

INDUSTRIAL monitor

PRODUKCJA I UTRZYMANIE RUCHU

ISSN 2083-9561

Nr 2/(31) 2018

Cena 59 zł (w tym 8% VAT)
www.industrial-monitor.pl

INDUSTRIAL safety

Bezpieczeństwo Sieci Przemysłowych/ Utrzymania Ruchu



INDUSTRIAL raport

Przegląd wdrożeń robotów współpracujących



INDUSTRIAL special

Industrial Monitor Almanach 2018



Pneumatyczne układy napędowe i sterujące

– charakterystyka i zastosowania

DR INŻ. MARIUSZ HETMAŃCZYK,
Politechnika Śląska, EMT Systems Sp. z o.o.

W artykule przedstawiono przegląd pneumatycznych oraz elektropneumatycznych układów napędowych i sterujących. Skrótowno omówiono elementy wykonawcze, podstawowe funkcje oraz ich zastosowania. Opisano także wyspy zaworowe oraz elementarne cechy systemów stosowanych do pozycjonowania elementów wykonawczych w otwartym oraz zamkniętym układzie sterowania.

Systemy sterowania i napędu pneumatycznego/elektropneumatycznego należą do często stosowanych rozwiązań przemysłowych. Popularność opisanych elementów wynika z zalet komponentów składowych (jak i samego sprężonego powietrza), do których należą m.in. wysoka trwałość i niezawodność, prosta konstrukcja, wysoki stopień adaptacji do trudnych warunków pracy, bezpieczeństwo funkcjonalne, prostota sterowania wartościami parametrów pracy układów wykonawczych, a także kryteria związane ze spełnieniem czynników ekologicznych [1÷3]. Z drugiej strony istnieje szereg wad (stosunkowo mała dokładność pozycjonowania, niska wartość dopuszczalnego obciążenia, wymagane przygotowanie sprężonego powietrza przed użyciem, nierównomierność prędkości oraz ruchu, stosunkowo duży hałas przy wypływie medium roboczego), które istotnie ograniczają zakres ich zastosowania. Warto podkreślić także, że układy zasilane energią sprężonego powietrza charakteryzują się zmienną w czasie dynamiką, nieliniowościami (wynikającymi ze ściśliwości powietrza, szerokiego zakresu ciśnienia zasilającego i zmian obciążenia roboczego), znaczącymi niekorzystnymi wpływami wynikającymi

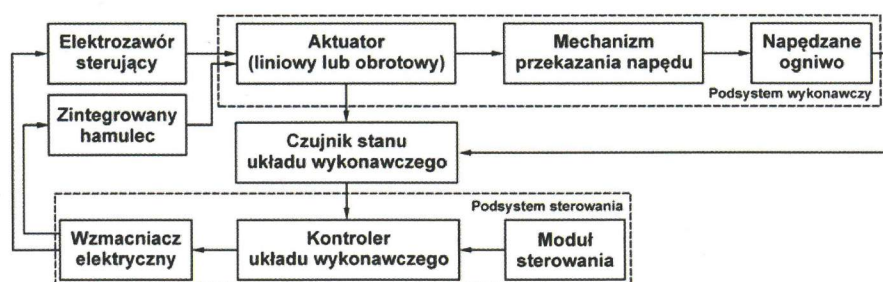
z efektu tarcia i zakłóceń zewnętrznych [1].

Układ sterowania w systemach pneumatycznych lub elektropneumatycznych

Systemy pneumatyczne lub elektropneumatyczne mogą zostać wykonane w dwóch podstawowych odmianach konfiguracji obejmujących sterowanie w układzie zamkniętym lub otwartym [4]. Sterowanie w układzie otwartym nie wymaga przetwarzania informacji o bieżących wartościach sygnału sterującego parametrami pracy elementów wykonawczych. Coraz częściej stosowane są układy wymagające sprzężenia zwrotnego odnośnie do wartości bieżącej pozycji, prędkości lub siły użytecznej (szczególnie w przypadku dokładnego pozycjonowania). Taka

realizacja funkcji sterowania możliwa jest jedynie w układach automatycznej regulacji (rys. 1), skonfigurowanych najczęściej jako układy elektropneumatyki [5].

Biorąc pod uwagę cechy wymienionych odmian konfiguracji układu sterowania, można stwierdzić, że sterowanie w układzie otwartym stosowane jest w systemach pozycjonowania skonfigurowanych w funkcji: położenia (stykowe lub bezstykowe czujniki położenia ruchomych części elementów wykonawczych) lub czasu (wysuw lub położenie kątowe zależy od nastawy czasu oraz prędkości wysuwu ruchomego członu elementu roboczego). Kolejno konwencjonalne zawory pneumatyczne oraz elektropneumatyczne nie są stosowane w aplikacjach, które wymagają dużej dokładności odwzorowania zadanej pozycji lub jej powtarzalności. Taki



Rys. 1. Schemat blokowy najpopularniejszej konfiguracji sterowania układu pneumatycznego [1, 2]

charakter działania wymaga zamkniętej pętli sterowania z kontrolą wartości bieżącego położenia.

Podstawowe komponenty układów pneumatycznego lub elektropneumatycznego można podzielić na kilka grup elementów [1÷3]:

- wytwarzających sprężone powietrze (sprężarki, kompresory, eżektory, pompy podciśnienia),
- przygotowania sprężonego powietrza (z wykonaniem zadań nastawy ciśnienia, osuszenia, odseparowania zanieczyszczeń oraz naolejenia),
- sygnałowych – elektryczne, hydrauliczne i pneumatyczne sygnalizatory krańcowe, przekaźniki czasowe i przełączniki ciśnieniowe (ze względu na kierunek przekazywania sygnałów i przepływu energii są pierwszymi elementami do budowy schematu układu sterowania),
- sterujących – zawory rozdzielające, zawory blokujące, zawory sterujące natężeniem przepływu,
- nastawiających – zawory rozdzielające oraz urządzenia zabezpieczające przed przeciążeniem,
- sterujących logiką działania układów wykonawczych,
- napędowych – silniki i siłowniki.

Elementy wykonawcze

Pneumatyczne systemy napędowe znalazły szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach automatyzacji procesów przemysłowych oraz montażu, ze względu na niski koszt, niezawodność, a także prostotę realizacji ruchów roboczych. Elementy wykonawcze układów pneumatycznych można podzielić na siłowniki (wykonujące ruch posuwisto-zwrotny lub obrotowy o skończonej wartości kąta obrotu) oraz silniki pneumatyczne (realizujące wyłącznie ruch obrotowy, w jednym lub dwóch kierunkach).

Wśród pneumatycznych urządzeń wykonawczych można wyróżnić siłowniki [1, 2]:

- o ruchu posuwisto-zwrotnym:
 - z ruchomym tłoczyskiem:
 - jednostronnego działania (pchające – normalnie wsunięte, ciągnące – normalnie wysunięte) z lub bez sprężyny nawrotnej,
 - dwustronnego działania (z dwustronnym lub jednostronnym tłoczyskiem),
 - beztłoczyskowe (membranowe, mieszkowe, workowe, ciągnowe, ze sprzężeniem magnetycznym, szczelinowe),
- o ruchu wahadłowym (skrzydełkowe, typu zębniak-zębataka).

Wśród wyodrębnionych typów istnieje także grupa siłowników specjalnych (tj. siłowniki: z równoległymi tłokami, telerzowe, tandemowe, suwaki, kompaktowe, trójpołożeniowe, czteropołożeniowe, zatrzymujące), dedykowanych do specjalnych aplikacji przemysłowych.

Do najpopularniejszych pneumatycznych urządzeń napędowych należą silniki:

- tłokowe (promieniowe lub osiowe),
- łopatkowe,
- zębate,
- przepływowe (turbiny).

Zastosowanie magnesów trwałych wymusza konieczność eliminacji uderzeń tłoka w pokrywę siłownika, ponieważ często dochodzi do uszkodzenia magnesu, co wymaga wymiany lub regeneracji tłoka.

Silniki pneumatyczne znalazły zastosowanie w wielu narzędziach zasilanych sprężonym powietrzem, a w szczególności: kluczy, szlifierek, wiertarek, gwintownic, młotków, młotów wyburzeniowych, nitownic, wkrętarek [6÷8].

Wśród grup urządzeń do napędzania pojawiają się także motoreduktory pneumatyczne, które oferują bardzo szeroki zakres momentów wymaganych w wielu aplikacjach przemysłowych (m.in. w gwintowaniu, wierceniu, urządzeniach szybkococujących, mieszalnikach farb i klejów).

Niektóre z siłowników wyposażone są w magnes zabudowany w tłoku. W takim rozwiązaniu zarejestrowanie obecności tłoka (w danej pozycji) jest realizowane przez oddziaływanie pola magnetycznego na kontaktronowe lub półprzewodnikowe czujniki położenia. Zastosowanie magnesów trwałych wymusza konieczność eliminacji uderzeń tłoka w pokrywę siłownika. Wysoki poziom drgań lub uderzeń prowadzi często do uszkodzenia magnesu, co wymaga wymiany tłoka lub jego regeneracji. Problem może zostać wyeliminowany za pomocą zastosowania amortyzacji uderzeń tłoka. Stosowanie amortyzacji jest uzasadnione również w następujących przypadkach [8]:

- przy bardzo dużych wartościach prędkości ruchu tłoka,
- w przypadku dużych wartości obciążenia siłownika,
- jako standard w siłownikach o średnicach tłoka powyżej 50 mm.

Amortyzacja może zostać wykonana w odmianach:

- elastycznych pierścieni amortyzacyjnych (bez możliwości regulacji siły tłumienia),
- pneumatycznej (o regulowanej lub nie regulowanej wartości siły tłumienia).
Wykonanie materiałowe elementów składowych siłowników pneumatycznych może zostać zrealizowane w różnych odmianach [9÷13]:
- aluminium oraz stale jakościowe – do większości aplikacji przemysłowych,
- stale nierdzewne i kwasoodporne oraz

tworzywa sztuczne – odporność na substancje żrące, wodę (słodką i morską), praca w środowiskach wybuchowych, branża spożywcza, farmaceutyczna, przemysł zbrojeniowy itp.

Do podstawowych parametrów technicznych siłowników pneumatycznych należą:

- średnica siłownika pneumatycznego – tj. zewnętrzna średnica tłoka lub wewnętrzna średnica cylindra siłownika,
- skok roboczy – wartość drogi pokonywanej przy pełnym wysuwie (obrocie) siłownika,
- wartość siły użytecznej – mierzona przy zasilaniu standardową wartością ciśnienia ok. 6 bar,
- zakres ciśnień roboczych,
- zakres temperatur roboczych (zależny od zastosowanych uszczelnień),
- wymagania dotyczące czynnika roboczego – zgodnie z normą PN-ISO 8573-1 informację o wymaganej klasie czystości sprężonego powietrza podaje się w postaci trzech liczb: klasa zanieczyszczenia substancjami stałymi; klasa zawodnienia; klasa zalejenia sumarycznego (krople, aerozole i pary).

Ostatni z parametrów wpływa silnie na stan eksploatacyjny układów wykonawczych, zwłaszcza na szczelność warunkowaną stanem uszczelnień mechanicznych. W siłownikach wyróżniamy kilka grup klasyfikowanych do grupy uszczelnień: tłoczysk, tłoków, uszczelnień tłoczysk ze zgarniaczem, uszczelnień

statycznych, zgarniaczy oraz pierścieni prowadzących.

Pierścienie tłoczyskowe oraz pierścienie uszczelniające tłok wykonywane są najczęściej z poliuretanu (AU), kauczuku akrylonitrylo-butadienowego (NBR) lub kauczuku fluorowego (FKM) [9 ÷ 13].

Pierścienie prowadzące tłoczysko wykonuje się z politetrafluoroetyleny (PTFE) domieszkowanego brązem lub poliamidu (PA). Cechami wspólnymi PTFE oraz PA są: duża stabilność kształtu w warunkach oddziaływania obciążeń cieplnych, dobre właściwości ślizgowe, optymalna odporność na ścieranie, bardzo dobra wytrzymałość izolacyjna elektrycznie, wysoka odporność na działanie promieniowania (UV, X i gamma), dobra obrabialność, wysoka odporność chemiczna (szczególnie na oleje, tłuszcze, smary, benzynę), niska rozszerzalność cieplna. Politetrafluoroetylen PTFE charakteryzuje się jednak stosunkowo słabymi parametrami wytrzymałościowymi. Przewagą poliamidu są: duża sztywność, twardość, trwałość, wytrzymałość mechaniczna, wysoka zdolność tłumienia drgań i odporność na uderzenia, bardzo duża udarność oraz wysoka elastyczność.

Zawory sterujące kierunkiem przepływu

Zawory pneumatyczne oraz elektropneumatyczne można podzielić pod

względem sposobu sterowania, liczby dróg i położeń oraz parametrów użytkowych. Wśród cech zaworu można rozróżnić [9 ÷ 13]:

- konstrukcję – w odmianach tłoczkowej (suwakowej) lub gniazdowej,
 - typ zaworu – definiujący wyjścia przyłączy na płytę, wyjścia zasilające do podłączenia na płytę oraz wyjścia robocze w zaworze, in-line, kołnierzowy,
 - przepływ nominalny – wielkość określającą wartość przepływu powietrza przy ciśnieniu nominalnym zaworu,
 - funkcję zaworu – 5/2 (monostabilny lub bistabilny; NO lub NC), 5/3 (w położeniu środkowym: zamknięty, odpowietrzony, zasilony), kombinacje zaworów 3/2 (NO lub NC), 2/2,
 - sposób kasowania stanu wymuszonego – sprężyna mechaniczna lub/i pneumatyczna,
 - odmianę sterowania – manualne, mechaniczne, pneumatyczne, elektryczne, mieszane,
 - inne cechy funkcjonalne.
- Warto zwrócić także uwagę na dwie cechy funkcjonalne:
- monostabilność – element wykonawczy zaworu powraca do stanu początkowego po zaniku sygnału sterującego,
 - bistabilność – zawór utrzymuje wymuszony stan (położenie) po zaniku sygnału sterującego.

Rozdzielacze elektropneumatyczne są produkowane w wersjach klasycznych, serwowzorów oraz zaworów proporcjonalnych.

Sterowanie podstawowymi parametrami pracy układów wykonawczych

Do podstawowych parametrów pracy układów wykonawczych napędzanych energią sprężonego powietrza należą:

- wartości siły lub momentu – zależne od dwóch podstawowych parametrów (wymiarów gabarytowych elementów wykonawczych, tj. średnic tłoków oraz tłoczysk, rozmiarów membran itp.) oraz wartości ciśnienia dostępnego w linii zasilającej,
 - prędkość wysuwu lub obrotu – zależnych od przekrojów przewodów przyłączeniowych oraz wartości objętościowego natężenia przepływu powietrza dostarczanego do urządzenia wykonawczego w jednostce czasu.
- Kontrola i nastawa prędkością najczęściej realizowane są przez zawory dławiące, zwrótno-dławiące (nastawiane ręcznie) lub proporcjonalne regulatory przepływu. Zawory montowane in-line umożliwiają łatwą zmianę funkcjonalności dławienia:
- na dolocie – sterowanie ilością powietrza doprowadzanego do elementu napędowego, jest stosowane w układach sterowania prędkością siłowni-

Tab. 1. Porównanie cech uszczelnień siłowników i silników pneumatycznych [15]

Nazwa uszczelnienia	Cechy	Zakres temperatury pracy [oC]	Odporność na czynniki	Nieodporność na czynniki
Poliuretan (AU)	<ul style="list-style-type: none"> • bardzo dobre własności mechaniczne, • wysoka odporność na ścieranie, • wytrzymałość na zrywanie i rozdieranie, • duża elastyczność 	(-30)÷(+80)	<ul style="list-style-type: none"> • oleje i smary mineralne, • węglowodory alifatyczne, • wodę, • trudnopalne ciecze hydrauliczne HSC i HSB 	<ul style="list-style-type: none"> • wodę powyżej 50°C i parę wodną, • alkohole, • uszlachetnione oleje mineralne, • rozpuszczalniki, • aminy
Kauczuk akrylonitrylo-butadienowy (NBR)	<ul style="list-style-type: none"> • wysoka elastyczność, • duża wytrzymałość na zrywanie, • odporność na oleje, • małe odkształcenie trwałe przy ścisnieniu 	(-30)÷(+100)	<ul style="list-style-type: none"> • oleje silnikowe, transformatorowe, opałowe, • smary, • płyny hydrauliczne, • węglowodory alifatyczne, • propan, • butan, • benzynę, • alkohole, • wodne roztwory soli, • rozcieńczone kwasy i zasady w niewysokich temperaturach, • wodę do temperatury 60°C 	<ul style="list-style-type: none"> • oleje i smary silikonowe, • płyny hamulcowe na bazie glikolu, • ciecze hydrauliczne typu HFD, • stężone kwasy i ługi, • węglowodory aromatyczne i chlorowane (np. benzen, tri), • estry
Kauczuk fluorowy (FKM)	<ul style="list-style-type: none"> • duża odporność cieplna i chemiczna, • niepalność, • niewielka przepuszczalność gazów 	(-25)÷(+250)	<ul style="list-style-type: none"> • promieniowanie UV, • agresywne związki chemiczne, • oleje i smar, • kwasy nieorganiczne (solny, siarkowy, fosforowy, azotowy), • próżnię, • ozon 	<ul style="list-style-type: none"> • stężone kwasy organiczne (octowy, mrówkowy), • gorącą wodę i parę wodną, • aceton, • roztwory ługu sodowego i kwasów

ków jednostronnego działania lub silników z jednym kierunkiem obrotów,

- na wylocie – sterowanie ilością powietrza wypływającego z elementu napędowego, jest stosowane w układach sterowania prędkością siłowników dwustronnego działania lub silników nawrotnych.

Zmiana wartości ciśnienia realizowana jest za pomocą regulatorów ciśnienia, przy czym w układach:

- pneumatycznych – stosuje się regulatory bezpośredniego działania (tj. działające bez udziału energii pomocniczej; brak wymogu dostarczenia energii dodatkowej do celów wykonania przebiegu procesu regulacji),
- elektropneumatycznych – stosuje się regulatory pośredniego działania (wymagane dodatkowe, zewnętrzne źródło energii do celów wykonania przebiegu procesu regulacji).

Najczęściej w układach elektropneumatycznych stosowane są regulatory proporcjonalne, które umożliwiają wykonywanie wielu funkcji. Wśród dziedzin zastosowań regulatorów można wyróżnić m.in. [9]:

- pozycjonowanie od punktu do punktu siłowników,
- sterowanie wartościami prędkości, siły, sterowanie kombinowane (możliwość kombinacji wcześniej podanych funkcji),
- pomiar sygnałów z trzech pętli sprzężenia zwrotnego regulacyjnej: pozycji, prędkości, przyspieszenia i ciśnienia różnicowego.

Regulatory proporcjonalne umożliwiają wykonywanie wielu funkcji, m.in.: kompensację grubości (w procesach walcowania, ciągnięcia itp.), kontrolę zwisu blach oraz taśm, spawanie ultradźwiękowe, wspomaganie procesu zgrzewania punktowego, cięcia laserowego, dozowanie czynnika (klej, rozpuszczalnik itp.), malowanie natryskowe, sterowanie serwohamulcami, regulację wartości siły podciśnienia, kontrolę parametrów pracy balanserów, nastawę ciśnienia, rozdmuch preform oraz innych procesów.

W układach pozycjonowania ich działanie sprowadza się do utrzymania zadanej wartości siły pozycji lub prędkości ruchu. Głównym elementem determinu-

jącym występowanie zakłóceń w opisanych dziedzinach jest ściśliwość sprężonego powietrza, co stanowi zagrożenie przy oddziaływaniach sił dynamicznych. W celu eliminacji tej wady można zastosować również napędy pneumohydrauliczne.

Wyspy zaworowe

Wyspa zaworowa stanowi zintegrowany moduł sterujący, składający się z zespołu bloku przyłączeniowego (z zaworami) lub bloku zaworów oraz akcesoriów elektrycznych (łączniki, gniazda, interfejsy sieciowe itp.). Wśród podstawowych dziedzin zastosowania wysp zaworowych można wymienić [9÷13]:

- przemysł przetwórczy (produkcja żywności i napojów, przemysł farmaceutyczny oraz biotechnologia),
- automatyzację procesów produkcyjnych (w szczególności: maszyny do pakowania, branża automotive, robotyzacja procesów produkcyjnych i montażowych).

Do elementarnych zalet wysp zaworowych zalicza się kilka punktów, m.in.:

REKLAMA

EMT
SYSTEMS

CENTRUM SZKOLEŃ INŻYNIERSKICH

Największy ośrodek szkoleń technicznych w Polsce zaprasza na specjalistyczne kursy:

- Pneumatyka przemysłowa
- Hydraulika siłowa
- Obrabiarki CNC i konwencjonalne
- Mechanika i budowa maszyn
- Diagnostyka maszyn
- Sterowniki PLC
- Sieci przemysłowe
- Czujniki przemysłowe
- Techniki napędowe
- Roboty przemysłowe
- Tworzywa sztuczne
- Druk 3D
- Bezpieczeństwo maszyn
- Optymalizacja procesów produkcji
- SIEMENS PLM

EMT-SYSTEMS Sp. z o.o.
ul. Wincentego Pola 16
44-100 Gliwice
info@emt-systems.pl
Tel.: 32 411 1000
emt-systems.pl

