatorów. Wskazano też elementarne wymagania, które powinny zostać spełnione w fazie doboru regulatora do konkretnej aplikacji przemysłowej. Skrótowo opisano zastosowanie poszczególnych typów regulatorów oraz istotę działania członów składowych.



dr inż. Mariusz Hetmańczyk

Otrzymał tytuł doktora inżyniera w 2011 r. na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej. Obecnie jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Instytutu Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania. Naukowe zainteresowania skupione są wokół zagadnień automatyki i robotyki, sterowania, mechatroniki, diagnostyki przemysłowej, predykcji stanów bazującej na metodach grafowych oraz technologii MEMS. Jest autorem ponad 80 publikacji związanych z komputerowym wspomaganem diagnozy oraz prognozy rozproszonych napędów mechatronicznych.



WSTĘP

Procesy, w których znajdują zastosowanie elementy pneumatyki oraz elektropneumatyki przemysłowej [1, 4, 5], podzielone są na dwie odrębne grupy obejmujące sterowanie w układzie zamkniętym albo otwartym [2, 7, 8]. Sterowanie w układzie otwartym (rys. 1a) nie wymaga przetwarzania informacji o bieżących wartościach sygnału sterującego parametrami pracy elementów wykonawczych. Typowym reprezentantem tej grupy są układy tradycyjnych napędów pneumatycznych o działaniu sekwencyjnym (z pozycjonowaniem opartym o czujniki dwustanowe położenia lub wyłączniki krańcowe), ręcznych nastawach ciśnienia oraz objętościowego natężenia przepływu [6].

Techniki serwo lub proporcjonalna służą do dokładnego pozycjonowania elementów wykonawczych, więc wymagają sprzężenia zwrotnego odnośnie wartości bieżących pozycji, prędkości lub siły

użytecznej. Taka realizacja funkcji sterowania możliwa jest jedynie w układach automatycznej regulacji (rys. 1b).

Sprzężenie zwrotne może wynikać z dwóch źródeł [1, 4, 5]:

- Zastosowania siłowników skonfigurowanych w technologii PFC (ang. *Position Feedback Cylinders*) wyposażonych w sensory stykowe z pasywną sondą pomiarową (najczęściej stosowaną grupą czujników są liniowe sensory rezystancyjne zabudowane wewnątrz cylindrów siłowników roboczych, których wartość napięcia wyjściowego jest proporcjonalna do bieżącej wartości wysuwu tłoczyska; wymagają czystego, suchego oraz niesmarowanego powietrza; są również podatne na uszkodzenia mechaniczne oraz wytarcia ślizgaczy) oraz bezstykowe z aktywną sondą pomiarową – sonda magnetostrykcyjna; brak ślizgaczy lub mechanicznych elementów, które podlegają szybkiemu zużyciu; odporność na obecność wilgoci lub zanieczyszczeń stałych; konieczność zastosowania elektroniki pomiarowej i przetwarzającej wartość zmierzoną.
- Zamkniętej pętli sterowania z pomiarem ciśnienia komór roboczych siłownika – regulator pneumatyczny obsługujący siłownik wyposażony jest w elektronikę przetwarzającą sygnały oraz sensory ciśnienia, które porównują wartość



Rys. 1. Schemat blokowy sterowania w układzie: a) otwartym, b) zamkniętym [2]

napięcia sterującego w stosunku do pozycji cylindra (pomiar analogowy położenia tłoka), a następnie dokonują dodatkowego pomiaru ciśnienia sprężonego powietrza po obu stronach tłoka; działanie układu regulacji zakończone jest przez zrównanie wartości ciśnień w obu komorach siłownika.

Zastosowania układów ze sprzężeniem zwrotnym obejmują automatyzację procesów o często zmienianych ustawieniach zakresu ruchu siłowników (zmiennosc produkcyjną, konieczność przebrożeń), wartości sił oraz czasów cykli roboczych.

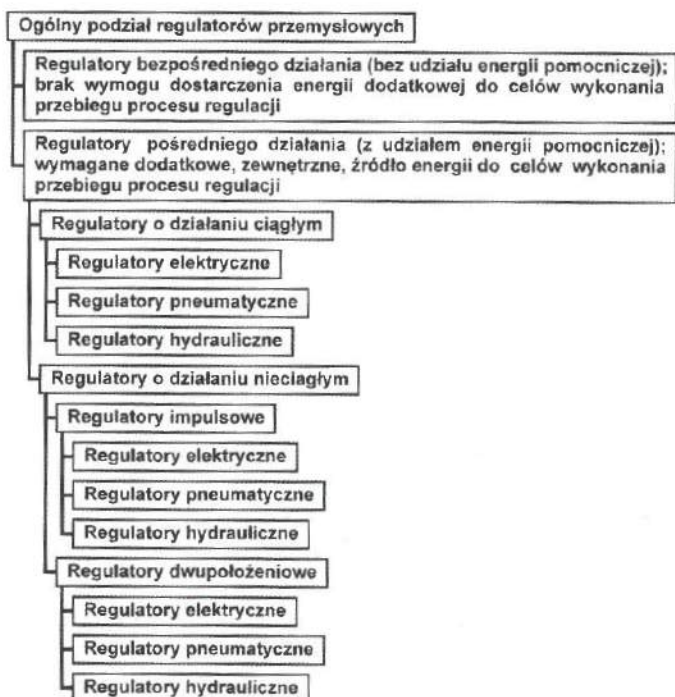
Obecne trendy skłaniają użytkowników do zastosowań regulatorów z elektronicznym interfejsem sterowania. W dalszym ciągu istotny pozostaje jednak wybór parametrów funkcjonalnych regulatora, które zależą od pola zastosowań (m.in. regulatory ogólnego oraz specjalnego przeznaczenia, a także jednostki precyzyjne).

ZASADA DZIAŁANIA REGULATORA ORAZ OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA REGULATORÓW

Regulator jest elementem, który kształtuje sygnał sterujący przy użyciu porównania wartości zadanej oraz wartości zmierzonej z procesu, minimalizując jednocześnie różnicę (tzw. uchyb) pomiędzy wartościami wymienionych sygnałów [2, 3].

Ogólnie regulatory, pod względem działania, można podzielić na kilka odrębnych grup (rys. 2). Regulatory bezpośredniego działania (rys. 2) używane są w systemach pneumatyki konwencjonalnej.

W układach sterowania z elektrozaworami, wyspami zaworowymi lub zaworami proporcjonalnymi oraz sterowaniem za pomocą dedykowanych sterowników (o elektrycznym charakterze sygnału sterującego) lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie regulatorów pośredniego działania.



Rys. 2. Ogólny schemat podziału regulatorów



W UKŁADACH PNEUMATYCZNYCH ISTNIEJE KILKA PARAMETRÓW, KTÓRE WYMAGAJĄ NASTAWY ORAZ REGULACJI WARTOŚCI W TRAKCIE PRACY UKŁADÓW PNEUMATYCZNYCH. ISTOTNYMI ELEMENTAMI SĄ WARTOŚCI CIŚNIENIA (DETERMINUJĄCE MOŻLIWOŚĆ ZMIANY SIŁY ORAZ MOMENTU ELEMENTÓW NAPĘDOWYCH) ORAZ OBJĘTOŚCIOWEGO NATĘŻENIA PRZEPŁYWU (DECYDUJĄCE O PRĘDKOŚCI DZIAŁANIA UKŁADÓW WYKONAWCZYCH LUB ZACHOWANIU NA ODPOWIEDNIM POZIOMIE PARAMETRÓW DYNAMICZNYCH UKŁADU WYKONAWCZEGO).

Najczęściej w układach pneumatycznych stosowane są regulatory proporcjonalne, które umożliwiają wykonywanie wielu funkcji (m.in. pozycjonowanie położenia siłowników, sterowanie wartością prędkości, sterowanie wartością siły, pomiar sygnałów z pętli sprzężenia zwrotnego – regulacyjnej pozycji, prędkości, przyspieszenia i ciśnienia różnicowego). Dodatkowo istnieje możliwość połączenia z nadrzędnym układem sterowania, co znacznie rozszerza ich funkcjonalność oraz obniża czas wymagany do konfiguracji i diagnostyki.

W układach pneumatycznych istnieje kilka parametrów, które wymagają nastawy oraz regulacji wartości w trakcie pracy układów pneumatycznych. Istotnymi elementami są wartości ciśnienia (determinujące możliwość zmiany siły oraz momentu elementów napędowych) oraz objętościowego natężenia przepływu (decydujące o prędkości działania układów wykonawczych lub zachowaniu na odpowiednim poziomie parametrów dynamicznych układu wykonawczego).

Wybór każdego regulatora pneumatycznego wymaga rozważenia kilku istotnych czynników, m.in. [9–11]:

- wartości ciśnienia w układzie,
- wymaganego zakresu wartości regulowanego ciśnienia (szeroki zakres regulacji może wymagać specjalnego oprzyrządowania lub konstrukcji, wartość minimalnego i maksymalnego ciśnienia powinny znajdować się w środkowej trzeciej części zakresu regulacyjnego),
- wartości maksymalnego objętościowego natężenia przepływu przy ciśnieniu pracy,
- rozmiaru kanałów regulatora (ograniczenie przepływu nominalnego),
- częstotliwości zmian parametrów,

Akademia produkcji

- wymaganej dokładności utrzymania wartości ciśnienia,
- dostępności dodatkowych akcesoriów (m.in. filtrów, smarownic) lub funkcjonalności,
- wymagań środowiskowych oraz dodatkowych,
- dodatkowych funkcji (bezpieczeństwa, podglądu parametrów online, zmiany nastaw, komend diagnostycznych, dostępność algorytmów testowania).

Dodatkowo, w fazie doboru regulatora, warto zwrócić uwagę na kilka istotnych parametrów jakościowych (m.in. histerezę, czułość, liniowość, powtarzalność, odporność na czynniki zewnętrzne), które warunkują zachowanie jakości oraz stabilności przebiegu obsługiwanej procesy.

ISTOTA DZIAŁANIA POSZCZEGÓLNYCH CZŁONÓW REGULATORA

Na rynku dostępnych jest kilka odmian regulatorów, które różnią się pomiędzy sobą zasadą działania [2]. Regulator proporcjonalny (typ P) charakteryzuje się sygnałem wyjściowym

”

OBOWIĄZUJĄCE TRENDY W TECHNICIE NAPĘDÓW ORAZ STEROWAŃ PNEUMATYCZNYCH KIERUJĄ UŻYTKOWNIKÓW DO ZASTOSOWAŃ REGULATORÓW PROPORCJONALNYCH CIŚNIENIA. POŁĄCZENIE MECHANICZNEJ DOKŁADNOŚCI WYKONANIA, Z MOŻLIWOŚCIAMI NOWOCZESNEJ ELEKTRONIKI PRZETWARZAJĄCEJ SYGNAŁY, POZWALA NA ZBUDOWANIE UKŁADÓW O WYSOKIEJ JAKOŚCI ORAZ PRECYZJI DZIAŁANIA. DODATKOWYMI ATUTAMI REGULATORA SĄ ZINTEGROWANY WYŚWIETLACZ ORAZ ZAAWANSOWANE FUNKCJE AUTODIAGNOSTYKI.

proporcjonalnym do sygnału wejściowego. Podstawowym zadaniem tego układu jest utrzymanie wartości zadanej na stałym zadanim poziomie, przy minimalizacji błędu (tj. uchybu). Ich cechą jest prostota działania i budowy. Dobór nastawy (tj. współczynnika proporcjonalności) stanowi problematyczne zadanie, ponieważ wraz ze wzrostem wartości współczynnika proporcjonalności maleje uchyb, jednak praca regulatora może stać się niestabilna (sygnał wyjściowy jest wzmocnioną wartością uchybu). Zastosowanie regulatorów proporcjonalnych ogranicza się do aplikacji, w których przewiduje się stałe albo nieznacznie zmienne sygnały zakłócenia [2, 3].

Zastosowanie regulatora proporcjonalno-różniczkującego (typ PD), powstającego poprzez rozbudowę układu regulatora typu P o blok różniczkujący (typ D), poprawia stabilność i jakość dynamiczną układu regulacji (zwłaszcza w stanach przejściowych).

Regulator całkujący (typ I) używany jest do obiektów statycznych cechujących się niską dynamiką zmian parametrów regulowanego procesu.

Regulator proporcjonalno-całkujący (typ PI) stosuje się do układów wymagających eliminacji wolnozmiennych zakłóceń [2, 3]. Najbardziej popularnym zastosowaniem jest regulacja nadążna, w której występują szybkie zmiany wartości wejściowej sygnału. Przy nieodpowiednich nastawach regulator typu PI ma tendencję do oscylacji względem wartości zadanej, co stanowi jego istotną wadę. Czas regulacji regulatorów typu PI jest dwukrotnie dłuższy niż w przypadku układów z regulatorami typu P, ale znacznie krótszy, niż w układach z regulatorami typu I [2, 3].

Regulatory proporcjonalno-całkująco-różniczkujące (typ PID) mają najszersze spektrum zastosowań (m.in. regulacja wartości ciśnienia, objętościowego natężenia przepływu, siły oraz prędkości), a więc można uznać, że stanowią one rozwiązania uniwersalne. Najczęściej stosowanymi aplikacjami są procesy o charakterze regulacji statowartościowej (tj. o stałej wartości wielkości zadanej).

W tab. nr 1 przedstawiono przydatność zastosowania trzech typów regulatorów przemysłowych do zastosowań regulacji wartości podstawowych parametrów używanych w układach pneumatycznych [2, 3].

Ogólnie rzecz biorąc, regulatory w pneumatyce służą do utrzymywania na wymaganym poziomie parametrów ciśnienia, podciśnienia, siły, położenia lub ich kombinacji. Spektrum zastosowań regulatorów w układach przemysłowych z napędami i sterowaniem pneumatycznym (elektropneumatycznym lub za pomocą sterownika logicznego PLC) jest bardzo szerokie (rys. 3).

Tab. 1. Obszary zastosowań regulatorów w technice, gdzie: M – możliwe zastosowanie, N – niska przydatność, B – brak zastosowania [9–11]

Regulacja	Typ regulatora		
	P	PI	PID
Ciśnienia	N	M	M
Przepływu	B	M	N
Temperatury	N	M	M
Poziomu	M	B	B
Prędkości	M	M	M



PODSUMOWANIE

Obowiązujące trendy w technice napędów oraz sterowań pneumatycznych kierują użytkowników do zastosowań regulatorów proporcjonalnych ciśnienia. Połączenie mechanicznej dokładności wykonania, z możliwościami nowoczesnej elektroniki przetwarzającej sygnały, pozwala na zbudowanie układów o wysokiej jakości oraz precyzji działania. Dodatkowymi atutami regulatora są zintegrowany wyświetlacz oraz zaawansowane funkcje auto-diagnostyki (ze sprawdzaniem odpowiedzi na odpowiednio określone wymuszenia, zdefiniowane przebiegiem czasowym sygnału wejściowego). ■

Literatura

1. Barber A., *Pneumatic Handbook (8th edition)*, Elsevier Science 1997.
2. Brogan W.L., *Modern Control Theory (3rd Edition)*, Pearson 1990.
3. Hagglund T., *PID Controllers. Theory, Design, and Tuning*. ISA: The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 1995.
4. Parr A., *Hydraulics and Pneumatics: A Technician's and Engineer's Guide (3rd edition)*, Butterworth-Heinemann 2011.
5. Powell L.E., *Pneumatics. Understanding Pneumatic Control Circuits*, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.
6. Stacey C., *Practical Pneumatics*, Routledge 1997.
7. Turner I.C., *Engineering Applications of Pneumatics and Hydraulics*, Routledge 1995.
8. Visioli A., *Practical PID Control. Advances in Industrial Control*, Springer-Verlag, London 2006.
9. www.numatics.com.
10. www.parker.com.
11. www.rectus.pl.

Rys. 3. Zastosowanie regulatorów w pneumatyce oraz elektropneumatyce