

Moduł 3

Układy zasilające w urządzeniach i systemach mechatronicznych

1. Układy zasilania elektrycznego
2. Układy zasilania pneumatycznego
3. Układy zasilania hydraulicznego

1. Układy zasilania elektrycznego

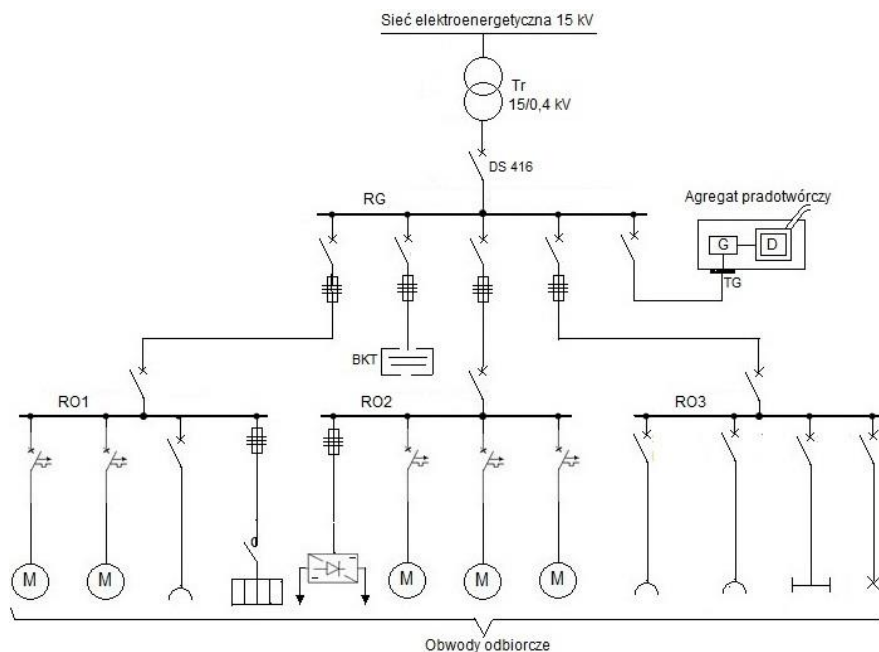
Elementy instalacji przemysłowych

1) Wewnętrzna linia zasilająca w zakładach przemysłowych może być:

- linią kablową lub napowietrzną W/N od złącza W/N do pola pomiarowego rozdzielni lub stacji transformatorowo – rozdzielczej,
- linią kablową lub napowietrzną W/N od złącza W/N do pola pomiarowego rozdzielni lub stacji transformatorowo – rozdzielczej do oddziałowych rozdzielni stacji transformatorowo - rozdzielczej,
- linią kablową lub napowietrzną W/N od złącza W/N do pola pomiarowego rozdzielni lub stacji transformatorowo – rozdzielczej do rozdzielnic oddziałowych n.n.

2) Zakłady przemysłowe mogą być zasilane:

- z sieci rozdzielczej o napięciu powyżej 1 kV ,
- z sieci rozdzielczej o napięciu powyżej 1 kV i z elektrowni własnej,
- z sieci komunalnej niskiego napięcia.



Rys. 1. - Instalacja elektryczna zakładu przemysłowego

O sposobie zasilania zakładu przemysłowego decydują takie czynniki jak: moc zapotrzebowana , wymagana pewność zasilania oraz ewentualne zapotrzebowanie na energię cieplną. Duże lub niektóre średnie zakłady przemysłowe zasilane są z elektroenergetycznej sieci rozdzielczej napowietrznej lub kablowej wysokiego napięcia (Rys. 6). Rozdzielnica główna RG niskiego napięcia jest zasilana z transformatora SN/nn, z której energia elektryczna jest doprowadzona do rozdzielnic oddziałowych RO usytuowanych w pomieszczenia (halach) zakładu. Z rozdzielnic RO zasilane są poszczególne odbiorniki siłowe i oświetleniowe.

Małe zakłady przemysłowe o mocy zapotrzebowanej do 200-300 kW mogą być zasilane z sieci komunalnej niskiego napięcia (najczęściej 230/400 V. Na tym również napięciu zrealizowana jest wówczas sieć rozdzielcza zasilająca rozdzielnice pośrednie i odbiorcze oraz sieć odbiorcza zasilająca poszczególne odbiorniki.

3) Obwody rozdzielcze i odbiorcze

W instalacji przemysłowej niskiego napięcia można wyróżnić obwody elektryczne rozdzielcze i odbiorcze oraz rozdzielnice i tablice rozdzielcze. Jako oprzewodowanie w instalacja przemysłowych wykorzystywane są głównie kable i przewody elektroenergetyczne a w niektórych gałęziach przemysłu również przewody szynowe.

Obwody rozdzielcze, są to obwody zasilające rozdzielnice pośrednie i rozdzielnice odbiorcze. Są one wyprowadzone z rozdzielnicy głównej zakładu.

Obwody odbiorcze (końcowe), są to obwody, które służą do bezpośredniego przyłączenia do rozdzielnicy poszczególnych odbiorników energii elektrycznej lub gniazd wtorkowych.

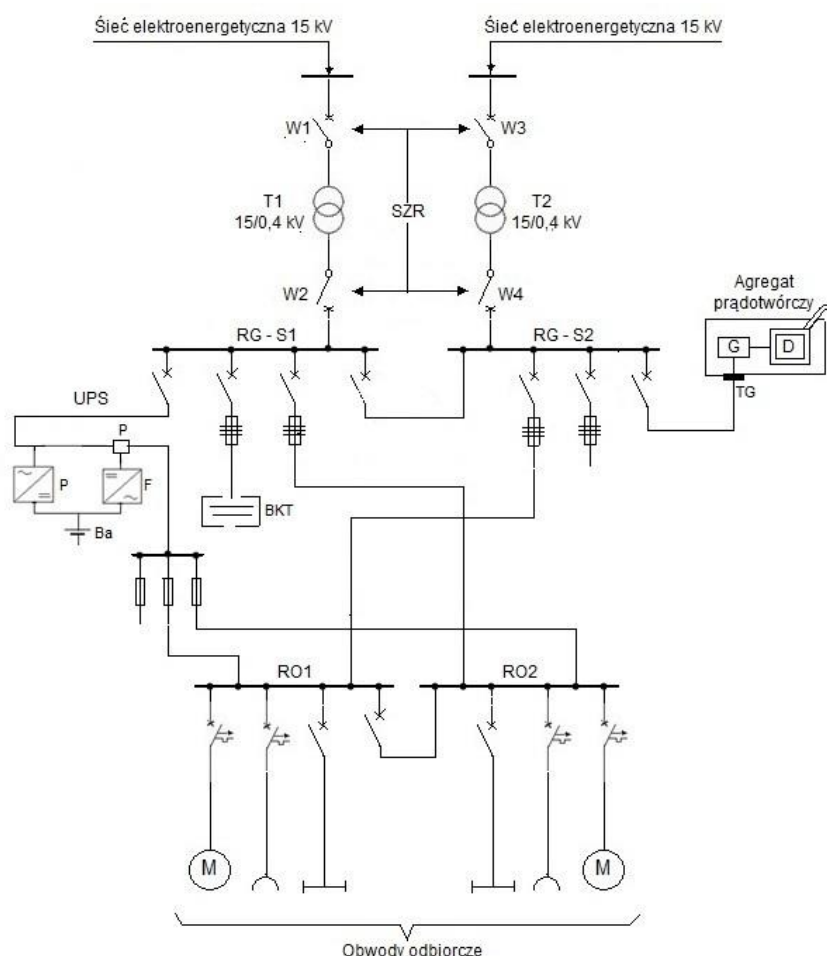
W obiektach i pomieszczeniach o charakterze przemysłowym najczęściej instalacje odbiorcze wykonuje się w układzie promieniowym otwartym, w którym z poszczególnych obwodów zasilane są inne obwody i odbiorniki

Głównymi elementami obwodu rozdzielczego i odbiorczego instalacji przemysłowej są tory prądowe umożliwiające przesyłanie energii elektrycznej, łączniki manewrowe umożliwiające załączanie i wyłączanie obwodu oraz zabezpieczenia chroniące elementy obwodu przed skutkami zakłóceń, jakie mogą wystąpić w instalacji lub w odbiornikach. W instalacjach przemysłowych istotną rolę odgrywają również urządzenia automatyki i sterowania.

Wymaganą pewność zasilania odbiorników energii elektrycznych w zakładzie przemysłowym uzyskuje się poprzez:

- 1) stosowanie układów niezależnego zasilania z dwóch niezależnych źródeł,
- 2) sekcjonowanie szyn rozdzielnic niskiego napięcia zasilanych z oddzielnych transformatorów SN/NN,
- 3) sekcjonowanie szyn rozdzielnic niskiego napięcia połączone ze stosowaniem automatyki samoczynnego załączenia rezerwy (SZR),
- 4) odpowiednie ukształtowanie sieci wewnątrzzakładowej,
- 5) stosowanie wyposażenia zapewniającego większą niezawodność,
- 6) stosowanie agregatów prądotwórczych.

W dużych zakładach przemysłowych, dla zapewnienia wymaganego stopnia pewności zasilania, stosuje się odpowiednie układy i urządzenia zasilania rezerwowego, awaryjnego lub gwarantowanego.



Rys. 2. - Instalacja elektryczna dużego zakładu przemysłowego z układami i urządzeniami zasilania rezerwowego (dwustronne zasilanie z sieci elektroenergetycznej rozdzielczej), awaryjnego (z agregatu prądotwórczego) i gwarantowanego (z UPS)

Główną wadą tradycyjnych sposobów rezerwowania zasilania jest występowanie czasu, w którym odbiory są pozbawione zasilania. W przypadku "ręcznego" wykonywania operacji przełączenia wymaga to wystąpienia kilkuminutowej przerwy.

Układ automatyki SZR wydatnie skraca czas przerwy w zasilaniu odbiorników, lecz nie pozwala na jej całkowite wyeliminowanie. Stosowanie tzw. szybkiego SZR (z czasem przerwy poniżej 0,5 s) zwykle napotyka trudności w zapewnieniu koordynacji z czasem działania zabezpieczeń na odpyłach rozdzielnic, oraz stwarza problemy w przypadku występowania silników, co zazwyczaj ma miejsce w sieciach przemysłowych.

Systemy elektroniczne i komputerowe występujące w przemyśle wymagają radykalnej poprawy sytuacji w zakresie zapewnienia bezprzerwowego zasilania odbiorów. Do środków tych można zaliczyć układy FACTS (Flexible Alternating Current Transmission Systems) oraz układy bezprzerwowego zasilania typu UPS (Uninterruptible Power Supply).

Układy FACTS znalazły już praktyczne zastosowanie w sieciach przemysłowych, np. w przemyśle papierniczym, gdzie pozwalają na likwidację wahań napięcia i krótkotrwałych, trwających ok. 100 ms przerw beznapięciowych. Jednakże układy te ze względu na duże koszty mogą znaleźć szersze zastosowanie w przyszłości.

Drugi z wymienionych sposobów, to znaczy zasilacze typu UPS, są już szeroko stosowane w układach gwarantowanego zasilania napięciem przemiennym.

Są to nowoczesne, sterowane mikroprocesorami urządzenia zabezpieczające przed przerwami w dostawie energii elektrycznej oraz poprawiające jakość dostarczanej energii elektrycznej podczas normalnej pracy. Stosowane są zwłaszcza w układach zasilania sieci i systemów teleinformatycznych i układów komputerowego sterowania produkcją, które stawiają ostre wymagania odnośnie zapewnienia zasilania, ze względu na możliwość wystąpienia awarii w pracy tych układów.

4) Odbiorniki i jakość energii elektrycznej w przemyśle

Odbiorniki energii elektrycznej służą do przetwarzania energii elektrycznej w inną pożądaną formę energii. Odbiorniki stosowane w przemyśle można ogólnie podzielić na oświetleniowe (źródła światła) i siłowe. Grupa odbiorników siłowych obejmuje między innymi silniki elektryczne, urządzenia elektrotermiczne, urządzenia spawalnicze, urządzenia prostownikowe, oraz urządzenia energoelektroniczne.

W zależności od rodzaju prądu zasilającego, odbiorniki w instalacjach przemysłowych można podzielić na odbiorniki prądu przemiennego i odbiorniki prądu stałego.

Ze względu na charakter pracy, odbiorniki można podzielić na odbiorniki o obciążeniu praktycznie stałym, odbiorniki o obciążeniu zmiennym i odbiorniki o obciążeniu szybkozmiennym (udarowym).

Pod względem niezawodności zasilania odbiorniki przemysłowe dzieli się na trzy kategorie, zależne od skutków przerwy w dostawie energii elektrycznej:

- 1) do kategorii I zalicza się odbiorniki, dla których:
 - przerwa w zasilaniu energią elektryczną może spowodować zagrożenie dla życia ludzkiego oraz uszkodzenie budowli lub urządzeń technologicznych,
 - przerwa w pracy powoduje zaburzenie procesu technologicznego w takim stopniu, że w produkcji będzie trwała dłużej niż jedną zmianę,
- 2) do kategorii II zalicza się odbiorniki, dla których przerwa w zasilaniu energią elektryczną może spowodować straty produkcyjne,
- 3) do kategorii III zalicza się odbiorniki nie należące do kategorii I i II.

2. Układy zasilania pneumatycznego

1) Przygotowanie sprężonego powietrza

Aby zapoznać się z tym rozdziałem, włącz videocast.

2) Metody przygotowania sprężonego powietrza

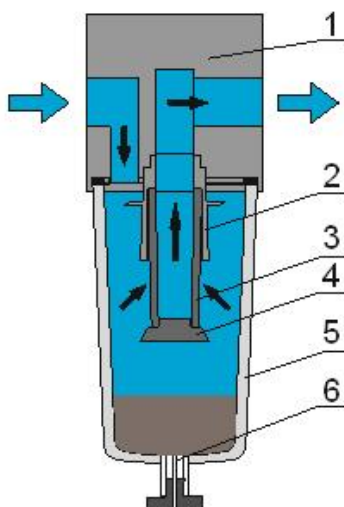
2.1 Filtracja



Rys. 3. - Filtr

Filtracja sprężonego powietrza odbywa się w filtrach, gdzie usuwane są przede wszystkim cząstki stałe. Są one filtrowane przez wkłady filtrujące o określonej dokładności oczyszczania. Jako standardową dokładność oczyszczania przyjmuje się $40\ \mu\text{m}$, co jest odpowiednikiem 5 klasy czystości sprężonego powietrza i jest wystarczające dla prawidłowej pracy armatury pneumatycznej. W przypadku stosowania precyzyjnych elementów pneumatyki dokładność filtracji winna wynosić $5\ \mu\text{m}$ co wg. normy ISO 8573-1:2010 oznacza 3 klasę czystości powietrza. Standardowe filtry usuwają również wytrąconą poprzez rozprężanie się medium roboczego wodę w postaci cieczy. Usuwane są także większe drobiny oleju, które siłą odśrodkową po zawirowaniu strugi wyrzucane są na powierzchnię wewnętrzną zbiorników.

Na rysunku poniżej przedstawiono budowę typowego filtra stosowanego do zgrubnego oczyszczania powietrza.



Rys. 4. - Schemat filtra do zgrubnego oczyszczania powietrza.

Filtr zbudowany jest z korpusu (1) w którym wykonano otwory: zasilający i wylotowy. Powietrze wpływa do filtra zgodnie ze strzałkami i kierowane jest w dół, gdzie kierownica (2) powoduje zawirowanie strugi powietrza i jego rozprężenie, przez co wytrąca się zawarta w powietrzu woda. Siła odśrodkowa wyrzuca na ścianki zbiornika (5) większe zanieczyszczenia stałe (krople kondensatu olejowego, krople wody, cząstki stałe) które gromadzą się na dnie zbiornika w formie kondensatu. Powietrze przepływa następnie przez wkład filtrujący (3) i jest oczyszczane z drobniejszych zanieczyszczeń (w zależności od dokładności filtracji). Kierowane jest następnie do otworu wylotowego i dalszych części układu. Filtry są wyposażane w zawory spustu kondensatu (6), które mogą działać ręcznie, półautomatycznie lub automatycznie.

W celu ochrony zbiornika chroniącą przed uszkodzeniami mechanicznymi jest on zwykle osłonięty. Spusty ręczne uruchamiane są zwykle poprzez wkręcenie korka lub jego naciśnięcie. Zawory upustowe półautomatyczne wykorzystują do otwarcia zaworu i wyrzucenia zgromadzonego kondensatu spadek ciśnienia na elemencie. Spusty w pełni automatyczne są wyposażone w pływak otwierający zawór spustowy w momencie przekroczenia zakładanego poziomu kondensatu w zbiorniku.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami kondensat odprowadzany z filtrów zawiera cząsteczki oleju i musi być poddany procesowi oczyszczania przed odprowadzeniem do kanalizacji.

2.2 Odolejanie

Olej zawarty w medium roboczym usuwany jest w odolejaczach. Kondensat oleju i wody może być także w pewnym stopniu usunięty w filtrach, nie jest to jednak usunięcie całkowite. Medium robocze pozbawione oleju jest szczególnie istotne w wybranych branżach przemysłu do których należą głównie: przemysł spożywczy, farmaceutyczny, lakiernictwo oraz medycyna. Jest on również nie pożądanym w precyzyjnych urządzeniach automatyki przemysłowej.

Kolejne etapy odolejania sprężonego powietrza:

- Wstępna filtracja powietrza za pomocą filtrów-odwadniaczy, w których następuje oddzielenie kropeł oleju metodą odśrodkowego wytrącenia ich na ściankach urządzenia. Metoda ta umożliwia oczyszczenie powietrza tylko z dużych skupisk cząstek oleju.
- Filtracja przy pomocy filtrów dokładnych. Oprócz dokładnej filtracji cząstek stałych zapewniają one odolejenie powietrza do pierwszej klasy czystości.
- Filtracja z użyciem filtrów z węglem aktywnym.

W celu optymalizacji kosztów eksploatacyjnych precyzyjnych odolejaczy powinny przed nimi znajdować się filtry zgrubne.

2.3 Osuszanie medium roboczego

Wstępne i niezbędne dla prawidłowej pracy elementów i układów pneumatyki usunięcie wody jest dokonywane przez filtry. Dokładne usuwanie wody z medium roboczego, wymagane w niektórych aplikacjach, jest realizowane w osuszaczach wykorzystujących zjawiska fizyczne i chemiczne (osuszacze cyklonowe, osuszacze adsorbcyjne, osuszacze absorbcyjne, osuszacze ziębnicze).

Faza ta w największym stopniu przyczynia się do zapewnienia odpowiedniego poziomu jego przygotowania. Wytrącająca się woda w instalacjach pneumatycznych jest przyczyną wielu zakłóceń i awarii. Do najistotniejszych ich przyczyn zalicza się:

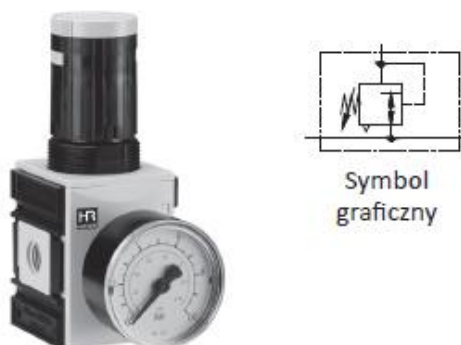
- korozję powodującą wtórne zanieczyszczenie powietrza cząstkami stałymi oraz osłabiającą konstrukcję instalacji i urządzeń pneumatycznych,
- zmniejszenie czynnego przekroju kanałów w elementach pneumatycznych oraz zwiększenie współczynnika tarcia powietrza o ich skorodowane powierzchnie,
- wypłukiwanie smarów stałych z elementów ruchomych urządzeń pneumatycznych powodujące ich nadmierne zużywanie lub awarie.

Oprócz stosowania specjalistycznych urządzeń do usuwania wody, można już na etapie projektowania instalacji uniknąć nadmiernego gromadzenia się wody. Oto kilka praktycznych metod:

- należy prowadzić instalacje pneumatyczne pod niewielkim kątem wznoszącym, aby kondensat wody spływał w najniższy jej punkt, stamtąd będzie usuwany na zewnątrz,
- odejścia (piony) z instalacji głównej podłączać tylko z góry przewodu zasilającego, co zapobiega przedostawaniu się już wytrąconego kondensatu do odbiorników,
- stosować odwadniacze cyklonowe nie tylko za sprężarką lub zbiornikiem powietrza, ale także przed każdym odbiornikiem,

- stosować duże redukcje ciśnienia roboczego w stosunku do ciśnienia zasilania.

2.4 Redukcja (regulacja) ciśnienia medium roboczego



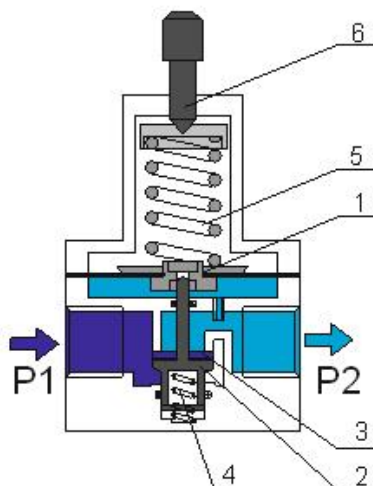
Rys. 5. - Reduktor sprężonego powietrza

Do redukcji ciśnienia w instalacjach pneumatycznych do wymaganego poziomu stosuje się reduktory ciśnienia. Są to zawory należące do grupy elementów pneumatyki sterujących ciśnieniem (zwykle nastawiane ręcznie), których zadaniem jest utrzymywanie stałej wartości ciśnienia medium roboczego na wyjściu, niezależnie od zmian wyższego ciśnienia wejściowego bez względu na zmiany wartości natężenia przepływu czynnika przez zawór.

Elementy redukujące ciśnienie robocze sprężonego powietrza do wymaganego poziomu dzielą się na następujące grupy:

- bezpośredniego działania (sprężynowe),
- z ciśnieniem sterującym:
 - z zewnętrznym ciśnieniem odniesienia,
 - z wewnętrznym ciśnieniem odniesienia,
- elektroniczne:
 - z zaworami elektromagnetycznymi,
 - z zaworami piezoelektrycznymi

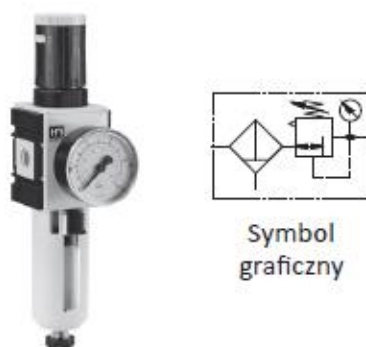
Poniżej na schemacie przedstawiono schemat typowego zaworu redukcyjnego o konstrukcji sprężynowej.



Rys. 6. - Schemat zaworu redukcyjnego o konstrukcji sprężynowej.

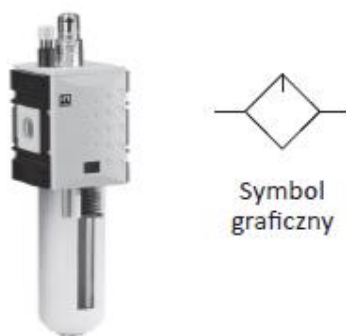
Zasada pracy oparta jest o odcięcie komory zasilającej, w której panuje ciśnienie zasilania P1 od komory wyjściowej, za pomocą zaworu grzybkowego (2), zamykającego gniazdo zaworowe (3). Na zawór ten od góry za pośrednictwem popychacza działa siła sprężyny (5) napinanej poprzez obrót śruby regulacyjnej (6). Zawór grzybkowy bez działania tej siły domykany jest do gniazda siłą sprężyny (4). Otwarcie zaworu realizowane jest przez ruch w dół zespołu membrany i powoduje przepływ powietrza do komory wyjściowej (za zaworem grzybkowym) i wzrost ciśnienia P2 w tej komorze do wartości uzależnionej od siły napięcia sprężyny. Ciśnienie wyjściowe doprowadzane jest jednocześnie do komory znajdującej się pod membraną (1). Wzrost ciśnienia P2 powoduje wzrost siły przeciwdziałającej sile sprężyny otwierającej zawór regulacyjny, aż do jego zamknięcia lub ustalenia takiej pozycji pośredniej, przy której nastąpi stabilizacja ciśnienia wyjściowego i zrównoważenie siły sprężyny regulacyjnej. Napinanie sprężyny regulacyjnej (5) za pomocą śruby regulacyjnej (6) powoduje zmianę siły otwierającej zawór, co przekłada się na zmianę wartości zredukowanego ciśnienia wyjściowego P2. Przy zmniejszaniu ciśnienia aż do wartości ciśnienia atmosferycznego zawór odpowietrza się i upuszcza nadmiar ciśnienia do atmosfery. Ciśnienie P2 na wyjściu zaworu nie ulega zmianie podczas zmiany ciśnienia zasilania P1. W katalogach dla zaworów redukcyjnych zawsze podawane są charakterystyki pracy: regulacyjna i przepływowa. Charakterystyka regulacyjna określa zmiany ciśnienia wyjściowego w odniesieniu do ciśnienia wejściowego, a przepływowa pozwala na określenie wartości natężenia przepływu powietrza przez zawór przy określonym spadku ciśnienia do wartości zredukowanej P2.

Powszechnie stosuje się połączone w jeden zespół dwa elementy: filtr i zawór redukcyjny. Element ten nazywany jest zespołem filtrującym-redukcyjnym lub zaworo-filtrem. W elemencie tym najpierw następuje oczyszczenie powietrza, a następnie oczyszczone powietrze przepływa do zaworu redukcyjnego gdzie następuje obniżenie ciśnienia do wartości ciśnienia roboczego.



Rys. 7. - Typowy zespół filtrująco-redukcyjny

2.5 Smarowanie (naolejanie) sprężonego powietrza



Rys. 8. - Smarownica sprężonego powietrza

W układach pneumatycznych występują elementy tworzące cierne pary kinematyczne (np. tłok – tuleja, tłoczysko - tuleja prowadząca w siłowniku pneumatycznym). Aby zapewnić im poprawne działanie muszą być smarowane olejem. Smarowanie powietrza wymagane jest również dla narzędzi pneumatycznych takich jak młoty udarowe, wiertarki, wkrętarki, szlifierki gdzie elementy poruszają się z bardzo dużymi prędkościami obrotowymi i są napędzane turbinami pneumatycznymi.

Smarowanie sprężonego powietrza polega na wprowadzeniu do medium roboczego drobin oleju w postaci mgły olejowej, która docierając do elementów wykonawczych i sterujących smaruje ich części ruchome. Zapobiega to powstawaniu usterek i awarii dodatkowo przedłużając ich trwałość i ograniczając występowanie korozji. Elementami wytwarzającymi mgłę olejową są smarownice sprężonego powietrza. W nowoczesnych rozwiązaniach konstrukcyjnych stosuje się uszczelnienia z poliuretanu (PU). Siłowniki z uszczelnieniami z tego materiału nie wymagają smarowania mgłą olejową.

Smarownice, ze względu na ich konstrukcję dzielą się na następujące grupy:

- smoczkowe,
- selekcyjne,
- knotowe,
- wtryskowe,
- pęcherzykowe.

Najbardziej rozpowszechnionymi są smarownice smoczkowe.

Ich zasada działania oparta jest na zjawisku spadku ciśnienia wytwarzanego w dyszy smarownicy, który to spadek powoduje zasysanie oleju ze zbiornika przez rurkę kroplącą do komory, gdzie krople oleju są rozbijane strumieniem sprężonego powietrza do postaci mgły olejowej a następnie wprowadzane do instalacji pneumatycznej. Wymienione elementy przygotowania powietrza występują indywidualnie lub częściej jako zespoły przygotowania powietrza lub stacje zasilające.

Składają się wtedy z dwóch lub trzech elementów:

- Zespoły dwuelementowe: zespół filtrująco-redukcyjny i smarownica
- Zespoły trzelementowe: filtr, zawór redukcyjny i smarownica



Rys. 9. - Dwuelementowy i trzelementowy zespół przygotowania powietrza

Stacje przygotowania powietrza rozumiane są jako rozbudowane zespoły elementów przygotowania powietrza w skład których mogą wchodzić dodatkowe urządzenia niezbędne do zasilania nowoczesnych układów pneumatycznych. Mogą to być zawory odcinające sterowane ręcznie bądź elektromagnetycznie, zawory powolnego startu (tzw. Soft-start), przekaźniki pneumo-elektryczne, wskaźniki ciśnienia, mierniki przepływu i ciśnienia z wyświetlaczami i wyjściami dla sterowników. Powoduje to rozszerzanie funkcjonalności typowych zespołów przygotowania powietrza.



Rys. 10. - Profesjonalna stacja przygotowania powietrza

3. Układy zasilania hydraulicznego

Aby zapoznać się z tym rozdziałem, przejdź do prezentacji multimedialnej.

Bibliografia:

1. Olszewski M. 2002, Mechatronika. Warszawa: REA
2. Olszewski M. 2006, Podstawy mechatroniki. Podręcznik dla uczniów średnich i zawodowych szkół technicznych. Warszawa: REA
3. Olszewski M. 2009, Mechatronika i systemy mechatroniczne. Podręcznik dla uczniów średnich i zawodowych szkół technicznych Warszawa: REA
4. Potrykus J., Krzyżanowski J. 2013, Poradnik mechatronika. Warszawa: REA

Netografia:

1. [http://pbc.biaman.pl/Content/358/Mechatronika+ Gawrysiak+1997 .pdf](http://pbc.biaman.pl/Content/358/Mechatronika+Gawrysiak+1997.pdf)
2. <http://wloscianska.strefa.pl/download/podstawy%20mechatroniki.pdf>