



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Ryszard Janas

Użytkowanie i obsługiwane układy sterowania 311[20].Z3.03

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005**

Recenzenci:

mgr Jerzy Buczko

mgr Zbigniew Zienkiewicz

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr inż. Zbigniew Kramek

Korekta:

mgr Edyta Koziół

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[20].Z3.03. Użytkowanie i obsługiwane układów sterowania zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik mechanik.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	4
3. Cele kształcenia	5
4. Materiał nauczania i ćwiczeń	6
4.1. Przepisy BHP przy eksploatacji urządzeń elektrycznych i ciśnieniowych	6
4.1.1. Materiał nauczania	6
4.1.2. Pytania sprawdzające	8
4.1.3. Ćwiczenia	8
4.1.4. Sprawdzian postępów	10
4.2. Montaż i eksploatacja instalacji elektrycznych	11
4.2.1. Materiał nauczania	11
4.2.2. Pytania sprawdzające	20
4.2.3. Ćwiczenia	20
4.2.4. Sprawdzian postępów	22
4.3. Montaż i naprawa układów sterowania elektrycznego maszyn i urządzeń	23
4.3.1. Materiał nauczania	23
4.3.2. Pytania sprawdzające	30
4.3.3. Ćwiczenia	30
4.3.4. Sprawdzian postępów	32
4.4. Eksploatacja instalacji pneumatycznych i hydraulicznych	33
4.4.1. Materiał nauczania	33
4.4.2. Pytania sprawdzające	34
4.4.3. Ćwiczenia	35
4.4.4. Sprawdzian postępów	36
4.5. Montaż i obsługa techniczna elementów i układów sterowania pneumatycznego i elektropneumatycznego	37
4.5.1. Materiał nauczania	37
4.5.2. Pytania sprawdzające	45
4.5.3. Ćwiczenia	45
4.5.4. Sprawdzian postępów	47
4.6. Montaż i obsługa techniczna elementów i układów sterowania hydraulicznego i elektrohydraulicznego	49
4.6.1. Materiał nauczania	49
4.6.2. Pytania sprawdzające	61
4.6.3. Ćwiczenia	62
4.6.4. Sprawdzian postępów	65
4.7. Montaż i obsługa techniczna układów automatycznej regulacji	66
4.7.1. Materiał nauczania	66
4.7.2. Pytania sprawdzające	80
4.7.3. Ćwiczenia	80
4.7.4. Sprawdzian postępów	84
5. Sprawdzian osiągnięć	85
6. Literatura	88

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy i kształtowaniu umiejętności w zakresie eksploatacji maszyn i urządzeń, a konkretnie – w zakresie użytkowania i obsługi układów sterowania.

W poradniku zamieszczono:

- wykaz literatury, z jakiej możesz korzystać podczas nauki,
- wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć przed przystąpieniem do nauki,
- wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z tym poradnikiem,
- materiał nauczania,
- zestawy pytań, które pomogą Ci sprawdzić, czy opanowałeś podane ćwiczenia, które mają na celu wykształcenie Twoich umiejętności praktycznych,
- sprawdzian postępów.

W materiale nauczania zostały omówione zagadnienia, dotyczące układów sterowania najczęściej spotykanych w praktyce. Będą to więc układy elektryczne, pneumatyczne i hydrauliczne, jak również elektroniczne. Układy te są najczęściej powiązane ze sobą tworząc różne urządzenia. Omówione też zostały podstawowe zasady eksploatacji tych układów, a także sposoby diagnozowania uszkodzeń i usuwania usterek. Materiał wzbogacono o powszechnie obecnie stosowane układy ze sterownikami programowalnymi (PLC).

Przy wyborze odpowiednich treści niewątpliwie pomocny będzie nauczyciel.

Treść została dobrana tak, aby przedstawić rozwiązania najbardziej typowe. Do rozwiązań tych dołączone zostały niezbędne wiadomości teoretyczne, umożliwiające zrozumienie działania przedstawionych układów, maszyn i urządzeń. Stopień opanowania wiedzy i umiejętności możesz sprawdzić rozwiązując przykładowe ćwiczenia i zadania dołączone do każdego rozdziału.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji jednostki modułowej powinieneś umieć:

- poszukiwać informacji w różnych źródłach,
- selekcjonować, porządkować i przechowywać informacje,
- przeprowadzać podstawowe rozumowania matematyczne,
- posługiwać się kalkulatorem,
- interpretować związki wyrażone za pomocą wzorów, wykresów, schematów, diagramów, tabel,
- prezentować za pomocą języka matematyki wyniki analizy prostych zagadnień,
- obserwować i opisywać zjawiska fizyczne,
- dostrzegać i opisywać związki między naturalnymi składnikami środowiska, człowiekiem i jego działalnością,
- oceniać własne możliwości sprostania wymaganiom stanowiska pracy i wybranego zawodu,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu automatyki, dokumentacji technicznej, a także bezpieczeństwa i higieny pracy,
- operować podstawowymi pojęciami z zakresu automatyki,
- rozróżniać podstawowe elementy układów (elektro) pneumatycznych i (elektro)hydraulicznych,
- montować i uruchamiać układy pneumatyczne i hydrauliczne,
- określić wady i zalety, zastosowanie i podstawowe cechy układów pneumatycznych i hydraulicznych,
- wyjaśnić działanie układów pneumatycznych, hydraulicznych oraz automatyki,
- przetestować działanie układów sterowania i regulacji,
- zastosować zasady bhp obowiązujące na stanowisku pracy.

3. CELE KSZTAŁCENIA

Po realizacji tej jednostki modułowej powinieneś umieć:

- wykonać instalację zasilającą silnik elektryczny lub inny odbiornik,
- wykonać pomiar rezystancji izolacji instalacji elektrycznej,
- przeprowadzić przegląd instalacji elektrycznej i usunąć usterki,
- zmontować i uruchomić układ elektryczny sterowania pracą maszyny lub urządzenia,
- zmontować układ pneumatyczny na podstawie schematu i przetestować jego działanie,
- zmontować układ hydrauliczny na podstawie schematu i przetestować jego działanie,
- przeprowadzić konserwację układu pneumatycznego i elektropneumatycznego,
- przeprowadzić konserwację układu hydraulicznego i elektrohydraulicznego,
- usunąć usterki w układach sterowania,
- skorzystać z instrukcji eksploatacji i dokumentacji techniczno–ruchowej urządzeń,
- zastosować przepisy bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska podczas eksploatacji układów sterowania.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Przepisy BHP przy eksploatacji urządzeń elektrycznych i ciśnieniowych

4.1.1. Materiał nauczania

Podczas eksploatacji urządzeń elektrycznych i ciśnieniowych należy stosować poznane wcześniej przepisy bhp. Pracodawca zobowiązany jest zapewnić pracownikom bezpieczne i higieniczne warunki pracy. Każdy przyjęty do pracy pracownik musi przejść przeszkolenie wstępne ogólne i instruktaż stanowiskowy, a następnie w czasie pracy przechodzi szkolenia okresowe. Szkolenia te uwzględniają specyfikę stanowiska pracy danego pracownika. Fakt odbycia szkolenia jest odnotowany w dokumentacji prowadzonej przez dział bhp lub dział kadr. W czasie szkoleń pracownik zapoznaje się z wymogami w zakresie bhp, jakie obowiązują na danym stanowisku pracy, jaką odzież roboczą i ochronną, jak również sprzęt ochrony osobistej musi używać. Zwracana jest uwaga na to, jakie czynności zawodowe są niebezpieczne i jak tego niebezpieczeństwa unikać. Pracownicy w celu dopuszczenia do wykonywania prac przy urządzeniach elektrycznych i ciśnieniowych przechodzą dodatkowo szkolenia merytoryczne z elementami bhp kończące się egzaminem uzyskując uprawnienia do pracy na przedstawionych wyżej urządzeniach i obiektach. Bez przeszkolenia bhp lub bez uprawnień do eksploatacji wykonywanie w tym zakresie jakichkolwiek czynności zawodowych jest zabronione.

Wszystkie maszyny, urządzenia, zbiorniki ciśnieniowe, rozdzielnice elektryczne, elementy pneumatyki i inne muszą posiadać odpowiednie znaki bezpieczeństwa **B** lub **CE**. Zbiorniki ciśnieniowe podlegają dodatkowo dozorowi sprawowanemu przez Rejonowy Urząd Dozoru Technicznego. Kontroluje on stan zbiornika i jego zastosowanie przez cały okres eksploatacji w określonych odstępach czasowych. Zbiornik, który nie uzyskał akceptacji UDT do dalszej eksploatacji musi być natychmiast wyłączony z użycia. Podobnie narzędzia do pracy przy wysokich napięciach, dywaniki dielektryczne, rękawice, specjalne buty przechodzą kontrolę okresową w specjalnych laboratoriach. Kontrole określają przydatność do dalszej eksploatacji za pomocą specjalnego oznakowania. Pracownik we własnym zakresie zobowiązany jest kontrolować wzrokowo i podczas używania sprawność narzędzi (kluczy, wkręta, mierników, wiertarek ręcznych, wiertła, itp.) Uszkodzone narzędzia należy poddać natychmiast naprawie lub wymienić.

Podczas wykonywania prac (czynności zawodowych) szczególnie niebezpiecznych zobowiązany jest stosować obowiązujące procedury i przepisy. Przykładowo przystępując do naprawy urządzenia elektrycznego należy wyłączyć napięcie i umieścić obok wyłącznika informację o prowadzonych pracach i zakazie włączania dopływu prądu. Określone prace muszą być wykonywane z uwagi na bezpieczeństwo przez dwie osoby wzajemnie się asekurujące.

Zasadą jest wyeliminowanie czynnika niebezpiecznego przy wykonywaniu prac. Tak więc urządzenia elektryczne naprawiane są po wyłączeniu napięcia, a ciśnieniowe przy braku ciśnienia. Jeżeli spełnienie tych podstawowych warunków nie jest możliwe, stosujemy zabezpieczenia przed wpływem tych czynników na organizm ludzki (rękawice, dywaniki, obuwie dielektryczne, uchwyty izolujące, itp.).

Naprawa powinna polegać na przywróceniu wszystkich funkcji danego urządzenia lub układu poprzez odtworzenie stanu pierwotnego w zakresie połączeń, stosowanych podzespołów i materiałów, rozmieszczenia i funkcji elementów obsługi, czujników,

elementów sterujących i wykonawczych, jak również oprogramowania aplikacji. Wszelkie przeróbki są niedozwolone. Jeżeli urządzenie poddawane jest modernizacji konieczne jest jego powtórne dopuszczenie do ruchu, czasem uzyskanie znaku bezpieczeństwa lub akceptacji UDT.

Instalacje elektryczne

Podczas wykonywania naprawy, konserwacji lub czynności montażowych należy przestrzegać następujących reguł:

1. Wyłączyć napięcie poprzez:
 - wyjęcie wkładek bezpiecznikowych,
 - wyłączenie wyłączników instalacyjnych,
 - demontaż fragmentu obwodu,
2. Zabezpieczyć przed przypadkowym włączeniem poprzez:
 - zamknięcie szafki lub odłączników za pomocą zamków lub klódek,
 - zabranie i zabezpieczenie wkładek topikowych,
 - zdjęcie z wyłączników pokręteł, dźwigni itp.

W każdym przypadku konieczne jest umieszczenie w miejscu wyłączenia napięcia tablicy ostrzegawczej informującej o zakazie załączania obwodu z uwagi na wykonywane prace.

3. Sprawdzić brak napięcia.

Po wyłączeniu obwodu, a przed przystąpieniem do pracy konieczne jest sprawdzenie, czy rzeczywiście napięcie nie występuje (np. wskutek pomylenia bezpieczników lub wyłączników). Sprawdzenia dokonuje się za pomocą próbników, badając wszystkie fazy sieci zasilającej.

4. Osłonić i oddzielić sąsiadujące elementy znajdujące się pod napięciem.
5. Sprawdzić wzrokowo stosowane narzędzia i przyrządy na obecność uszkodzeń, mogących stać się przyczyną porażenia prądem elektrycznym.

Jeżeli wyłączenie instalacji nie jest możliwe i zachodzi konieczność sprawdzenia, bądź naprawy, pracownik zobowiązany jest:

- uzyskać zgodę osoby sprawującej nadzór (mieć odpowiednie uprawnienia),
- stosować dywaniki dielektryczne, aby uniemożliwić przepływ prądu w relacji ręka – nogi,
- pracować tylko jedną ręką, aby uniemożliwić przepływ prądu w relacji ręka – ręka, druga ręka w tym czasie nie może niczego dotykać,
- zapewnić sobie asekurację w postaci drugiej osoby, zapoznanej ze sposobem wyłączenia prądu i udzielaniem pierwszej pomocy.

Układy pneumatyczne

Należy pamiętać, że powietrze sprężone jest sprężyste. Wszelkiego typu elementy i układy, jak również urządzenia naprawia się zawsze w stanie bezciśnieniowym. Demontowane elementy mogą być przy pracy pod ciśnieniem odrzucone na dużą odległość i z dużą siłą, co może być przyczyną wypadku. Przykładem są końcówki szybkozłączy podłączane do układu pod ciśnieniem i pod ciśnieniem odłączane od układu pneumatycznego. Wskutek sprężystości powietrza końcówki nabierają przy odłączaniu dużej prędkości i mogą spowodować uraz, np. oka. Ruchome wskutek działania układu elementy siłowników i silników pneumatycznych mogą przy próbie ingerencji w układ spowodować poważne urazy. Jeżeli układ posiada osłonę, nie wolno podczas pracy jej otwierać.

Układy hydrauliczne

Podstawowym źródłem zagrożenia jest olej hydrauliczny pod wysokim ciśnieniem. Również w akumulatorach hydraulicznych panuje wysokie ciśnienie oleju i gazu. Ciśnienie

w układzie wynosi od 10 MPa do 100 MPa. W razie powstania nieszczelności strumień oleju pod ciśnieniem jest bardzo poważnym zagrożeniem dla ludzi działając jak ostrze noża. Wynika stąd konieczność:

- naprawiania układu po wyłączeniu pompy i jej zabezpieczeniu przez nieuprawnionym włączeniem, w układzie z akumulatorem hydraulicznym ciśnienie oleju po wyłączeniu pompy jest nadal wysokie i wymaga obniżenia przez otwarcie zaworu odciążającego,
- stosowania okularów ochronnych,
- zachowania szczególnej ostrożności podczas obsługi akumulatorów hydraulicznych,
- prowadzenia procesu wymiany oleju w układach z ciśnieniowym zbiornikiem (wtedy w układzie znajdują się dwa akumulatory hydrauliczne) ściśle według procedury podanej przez producenta,
- prowadzenia procesu wymiany filtrów po wyłączeniu pompy i obniżeniu ciśnienia,
- odpowietrzania układu ściśle według instrukcji,
- dokręcania połączeń gwintowych zadany momentem z użyciem klucza dynamometrycznego.

Nieprzestrzeganie podanych reguł przy obsłudze układu hydraulicznego prowadzi do poważnych wypadków i awarii mogących być zagrożeniem dla zdrowia i życia ludzi.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdź, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie szkolenia przechodzi pracownik nowozatrudniony?
2. Jakie szkolenia okresowe przechodzi pracownik?
3. Co to są uprawnienia eksploatacyjne i do czego uprawniają?
4. Jakiemu dozorowi podlegają zbiorniki sprężonego powietrza?
5. W jakim celu stosujemy dywaniki dielektryczne?
6. Jakie zagrożenia występują przy naprawie instalacji elektrycznej?
7. Jakie zagrożenia występują przy naprawie układu pneumatycznego?
8. Jakie zagrożenia występują przy naprawie układu hydraulicznego?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Naprawa rozdzielnic elektrycznej wyposażonej w wyłączniki nadmiarowo prądowe, wyłączniki różnicowoprądowe, odłączniki, lampki kontrolne. Osprzęt jest jedno i trójfazowy. Uszkodzenie jest widoczne, wyłącznik ma niepodłączone przewody.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodnie z przepisami bhp.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,

- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 2

Określenie wymagań, jakie musi spełniać zbiornik powietrza, aby mógł być dopuszczony do eksploatacji.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 3

Wykonanie i opisanie procedury uzupełniania gazu w akumulatorze hydraulicznym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 4

Podłączenie do siłownika przewodu sztywnego i elastycznego oraz dokręcenia połączenia gwintowego określonym momentem odczytanym z dokumentacji technicznej. Przewody z drugiej strony nie są do niego podłączone.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,

- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) Wymienić szkolenia, jakie przechodzi pracownik w czasie pracy?	☐	☐
2) Wymienić cele posiadania uprawnień przez pracowników?	☐	☐
3) Wymienić czynności mające na celu zabezpieczenie miejsca pracy przed przypadkowym włączeniem napięcia?	☐	☐
4) Wymienić zagrożenia występujące podczas naprawy układu elektrycznego i sposoby ich eliminacji?	☐	☐
5) Wymienić zagrożenia występujące podczas naprawy układu hydraulicznego i sposoby ich eliminacji?	☐	☐
6) Wymienić zagrożenia występujące podczas naprawy układu pneumatycznego i sposoby ich eliminacji?	☐	☐
7) Wymienić zagrożenia, jakie może powodować niewłaściwie przeprowadzona naprawa?	☐	☐
8) Rozróżnić i scharakteryzować szkolenia, jakie przechodzi pracownik w czasie pracy?	☐	☐
9) Rozróżnić i scharakteryzować cele posiadania uprawnień przez pracowników?	☐	☐
10) Rozróżnić i scharakteryzować czynności mające na celu zabezpieczenie miejsca pracy przed przypadkowym włączeniem napięcia?	☐	☐
11) Rozróżnić i scharakteryzować zagrożenia występujące podczas naprawy układu elektrycznego i sposoby ich eliminacji?	☐	☐
12) Rozróżnić i scharakteryzować zagrożenia występujące podczas naprawy układu hydraulicznego i sposoby ich eliminacji?	☐	☐
13) Rozróżnić i scharakteryzować zagrożenia występujące podczas naprawy układu pneumatycznego i sposoby ich eliminacji?	☐	☐
14) Rozróżnić i scharakteryzować zagrożenia, jakie może powodować niewłaściwie przeprowadzona naprawa?	☐	☐

4.2. Montaż i eksploatacja instalacji elektrycznych

4.2.1. Materiał nauczania

Obwody główne i obwody sterowania

Instalacja zasilająca silnik elektryczny, lub inny odbiornik energii elektrycznej (grzejniki elektryczne, lampy oświetleniowe) składa się najczęściej z dwóch obwodów:

- obwodu głównego, w którym płynie prąd do odbiornika,
- obwodu sterowania, zwanego także obwodem sterowania i sygnalizacji, który steruje załączaniem elementów wykonawczych za pomocą elementów sterujących: łączników stykowych i bezstykowych.

Obwody główne

Typowy obwód główny jest trójfazowy w układzie TN-S. Obwód główny, wyłączany wyłącznikiem głównym, powinien posiadać zabezpieczenia:

- nadmiarowoprądowe (nadprądowe) – zabezpieczające przed zbyt dużym prądem,
- różnicowoprądowe – zabezpieczające przed porażeniem prądem elektrycznym i upływem prądu w przypadku uszkodzenia izolacji.

Obwód główny wyposażony powinien być w lampkę kontrolną koloru zielonego sygnalizującą załączenie wyłącznika głównego. Prąd następnie przechodzi przez stycznik, czasami dodatkowo przez zabezpieczenie termiczne i dalej kierowany jest do odbiornika. Typowy schemat obwodu głównego przedstawiony jest na rys. 2.

Kategorie użytkowania łączników niskiego napięcia

Do określonych zastosowań powinny być dobierane łączniki według kategorii użytkowania. Przykładowe kategorie użytkowania przedstawiono w tabeli:

Prąd przemienny AC	
Kategoria użytkowania	Typowy obszar zastosowań łączeniowych
AC-1	obciążenia nieindukcyjne, lub małoindukcyjne, np. piece oporowe
AC-2	silniki indukcyjne pierścieniowe – rozruch, wyłączanie
AC-3	silniki indukcyjne zwarte – rozruch, wyłączanie przy pełnej prędkości obrotowej
AC-4	silniki indukcyjne zwarte – rozruch, impulsowanie, hamowanie przeciwprądem

Wyłączniki nadprądowe

Obwody główne zabezpieczone są przed nadmiernym prądem za pomocą nadmiarowego wyłącznika instalacyjnego. Stosowane dawniej bezpieczniki topikowe są obecnie w tych obwodach rzadko używane. Składa się on z dwóch niezależnych obwodów wyzwiania. Są to:

- wyzwalacz termiczny – w przypadku przeciążenia instalacji znajdujący się w nim element bimetaliczny - przez który płynie prąd nagrzewając go - wygina się, zamek wyłącznika otwiera się i następuje rozłączenie obwodu poprzez otwarcie styków,
- wyzwalacz elektromagnetyczny – w przypadku zwarcia cewka szeregowo włączona w obwód wskutek płynięcia przez nią prądu zwarciovego wciąga rdzeń i następuje bezzwłoczne przerwanie obwodu prądowego. Wyłączenie musi nastąpić bardzo szybko,

ponieważ prądy zwarciove osiągają bardzo wysokie wartości groźne dla instalacji, mogące spowodować całkowite jej zniszczenie i pożar.

Nastawienie (dobranie) wyłącznika powinno uwzględniać rodzaj odbiornika. Produkowane są wyłączniki o charakterystyce B, C i D. W przypadku odbiorników o dużym prądzie rozruchowym (silniki elektryczne) stosujemy wyłączniki o charakterystyce C, przy innych odbiornikach wystarczy wyłącznik o charakterystyce B. Należy pamiętać, że przy charakterystyce B wyzwalacz elektromagnetyczny działa bezzwłocznie przy przepływie prądu 3 do 5 razy większego od prądu znamionowego, przy charakterystyce C zaś przy przepływie 5 do 10 razy większego od prądu znamionowego. W przypadku bardzo ciężkich rozruchów stosujemy wyłączniki o charakterystyce D. Wyłączają się one przy prądzie 10 do 20 razy większym od znamionowego.

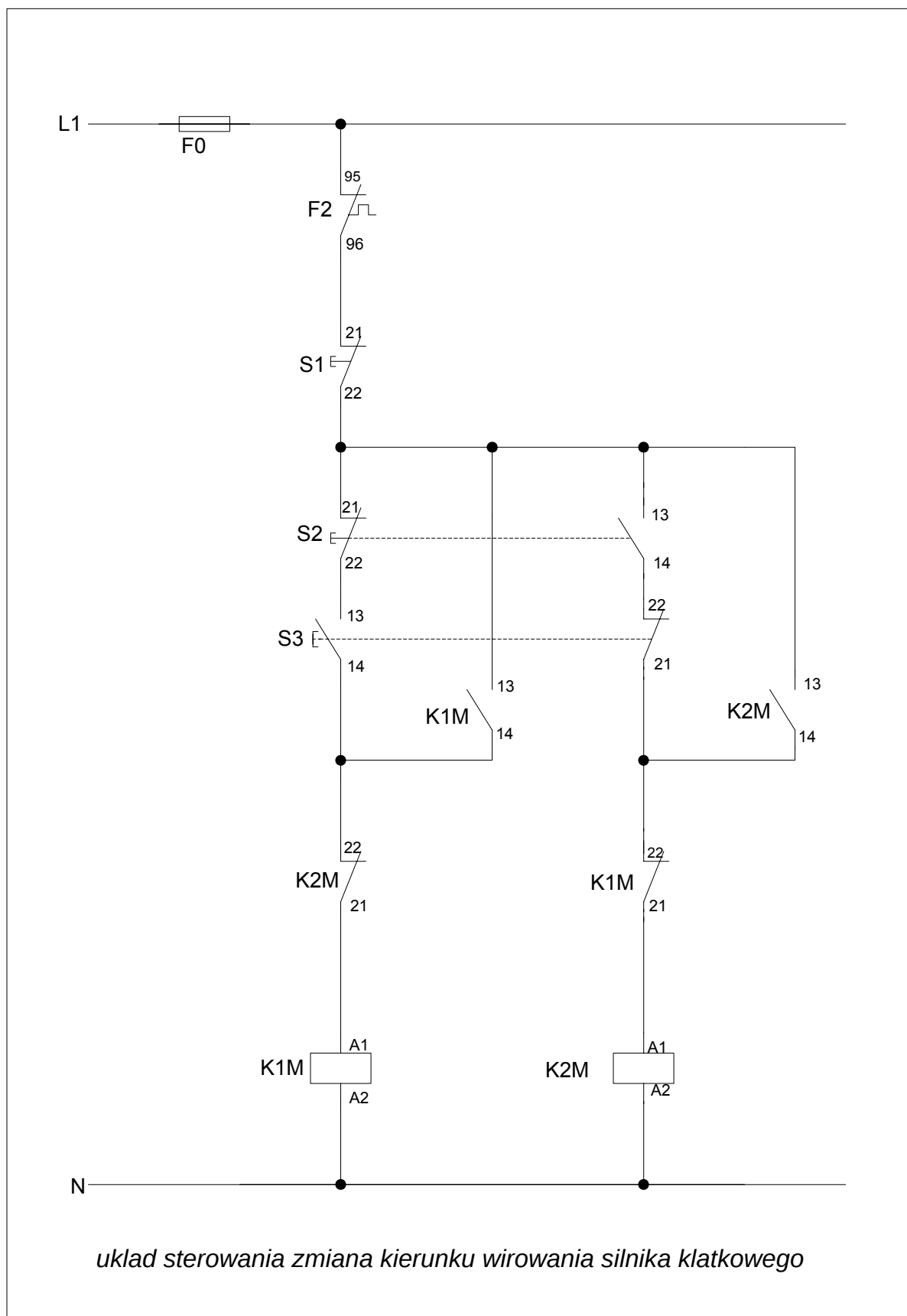
Wyłączniki nadprądowe powinny działać selektywnie. Oznacza to, że w przypadku zwarcia powinien zadziałać tylko wyłącznik w obwodzie, w którym nastąpiło zwanie. Nie powinny wyłączać się zabezpieczenia przyłącza domowego czy rozdzielnicy głównej. Osiąga się to przez stopniowanie zabezpieczeń. Każde zabezpieczenie położone bliżej zasilania (rozdzielnicy głównej) powinno być „mocniejsze” od poprzedniego, położonego bliżej odbiornika.

Wyłączniki silnikowe.

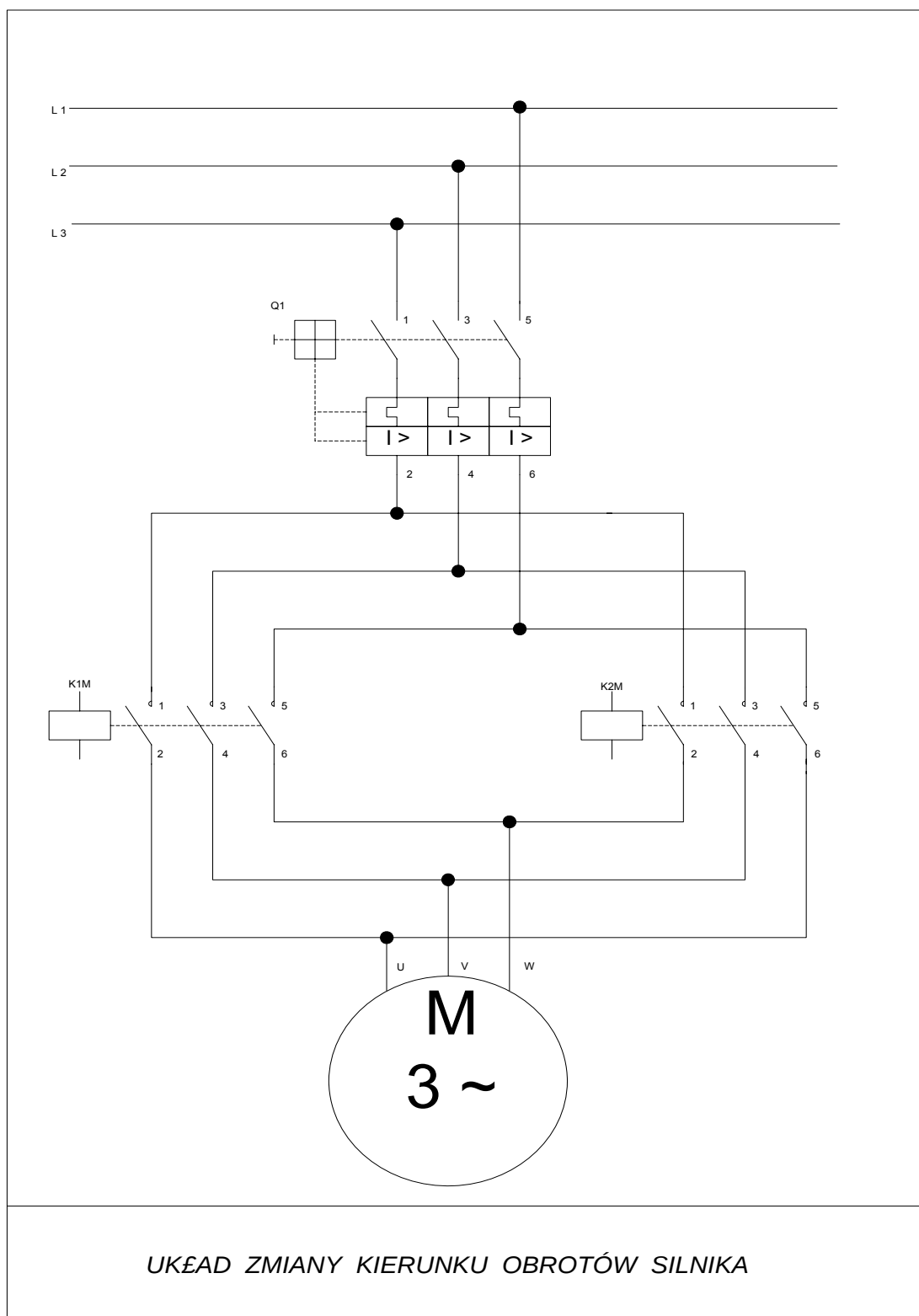
Wyłączniki silnikowe są wyłącznikami trójbiegunowymi. W każdym torze prądowym znajduje się wyzwalacz termiczny i elektromagnetyczny. Zadziałanie któregośkolwiek z nich powoduje wyłączenie wszystkich torów. Dodatkowo wyposaża się wyłączniki silnikowe w wyzwalacz podnapięciowy. Ma on za zadanie nie dopuścić do samoczynnego rozruchu silnika po zaniku napięcia zasilania. Taki rozruch mógłby być niebezpieczny dla obsługi, jak i dla samego urządzenia. Standardowo wyłączniki silnikowe mają układ kontrolujący obecność napięcia w każdej z trzech faz. Brak napięcia w jednej z faz powoduje wyłączenie silnika, lub niemożność jego włączenia. Zabezpiecza to silnik przed pracą przy braku jednej z faz, co jest szkodliwe, prowadzi do spadku momentu obrotowego, wzrostu wartości prądu w pozostałych fazach i w konsekwencji może być przyczyną utknięcia silnika i jego przegrzania bądź spalenia uzwojeń. Podczas obsługi technicznej wyłącznika silnikowego należy pamiętać o sprawdzeniu jego układów elektronicznych za pomocą przycisku „test”.

Kierunek wirowania silnika, zmiana kierunku wirowania

Podłączając silnik elektryczny trójfazowy do zasilania trudno jest przed jego uruchomieniem określić kierunek wirowania. Nie dysponując przyrządem do pomiaru kierunku wirowania faz konieczna może być po uruchomieniu silnika zamiana miejscami dwóch dowolnych przewodów fazowych w celu osiągnięcia kierunku wirowania zgodnego z założeniami. Czasami – jeżeli praca maszyny tego wymaga - stosuje się układy sterowania pozwalające na zmianę kierunku wirowania z pulpitu obsługi, rys. 1, rys. 2.



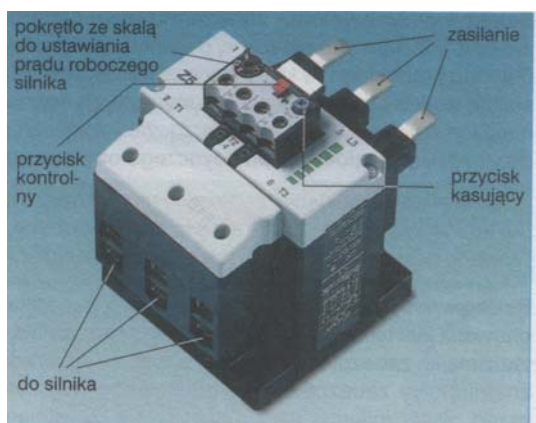
Rys. 1 Układ sterowanie zmianą kierunku obrotów silnika klatkowego



Rys. 2. Obwód główny zmiany kierunku obrotów silnika klatkowego

Zabezpieczenia termiczne

Do zabezpieczenia uzwojeń silnika przed przegrzaniem w przypadku przeciążenia stosuje się zwykle zabezpieczenie termiczne. Są one dopasowane obudową do zacisków wyjściowych stycznika i tam właśnie się takie zabezpieczenie montuje (rys. 3).

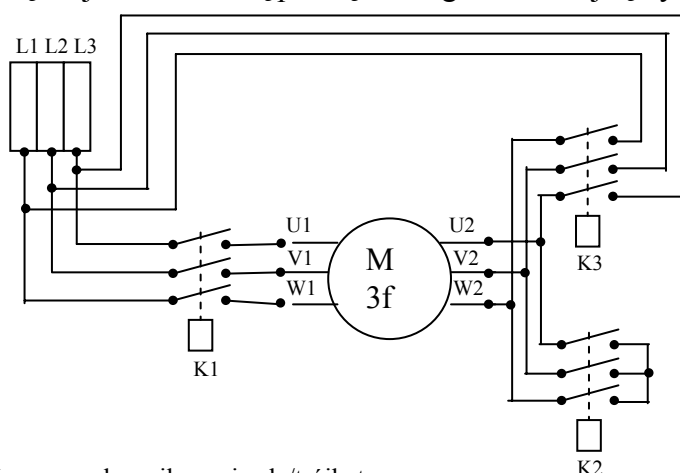


Rys. 3 Zabezpieczenie termiczne

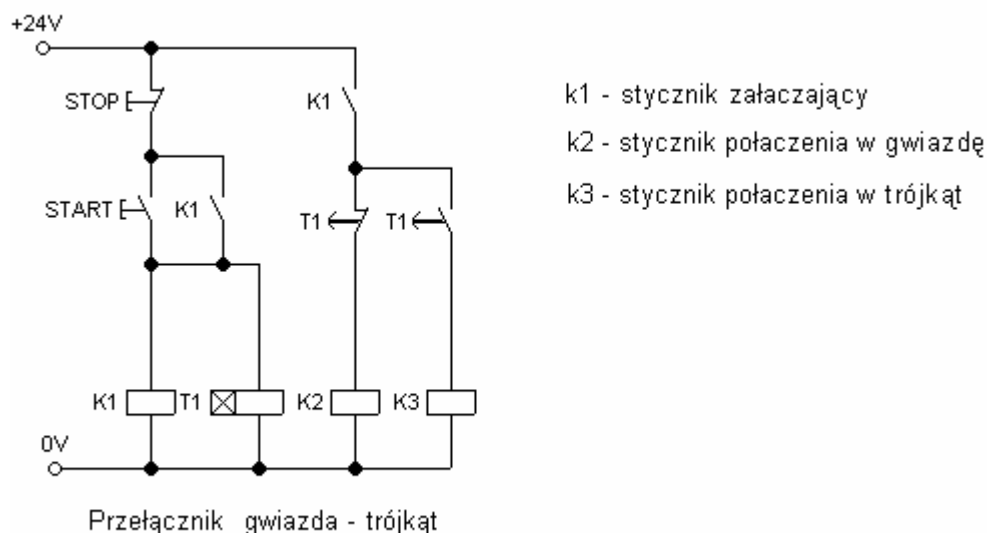
Zabezpieczenie działa na zasadzie bimetalu, podobnie jak wyzwalacz termiczny w wyłączniku nadmiarowym. Jeżeli prąd w przewodzie jest za duży przez czas konieczny do nagrzania bimetalu, nagrzewa on się i wygina przełączając styki, które są włączone w obwód sterowania. Silnik wyłącza się, świeci się lampka kontrolna „przeciążenie” (czerwona). Włączenie silnika możliwe jest po ostygnięciu bimetalu. Czasami konieczne jest wciśnięcie przycisku kasującego na przekaźniku termicznym. Doboru prądu wyłączania dokonujemy za pomocą pokrętła, które nastawiamy na prąd znamionowy silnika. Przy ciężkim rozruchu silnika konieczne jest zwiększenie nastawy, aby nie dochodziło do zadziałania wyłącznika w trakcie rozruchu. Nastawienie zbyt dużego prądu powoduje jednak, że wyłącznik nie zadziała przy długotrwałym przeciążeniu silnika, co może spowodować przegrzanie się jego uzwojeń. Opisanie wyżej wyłączniki silnikowe i przekaźniki termiczne mają zastosowanie w klasycznych układach zasilających. Układy te obecnie są wypierane przez układy z przemiennikami częstotliwości lub układami łagodnego startu. Urządzenia te – mające szeroki zakres funkcji użytkowych, opisane w dalszej części rozdziału - pełnią jednocześnie funkcje zabezpieczające i włączające.

Rozruch silników asynchronicznych trójfazowych.

Małe silniki (zwykle do 4 kW) można włączać do sieci bezpośrednio. Konfiguracja uzwojeń (gwiazda / trójkąt) jest stała. Prąd rozruchowy nie jest szkodliwy dla sieci zasilającej, ani dla silnika. Większe silniki wymagają zastosowania specjalnych technik włączania. Najczęściej stosowane są przełączniki gwiazda/trójkąt (rys.4, rys. 5).



Rys. 4. Obwód główny przełącznika gwiazda/trójkąt



Rys.5 Obwód sterowania przełącznika gwiazda/trójkąt

Zastosowanie tego układu pozwala zmniejszyć prąd rozruchowy silnika. Początkowo uzwojenia silnika połączone są w gwiazdę, następnie, przełącza się je w trójkąt. Przełączanie następuje:

- po zadany czasie, potrzebnym do osiągnięcia prędkości obrotowej. Stosuje się w tym przypadku elektroniczne przełączniki czasowe,
- po spadku prądu do zadanej wartości (rzadziej), można zastosować specjalne przełączniki do jego pomiaru,
- po osiągnięciu zadanej prędkości obrotowej (konieczny jest pomiar prędkości, jeżeli jest to układ automatyczny),
- ręcznie przy jednoczesnej obserwacji pracy maszyny.

Przełącznik gwiazda/trójkąt jest zastępowany obecnie elektronicznymi układami łagodnego startu, lub przemiennikami częstotliwości.

Przemienniki częstotliwości i układy łagodnego startu

Obecnie większość silników zasilanych jest z wykorzystaniem układów łagodnego startu lub przemienników częstotliwości. Rozwój elektroniki przemysłowej spowodował spadek cen tych urządzeń do poziomu porównywalnego z rozwiązaniem klasycznym, przy nieporównywalnie większych możliwościach.

Układ łagodnego startu (rys. 6)



Rys. 6 Układ łagodnego startu

Układ łagodnego startu służy do włączania silników asynchronicznych trójfazowych. Możliwe jest nastawianie prądu rozruchu, czasu rozruchu i wybiegu, układ ten pełni także jednocześnie funkcję włącznika pozwalając na podłączenie przycisków załączających i wyłączających w różnych konfiguracjach. Pełni funkcję zabezpieczenia termicznego, kontroluje obecność faz, można nim sterować za pomocą sieci cyfrowej. Cena jego przy tym jest porównywalna z klasycznym układem sterowania składającym się z kilku styczników i przekaźnika termicznego.

Znacznie większe możliwości posiada **przemiennik częstotliwości** (rys. 7).



Rys. 7 Przemiennik częstotliwości

Oprócz wszystkich funkcji układu łagodnego startu pozwala on na:

- regulację prędkości obrotowej w granicach od $0 - 4 \times n_{zn}$,
- dowolną regulację momentu obrotowego,
- kształtowanie charakterystyki $M = f(f)$ (liniowej lub kwadratowej),
- regulację czasu rozruchu i wybiegu,
- realizację funkcji zabezpieczenia termicznego,
- hamowanie prądem stałym.

- możliwość zasilania przemiennika prądem stałym,
- hamowanie zatrzymanego wału,
- i wiele innych.

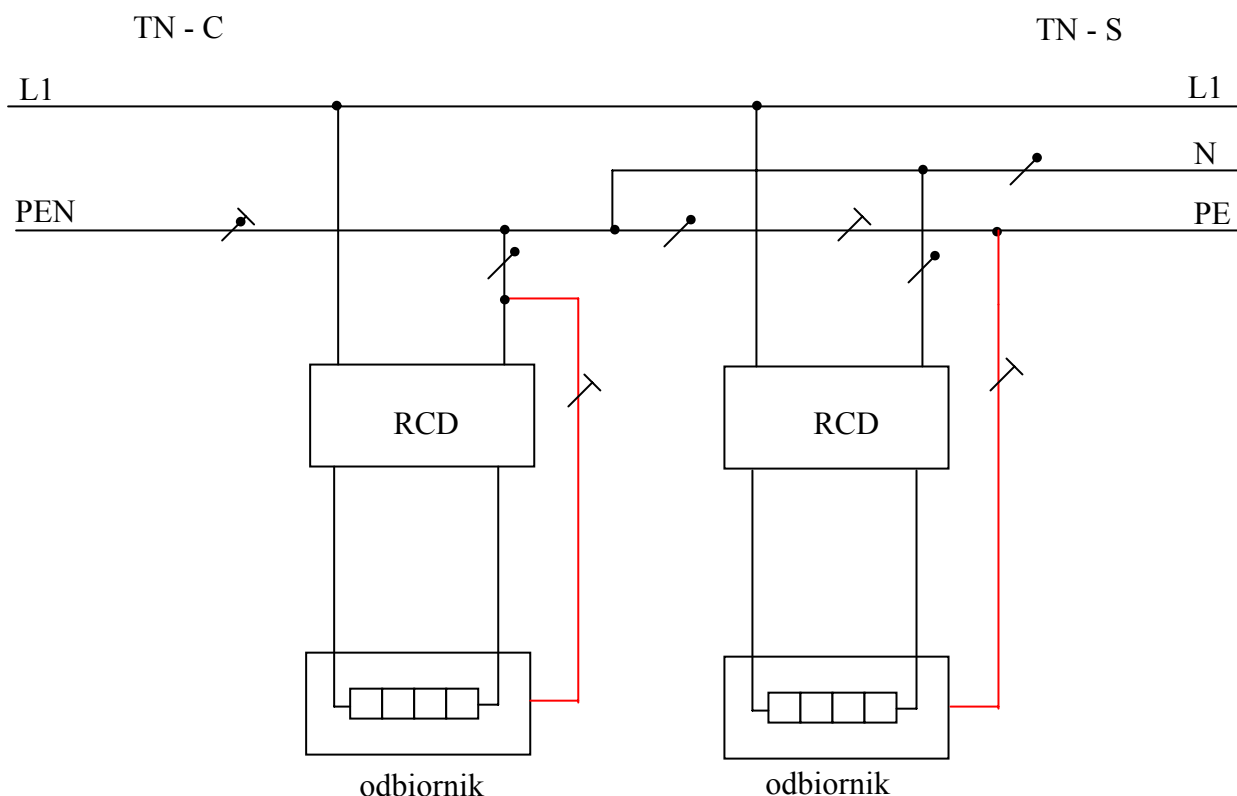
Przy stosowaniu przemiennika należy zwrócić uwagę na maksymalną prędkość obrotową silnika. Nie może ona przekraczać trzykrotnej wartości prędkości znamionowej. W przypadkach konieczności uzyskania innej prędkości należy zwrócić się o informacje do producenta silnika lub zastosować silnik przystosowany do zasilania z przemiennika częstotliwości z wyraźnie określoną prędkością maksymalną i innymi parametrami. Silniki takie posiadają inną konstrukcję uzwojeń stojana i klatki wirnika, pozwalającą na stosowanie innych niż znamionowa częstotliwości napięcia, zasilającego przy zachowaniu parametrów ruchowych i warunków cieplnych pracy silnika. Stosowane bywają także wentylatory zasilane odrębnym silnikiem, w celu zabezpieczenia odpowiedniego chłodzenia przy małych prędkościach obrotowych.

Coraz powszechniej stosowane przemienniki wektorowe pozwalają na dwukrotne zwiększenie momentu obrotowego przy małych prędkościach, co pozwala na łatwy rozruch maszyn wymagających do rozruchu wysokiego momentu obrotowego (dźwigi, ruchome schody, kruszarki itp.) Przemienniki poza okresowym odkurzeniem nie wymagają żadnej obsługi. Należy tylko zwracać uwagę na pewność przyłączenia przewodów. Wszelkie iskrzenia na zaciskach przyłączeniowych mogą być przyczyną uszkodzenia przemiennika.

Programowania przemienników i układów łagodnego startu dokonuje się za pomocą pulpitu lokalnego lub komputera podłączonego do przemiennika odpowiednim kablem, także za pośrednictwem sieci komputerowej. Zasady i metody programowania są różne dla przemienników różnych producentów. Konieczne jest korzystanie z instrukcji programowania producenta.

Wyłączniki różnicowoprądowe

W celu ochrony osób przed porażeniem prądem elektrycznym stosuje się wyłączniki różnicowoprądowe. Zapewniają one ochronę dodatkową poprzez wyłączenie fragmentu instalacji, w którym dojdzie do upływu prądu przez ciało człowieka, lub uszkodzoną izolację przewodu. Schemat podłączenia wyłącznika różnicowoprądowego w układzie TN-C i TN-S przedstawiono na rysunku (rys. 8).



Rys. 8 Podłączenie wyłącznika różnicowoprądowego

Wyłącznik różnicowoprądowy należy sprawdzić przy uruchamianiu nowej instalacji za pomocą specjalnego testera, następnie co miesiąc dokonać sprawdzenia za pomocą przycisku „test” w który każdy wyłącznik jest wyposażony. Środki ochrony przeciwporażeniowej muszą być także okresowo badane poprzez:

- badanie przez oględziny – polega na sprawdzeniu, czy do budowy urządzenia użyto właściwych materiałów, w tym przewodów, czy ich przekroje i izolacja są dobrane do występujących prądów i napięć. Sprawdza się także, czy instalacja posiada właściwe zabezpieczenia nadprądowe, czy kolory przewodów są zgodne z odpowiednimi normami i czy wszystkie połączenia są prawidłowe. Dodatkowo sprawdza się, czy instalacja została wykonana według projektu sporządzonego przez uprawnioną osobę.
- badania przez próby i pomiary – polegają na zbadaniu części instalacji elektrycznej wraz z wyłącznikiem różnicowoprądowym za pomocą specjalnego przyrządu do badania zabezpieczeń. Przyrząd ten także sprawdza, czy wszystkie przewody zostały prawidłowo podłączone do osprzętu instalacyjnego. Wyniki pomiarów są notowane w pamięci przyrządu, po zbadaniu instalacji w całym budynku można podłączając miernik do komputera i korzystając ze specjalistycznego oprogramowania wydrukować automatycznie niezbędne protokoły z pomiarów. Przygotowanie protokołów jest dzięki temu ułatwione, wyeliminowane zostają także błędy, które mogłyby wystąpić przy ręcznym przygotowaniu dokumentacji.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Do czego służy obwód główny?
2. Jak zbudowany jest wyłącznik nadprądowy i z jakich członów się składa?
3. Do czego służy wyłącznik silnikowy?
4. Co to jest układ łagodnego startu?
5. Co to jest przemiennik częstotliwości i jakie są jego cechy użytkowe?
6. Jakie oznaczenia mają przewody fazowe?
7. Jakie oznaczenie ma przewód neutralny ?
8. Jakie oznaczenie ma przewód ochronny i jakiego jest koloru ?
9. Jaki element może pełnić w obwodzie głównym funkcję wyłącznika ?
10. Jakie napięcia panują w obwodzie głównym pomiędzy przewodami fazowymi ?
11. Jakie napięcia panują w obwodzie głównym pomiędzy dowolnym przewodem fazowym i neutralnym ?
12. Jak można zmienić kierunek wirowania silnika elektrycznego ?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Montaż obwodu głównego zasilającego silnik klatkowy. Ćwiczenie wykonuje się bez napięcia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 2

Wykonanie montażu obwodu głównego zasilającego silnik klatkowy z przełącznikiem kierunku obrotów. Ćwiczenie wykonuje się bez napięcia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnicza rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 3

Wykonanie montażu obwodu głównego układu gwiazda/trójkąt. Ćwiczenie wykonuje się bez napięcia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnicza rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 4

Wykonanie montażu obwodu głównego zasilającego grzejnik elektryczny trójfazowy (np. piec elektryczny do nagrzewania stali). Ćwiczenie wykonuje się bez napięcia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnicza rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 5

Zaprogramowanie zadanych parametrów przemiennika częstotliwości.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 6

Zaprogramowanie zadanych parametrów układu łagodnego startu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) Wymienić elementy składowe obwodu głównego	☐	☐
2) Wymienić elementy wykonawcze obwodu głównego	☐	☐
3) Wymienić elementy zabezpieczające	☐	☐
4) Wymienić oznaczenia przewodów	☐	☐
5) Wymienić kolory przewodów	☐	☐
6) Wymienić podstawowe rodzaje i funkcje obwodów głównych	☐	☐
7) Wymienić wielkości napięć i prądów w obwodzie głównym i sterowania	☐	☐

- | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 8) Rozróżnić i scharakteryzować elementy składowe obwodu głównego | ☐ | ☐ |
| 9) Rozróżnić i scharakteryzować elementy wykonawcze obwodu głównego | ☐ | ☐ |
| 10) Rozróżnić i scharakteryzować elementy zabezpieczające | ☐ | ☐ |
| 11) Rozróżnić i scharakteryzować oznaczenia przewodów | ☐ | ☐ |
| 12) Rozróżnić i scharakteryzować kolory przewodów | ☐ | ☐ |
| 13) Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe rodzaje i funkcje obwodów głównych | ☐ | ☐ |
| 14) Rozróżnić i scharakteryzować wielkości napięć i prądów w obwodzie głównym i sterowania | ☐ | ☐ |
| 15) Rozróżnić i scharakteryzować układy łagodnego startu | ☐ | ☐ |
| 16) Rozróżnić i scharakteryzować przemienniki częstotliwości | ☐ | ☐ |

4.3. Montaż i naprawa układów sterowania elektrycznego maszyn i urządzeń

4.3.1. Materiał nauczania

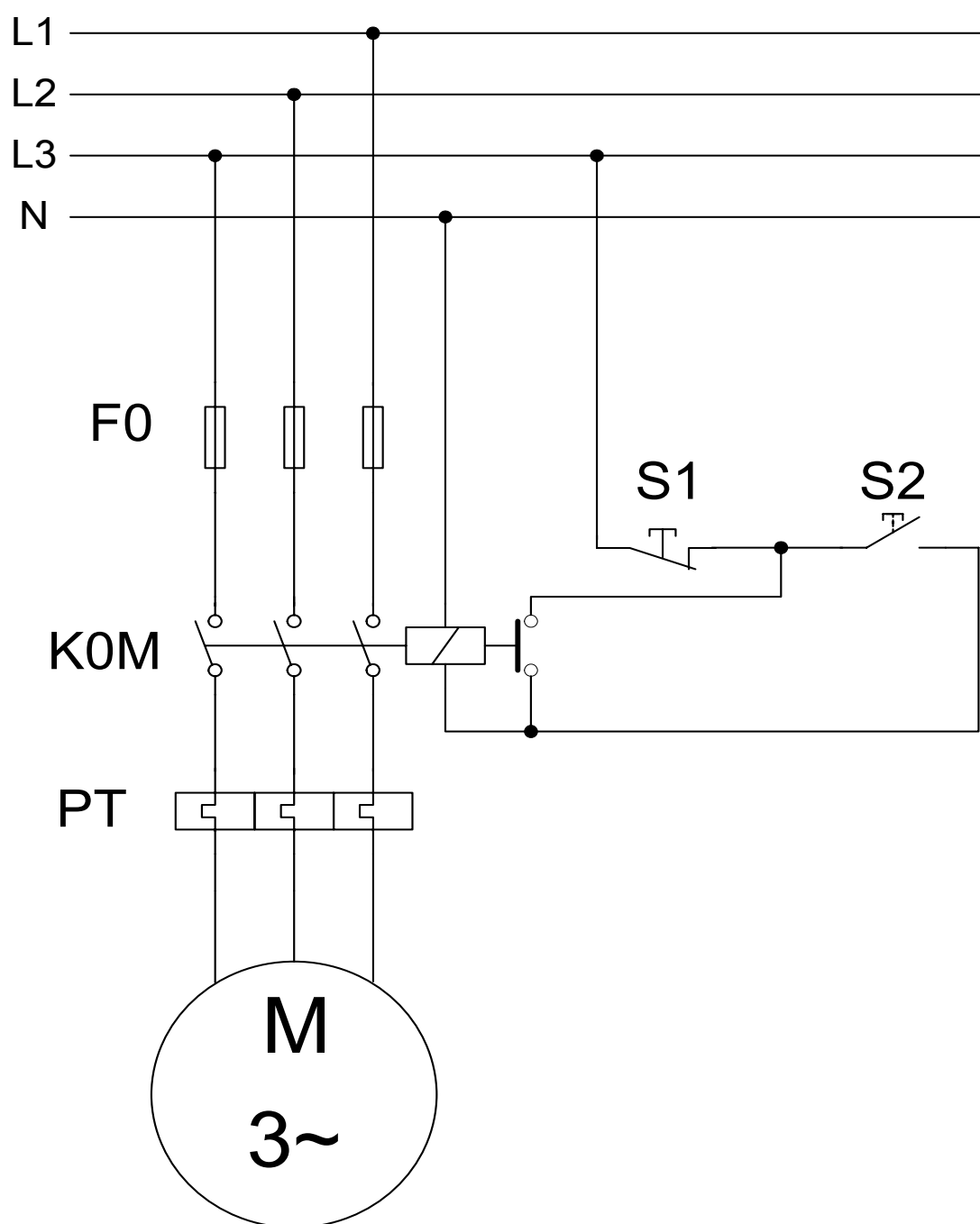
Układy przekaźnikowe prawo – lewo, gwiazda/trójkąt, start – stop, i, lub.

Obwód sterowania, napięcia i prądy, przyciski i łączniki, wyłączniki ciśnieniowe, termostaty, blokady i zabezpieczenia.

Obwody sterowania składają się z elektrycznych urządzeń sterujących i elektrycznych elementów wykonawczych. Najprostszym przykładem układu elektrycznego jest układ włączania i wyłączania silnika elektrycznego za pomocą układu przekaźnikowego. Układ ten został przedstawiony na rysunku 1.

Działaniem układu elektrycznego możemy sterować za pomocą przycisków lub przełączników.

Należy zwrócić uwagę na kolory typowych elementów przełączających i ich symbole stosowane na schematach elektrycznych. Przyciski sterujące muszą mieć kolory zgodne z odpowiednimi normami. Załączające są koloru zielonego lub żółtego, wyłączające są zawsze koloru czerwonego. W przypadku wymiany przycisku sterującego lub lampki kontrolnej musi być zachowany kolor taki, jaki był przed wymianą. Ma to duże znaczenie dla bezpieczeństwa obsługi danej maszyny!



UKŁAD STEROWANIA SILNIKIEM INDUKCYJNYM

Rys. 1 Układ sterowania silnikiem indukcyjnym

W skład układu mogą również wchodzić wyłączniki sterowane ruchem organu roboczego maszyny (np. ruchem sań suportu tokarki). Takie łączniki nazywamy łącznikami krańcowymi. Przedstawiono je na rysunku (rys. 2).

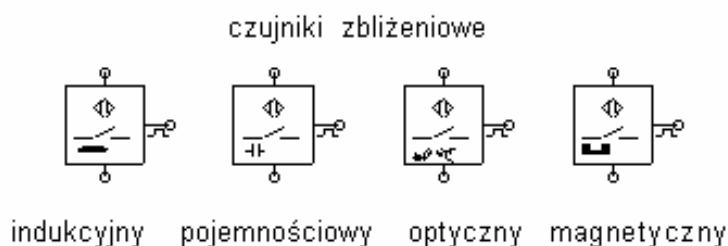


Rys. 2 Wyłącznik krańcowy

W nowoczesnych maszynach i urządzeniach stosowane są łączniki krańcowe bezstykowe. Pozbawione są części ruchomych, a więc ich trwałość jest bardzo duża. W zależności od zastosowania można wyróżnić łączniki:

- indukcyjne – reagują na zbliżenie metalowego przedmiotu,
- pojemnościowe – reagują na zbliżenie cieczy, przedmiotów szklanych, z tworzyw sztucznych, drewna, metali,
- optoelektroniczne – działają na zasadzie przerywania wiązki promieniowania podczerwonego, lub wiązki z diody laserowej o kolorze czerwonym,
- magnetyczny – reagują na zbliżenie magnesu.

Symbole graficzne tych łączników przedstawiono na rysunku. (rys.3)



Rys. 3 Symbole łączników bezstykowych

Elementem wykonawczym w układzie sterowania jest przekaźnik lub stycznik. Ich widok przedstawia rysunek (rys.4, 5, 6)



Rys. 4 Stycznik elektromechaniczny



Rys. 5 Stycznik elektroniczny



Rys. 6 Przełącznik elektroniczny

Czasami stosowane są przełączniki czasowe elektroniczne. Ich widok przedstawia rysunek (rys.7).

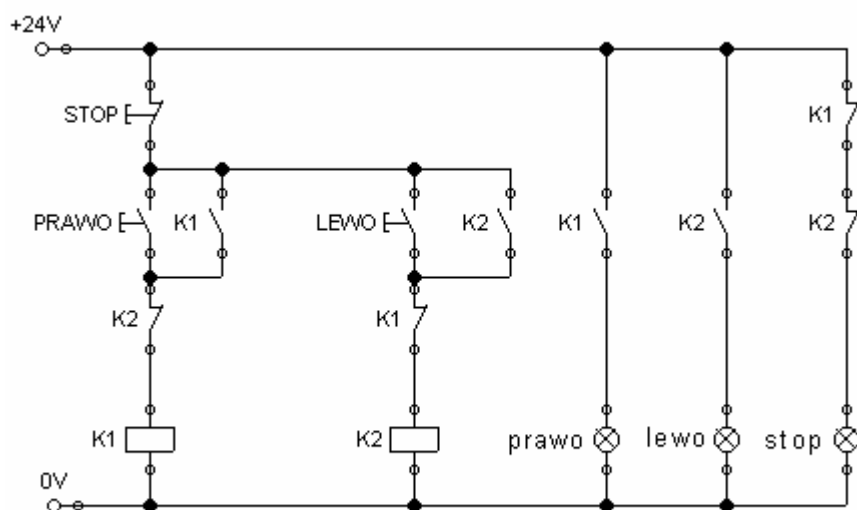


Rys.7 Przełącznik czasowy

Inne symbole graficzne elementów, zespołów i urządzeń przełączających zostały przedstawione w normie PN – 79/E-01211.

Schematy stykowych układów sterowania elektrycznego można rysować w różny sposób. Rozróżniamy schematy:

- całościowe (rys. 1) – kompletny układ sterowania
- schematy w postaci rozłożonej (rys 8) – każdy element ma swoją „gałąź” pionową, zasilanie układu tworzą „gałęzie” poziome, obwód pomocniczy i główny, a także układy o różnym napięciu mają odrębne schematy
- schematy okablowania – przedstawiają plan połączenia poszczególnych podzespołów urządzenia.

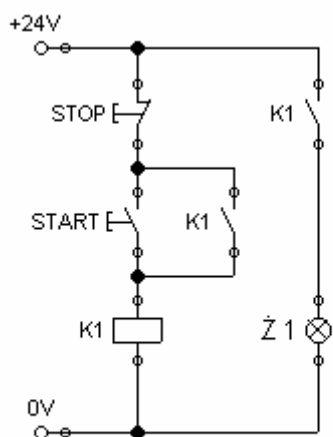


Układ sterowania prawo - lewo

Rys. 8 Układ sterowania w postaci rozłożonej

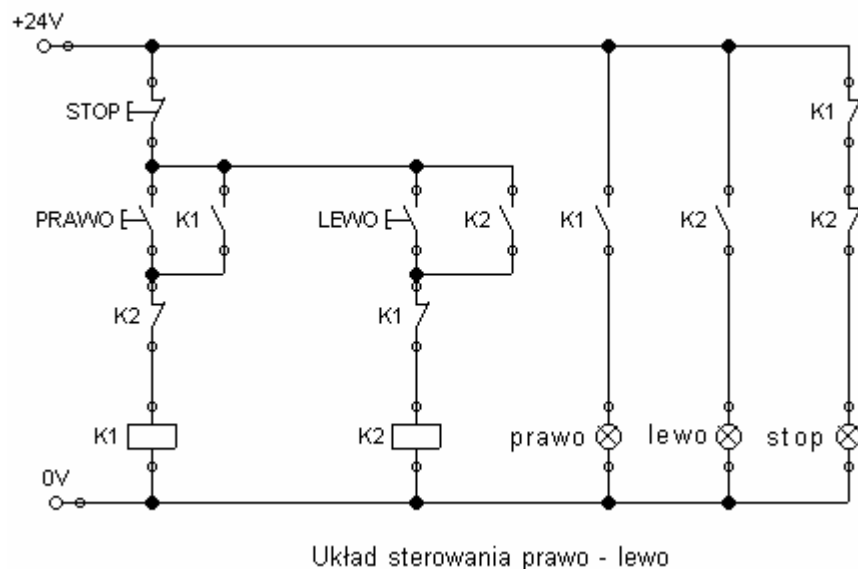
W praktyce stosowane są następujące typowe układy sterowania elektrycznego:

- układ z samopodtrzymaniem – stosowany do włączania i wyłączania elementu wykonawczego za pomocą przycisków „start” i „stop” (rys.9)
- układ przełączania kierunku obrotów silnika elektrycznego trójfazowego (rys.10)
- układ zmiany konfiguracji połączenia uzwojeń silnika – tzw. przełącznik gwiazda – trójkąt (rys.11)

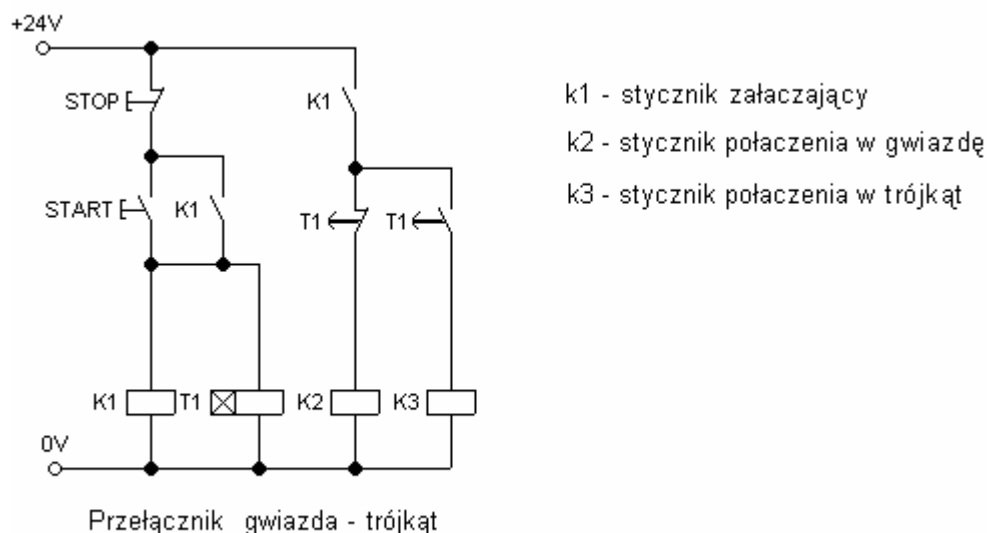


Układ z samopodtrzymaniem

Rys. 9 Układ z samopodtrzymaniem



Rys. 10 Układ sterowania prawo - lewo



Rys. 11 przełącznik gwiazda - trójkąt

Obwody główne, a więc instalacje zasilające silniki i inne urządzenia, które są z reguły zasilane napięciem przemiennym 3 x 400/230 V AC muszą być wykonane w sposób zapewniający bezpieczeństwo użytkownika. Izolacja przewodów musi być zgodna z wymaganiami, w szczególności wysokie napięcie występujące w obwodzie głównym nie może wystąpić w obwodzie sterowania, najczęściej zasilanym napięciem 24 V DC, bezpiecznym dla obsługi. Występują jednak także obwody sterowania zasilane napięciem 230 V oraz 400 V. Należy zwrócić na to uwagę podczas wykonywania czynności obsługowych i naprawczych.

Badanie rezystancji izolacji

W czasie okresowego przeglądu instalacji elektrycznej maszyny lub urządzenia należy wykonać pomiar rezystancji izolacji, aby upewnić się, że jej stan jest prawidłowy. Po naprawie urządzenia elektrycznego, jak również w czasie przeglądu okresowego konieczne jest sprawdzenie rezystancji izolacji urządzenia. badanie rezystancji wykonuje się w różnych

układach pomiarowych w zależności od rodzaju instalacji (jedno, trójfazowa i rodzaju urządzenia).

Rezystancja izolacji to rezystancja pomiędzy częściami roboczymi, będącymi pod napięciem i obudową urządzenia. W czasie pomiaru wszystkie łączniki muszą być załączone. Pomiar wykonuje się przyrządem o napięciu stałym o wartości 500V. Rezystancja izolacji dla odbiorników wykonanych w I klasie izolacji powinna wynosić co najmniej 1 MΩ. Elektryczne urządzenia grzewcze o mocy do 3,5 kW wymagają izolacji o rezystancji większej niż 0,3 MΩ. Przy mocach większych od 3,5 kW należy mierzyć prąd upływu. Nie powinien on w tym wypadku przekraczać wartości 1 mA/kW.

Układ sterowania powinien być poddawany okresowym przeglądom, podczas których należy zwrócić uwagę na:

- zamocowanie elementów, aby ich ruchomość nie powodowała przetarc izolacji, zwarć itp.,
- stan elementów, zwracając szczególną uwagę na ewentualne uszkodzenia mechaniczne nadpalenia itp.

Lokalizacja uszkodzeń w instalacjach i przyrządach elektrycznych

Proces usuwania usterek jest wieloetapowy. Przystępując do usuwania usterki należy wykonać badanie przez oględziny. Następnie sprawdzamy, czy układ nie został przez nieuprawnioną osobę „naprawiany”. Badamy objawy niesprawności i analizując schemat staramy się umiejscowić uszkodzenie. Niezbędnych pomiarów dokonujemy miernikiem uniwersalnym. Podczas prac stosujemy następujące zasady:

- po naprawie nie może wystąpić jakiegokolwiek zagrożenie dla użytkownika. Wszystkie parametry powinny być zgodne z dokumentacją, wszystkie osłony zamontowane,
- używać tylko oryginalnych części zamiennych lub odpowiedników z atestami i znakami bezpieczeństwa,
- nie dokonywać żadnych przeróbek „usprawniających” działanie urządzenia. Mogą być one przyczyną zagrożeń zdrowia i życia dla ludzi!
- przeprowadzenie naprawy powinno być udokumentowane w odpowiednim dzienniku napraw lub protokołem napraw. W przypadku napraw u użytkownika zlecającego naprawę często taką rolę pełni szczegółowa faktura, w której opisane są szczegóły przeprowadzonej naprawy,
- w przypadku niemożności dokonania pełnej naprawy i przywrócenia pełnej sprawności naprawianego urządzenia fakt ten musi być bezwzględnie odnotowany w dokumencie naprawy,
- zwracać szczególną uwagę na ciągłość przewodu ochronnego w instalacjach elektrycznych. Ma to decydujący wpływ na bezpieczeństwo ich użytkowania i pewność działania wyłączników różnicowoprądowych,
- wymieniając uszkodzone urządzenia i osprzęt elektryczny należy zwrócić szczególną uwagę na stopnie ochrony obudów urządzeń elektrycznych (IP). Montowany osprzęt musi mieć co najmniej taki stopień IP, jak zdemontowany.

Uszkodzenia w instalacjach, urządzeniach i przyrządach elektrycznych mogą być niebezpieczne dla użytkownika. W wyniku uszkodzenia układ z założenia przestaje działać poprawnie. Konstrukcja układu powinna być taka, aby układ w przypadku uszkodzenia nie działał wcale, lub aby mimo uszkodzenia zachowane były funkcje mające wpływ na bezpieczeństwo użytkowania. Najczęściej w układach zdarzają się przerwy w okablowaniu, uszkodzenia cewek przekładników i styczników, zwarcia oraz uszkodzenia poszczególnych części i podzespołów.

Przerwy w przewodach sprawdzamy za pomocą miernika uniwersalnego. Najczęściej posługujemy się przy tym metodą śledzenia napięcia. Kolejno, począwszy od zasilania sprawdzamy obecność napięcia w poszczególnych punktach pomiarowych zbliżając się do

odbiornika, na którym napięcia nie ma. W razie potrzeby można dodatkowo używając miernika jako omomierza sprawdzić (po wyłączeniu napięcia zasilającego!). Mierząc rezystancje poszczególnych odcinków przewodów szybko znajdziemy przerwę w obwodzie. Podobnie poszukujemy miejsca zwarcia. Po wyłączeniu napięcia i odłączeniu odbiorników sprawdzamy poszczególne odcinki instalacji, poszukując miejsca, gdzie rezystancja pomiędzy przewodami zasilającymi będzie zbyt mała. Dużą rolę odgrywa tu doświadczenie, ponieważ usterki są zwykle typowe i powtarzalne. Zawsze konieczny jest schemat danej instalacji/urządzenia i znajomość jego zasady działania. Naprawę dokumentujemy w dokumentacji maszyny. Procedury zakładowe określają sposób dokumentowania naprawy na przeznaczonych do tego celu specjalnych arkuszach.

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co nazywamy naprawą urządzenia elektrycznego?
2. Co nazywamy konserwacją urządzenia elektrycznego?
3. Z jakich elementów składa się układ sterowania?
4. Co to są elementy sterujące i wykonawcze?
5. Jaka rezystancja izolacji musi mieć naprawione urządzenie?
6. Wymień czynności, jakie należy wykonać po naprawie urządzenia?
7. W jakim celu wykonujemy oględziny naprawianego urządzenia?
8. Według jakich zasad dobieramy części zamienne do przeprowadzenia naprawy?
9. Jak dokumentujemy przeprowadzoną naprawę?
10. Jakie uszkodzenia mogą wystąpić w urządzeniach elektrycznych?
11. Jakich narzędzi i przyrządów używamy do poszukiwania uszkodzeń?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Znalezienie usterki w zmontowanym układzie sterowania, załączeniem silnika trójfazowego klatkowego za pomocą przycisków sterujących „załłącz” i „wyłącz”. Układ jest zamontowany na płycie, odłączony od napięcia. Uszkodzenie należy odszukać poprzez oględziny i pomiary miernikiem uniwersalnym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 2

Wykonanie na płycie, na której jest już wykonany obwód główny zasilania silnika obwodu sterowania z przyciskami „załącz” i „wyłącz”.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnicza rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 3

Wykonanie pomiaru rezystancji izolacji za pomocą odpowiedniego miernika układu z ćwiczenia 2. Należy sporządzić dodatkowo protokół pomiaru.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnicza rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 4

Wykonanie konserwacji układu poprzez oczyszczenie, sprawdzenie pewności dokręcenia zacisków, właściwego ułożenia przewodów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

- Wypożyczenie stanowiska pracy:
- rozdzielnicza rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
 - narzędzia monterskie,
 - próbnik napięcia,
 - miernik uniwersalny,
 - dywaniki dielektryczne.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) Wymienić czynności wykonywane podczas konserwacji urządzenia?	☐	☐
2) Wymienić czynności wykonywane podczas naprawy urządzenia?	☐	☐
3) Wymienić elementy składowe układu sterowania silnikiem?	☐	☐
4) Wymienić rodzaje schematów układów sterowania?	☐	☐
5) Wymienić dokumenty wypełniane podczas naprawy?	☐	☐
6) Wymienić kryteria doboru części zamiennych?	☐	☐
7) Wymienić typowe uszkodzenia układów elektrycznych?	☐	☐
8) Rozróżnić i scharakteryzować czynności wykonywane podczas konserwacji urządzenia	☐	☐
9) Rozróżnić i scharakteryzować czynności wykonywane podczas naprawy urządzenia	☐	☐
10) Rozróżnić i scharakteryzować elementy składowe układu sterowania silnikiem	☐	☐
11) Rozróżnić i scharakteryzować rodzaje schematów układów sterowania	☐	☐
12) Rozróżnić i scharakteryzować dokumenty wypełniane podczas naprawy	☐	☐
13) Rozróżnić i scharakteryzować kryteria doboru części zamiennych	☐	☐
14) Rozróżnić i scharakteryzować typowe uszkodzenia układów elektrycznych	☐	☐

4.4. Eksploatacja instalacji pneumatycznych i hydraulicznych

4.4.1. Materiał nauczania

Przez instalację pneumatyczną rozumiemy przewody rozprowadzające sprężone powietrze po terenie zakładu pracy. Duże zakłady pracy są wyposażone w centralne sprężarki, które wytwarzają sprężone powietrze dla potrzeb całego zakładu. Powietrze po opuszczeniu sprężarki podlega procesowi osuszenia, odolejenia, a czasami odwrotnie – nasycenia olejem. Związane jest to z rodzajem odbiorników powietrza i rodzajem materiału, z którego wykonana jest instalacja. Dawniej była to z reguły instalacja stalowa i nasycanie powietrza olejem miało na celu wyeliminowanie korozji wewnętrznej instalacji. Korozja w układzie jest bardzo szkodliwa, ponieważ jej produkty podążając ze strumieniem powietrza dostają się do precyzyjnych mechanizmów, rozdzielaczy, siłowników uszkadzając je. Aktualnie instalacje wykonuje się z materiałów niepodlegających korozji: stali kwasoodpornej, miedzi, tworzywa sztucznego. Naolejanie powietrza w tym kontekście już jest niepotrzebne. Również odbiorniki powietrza nie wymagają oleju, ponieważ są z reguły wyposażone w teflonowe powierzchnie ślizgowe nie wymagające smarowania, lub posiadają własne systemy smarowania (narzędzia ręczne – pneumatyczne: wiertarki, szlifierki itp.) Do pewnych zastosowań (lakiernictwo pojazdów) olej musi być bardzo dokładnie wyeliminowany z powietrza. Wyeliminowaniu podlega też wilgoć. Powietrze jest więc suche, przefiltrowane, odolejone. Płynie instalacją wykonaną z materiału odpornego na korozję. Instalacja jest zgodnie z normami wyposażona w specjalne złącza do podłączania poszczególnych odbiorników uniemożliwiające wniknięcie zanieczyszczeń do wnętrza instalacji.

Obsługa techniczna instalacji polega na:

- 1) konserwacji sprężarki,
- 2) konserwacji zbiornika,
- 3) sprawdzaniu urządzeń pomiarowych i zaworów bezpieczeństwa,
- 4) wymianie filtrów,
- 5) obsłudze urządzenia osuszającego,
- 6) obsłudze smarownicy powietrza,
- 7) obsłudze urządzenia nasycającego powietrze parami spirytusu.

ad.1) Sprężarki podlegają okresowym przeglądom i remontom zgodnie z wymaganiami określonymi w dokumentacji eksploatacji dostarczonej przez producenta. Dla sprężarek, jak dla wszystkich maszyn prowadzi się książkę eksploatacji zgodnie z obowiązującymi przepisami o eksploatacji. Zwykle konieczne jest okresowe kontrolowanie i ewentualne uzupełnianie oleju w korpusach tych maszyn. Stosowany do tej czynności olej musi odpowiadać wymaganiom określonym w dokumentacji producenta sprzętu. Są to najczęściej oleje sprężarkowe odpowiedniego rodzaju. Oleje te mają określony okres pracy, po upływie którego należy je wymienić.

ad.2) Zbiorniki sprężonego powietrza podlegają dozorowi prowadzonemu przez Urząd Dozoru Technicznego. Kontrole te odbywają się okresowo. Za stan techniczny zbiorników odpowiedzialny jest użytkownik lub właściciel. Zobowiązany jest on wypełniać zalecenia pokontrolne UDT. Zbiornik musi mieć prowadzoną przez użytkownika dokumentację eksploatacji. UDT zwraca szczególną uwagę na pochodzenia zbiornika (atestowana konstrukcja, wykonanie i materiał), stan techniczny (brak korozji, powłoka malarska), użytkowanie zgodnie z przeznaczeniem. Do eksploatacji zbiornika konieczne jest posiadanie uprawnień.

- ad.3)** Kontroli podlegają również zawory bezpieczeństwa. Najczęściej wymagane jest okresowe ich ręczne uruchomienie. Stosowane w instalacji pneumatycznej manometry i inne mierniki ciśnienia wymagają okresowego sprawdzania prawidłowości wskazań przez uprawnioną instytucję kontrolującą.
- ad.4)** Czynnością konserwacyjną jest okresowe czyszczenie, bądź wymiana filtrów powietrza stosowanych po stronie ssącej sprężarki i także po stronie tłoczącej. Filtry te wyłapują zanieczyszczenia stałe, jak również ciecze. Odstojniki tych filtrów wymagają okresowego wypuszczania kondensatu. Czynności te podobnie jak inne czynności w procesie eksploatacji maszyn i urządzeń wykonujemy z częstotliwością określoną w dokumentacji urządzenia.
- ad.5)** Sprężone powietrze powinno być pozbawione wilgoci. W każdym zastosowaniu wilgoć (woda) w powietrzu powoduje zaburzenia w pracy układu, stwarza możliwość zamarznięcia ważnych podzespołów w okresie zimowym (układy hamulcowe w samochodach ciężarowych, autobusach i kolejnictwie), lub powoduje zaburzenia w procesie technologicznym prowadzonym z wykorzystaniem sprężonego powietrza (malowanie natryskowe).

Wilgoć usunąć można zasadniczo dwoma sposobami:

- przez związanie chemiczne (stosowanie w układzie kaset ze związkami chemicznymi wiążącymi wodę),
- przez zamrażanie lub silne oziębianie sprężonego powietrza poniżej punktu rosy.

Urządzenia te wymagają okresowej obsługi. W przypadku osuszaczy chemicznych jest to zwykle okresowa wymiana zasobników ze środkami chemicznymi, w przypadku osuszania przez oziębianie wykonuje się czynność wypuszczania kondensatu z układu. Czynność ta niekiedy jest zautomatyzowana w nowoczesnych rozwiązaniach technologicznych. Wszystkie czynności konserwacyjne powinny być zawsze odnotowane w dokumentacji danego urządzenia. Działy utrzymania ruchu zakładów przemysłowych stosują zwykle w tym zakresie odpowiednie procedury eksploatacyjne.

ad.6) Smarownica powietrza poza okresowym uzupełnianiem poziomu oleju nie wymaga żadnej konserwacji. Należy zwrócić tylko uwagę aby dolewany olej był zgodny z określonym w dokumentacji. Należy też sprawdzać, czy poziom oleju podczas eksploatacji obniża się, świadczy to o poprawnej pracy urządzenia.

ad.7) Niektóre instalacje pneumatyczne dodatkowo posiadają urządzenie nasycające powietrze parami spirytusu (denaturatu). Zastępuje się w ten sposób parę wodną, wrażliwą na niską temperaturę, parami spirytusu, które nie zamarzają w niskich temperaturach. Zapobiega to tworzeniu się szronu na wewnętrznych powierzchniach układu i wadliwemu działaniu wskutek tego osprzętu, zaworów, regulatorów itp. Powszechnie stosuje się tą metodę w pojazdach mechanicznych posiadających instalacje pneumatyczne (autobusy, samochody ciężarowe) i przemysłowych instalacjach prowadzonych po wolnym powietrzu.

Centralnych instalacji hydraulicznych nie stosuje się. Poszczególne maszyny i urządzenia technologiczne posiadają własne agregaty hydrauliczne (agregat hydrauliczny składa się ze zbiornika, pompy, układu regulującego ciśnienie i układów zabezpieczających). Szczegóły, dotyczące obsługi lokalnych instalacji hydraulicznych podano w rozdziale 4.6.

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakich czynności obsługowych wymaga sprężarka?
2. Jakich czynności obsługowych wymagają filtry?
3. Jakich czynności obsługowych wymaga układ osuszania powietrza?

4. Jak dokumentujemy czynności obsługowe?
5. Jakie czynności obsługowe należy wykonać przy zbiorniku sprężonego powietrza i pod czyim nadzorem?
6. Kto sprawdza manometry i inne urządzenia pomiarowe?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zaprogramowanie planu usług technicznych i konserwacji na podstawie dokumentacji techniczno–ruchowej sprężarki.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 2

Wykonanie wykazu materiałów i narzędzi do ćwiczenia 1. Służy do nauki planowania zużycia materiałów i narzędzi przez działy utrzymania ruchu w zakładach.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 3

Określenie na podstawie przepisów o eksploatacji uprawnień, jakie są wymagane do obsługi sprężarki wraz z podaniem instytucji, która je nadaje i warunków, jakie trzeba spełnić, aby je otrzymać.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 4

Opisanie na podstawie dokumentacji osuszacza, czynności usuwania kondensatu ze zbiornika. Jednocześnie konieczne jest podanie i opisanie zasady pracy takiego osuszacza.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) Wymienić podstawowe cechy układu pneumatycznego?	☐	☐
2) Wymienić sposoby przygotowania sprężonego powietrza?	☐	☐
3) Wymienić czynności obsługowe sprężarki?	☐	☐
4) Wymienić czynności obsługowe zbiornika powietrza?	☐	☐
5) Wymienić czynności obsługowe filtrów?	☐	☐
6) Wymienić podstawowe typy sprężarek?	☐	☐
7) Wymienić wielkość ciśnienia powietrza w układach pneumatycznych?	☐	☐
8) Rozróżnić i scharakteryzować czynności obsługowe układu osuszania?	☐	☐
9) Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe cechy układu pneumatycznego?	☐	☐

- | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 10) Rozróżnić i scharakteryzować sposoby przygotowania sprężonego powietrza? | ☐ | ☐ |
| 11) Rozróżnić i scharakteryzować czynności obsługowe sprężarki? | ☐ | ☐ |
| 12) Rozróżnić i scharakteryzować czynności obsługowe zbiornika powietrza? | ☐ | ☐ |
| 13) Rozróżnić i scharakteryzować czynności obsługowe filtrów? | ☐ | ☐ |
| 14) Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe typy sprężarek? | ☐ | ☐ |
| 15) Rozróżnić i scharakteryzować wielkość ciśnienia powietrza w układach pneumatycznych? | ☐ | ☐ |
| 16) Rozróżnić i scharakteryzować czynności obsługowe układu osuszania? | ☐ | ☐ |

4.5. Montaż i obsługa techniczna elementów i układów sterowania pneumatycznego i elektropneumatycznego

4.4.1. Materiał nauczania

Układy pneumatyczne mają szerokie zastosowanie w technice i życiu codziennym. Siłownikami pneumatycznymi otwierane i zamykane są drzwi w autobusach i pociągach, większość procesów montażu w przemyśle, także w przemyśle spożywczym odbywa się z udziałem układów pneumatycznych. Pakowanie wszelkich produktów: soków, serków, jogurtów jest wykonywane automatycznie za pomocą organów roboczych poruszanych siłownikami pneumatycznymi. Sterowanie procesem w ciągu wielu lat przeszło od typowo mechanicznego sterowania i wtedy znakomitą większość stanowiły układy pneumatyczne, po współczesne sterowanie elektryczne z udziałem techniki cyfrowej (cyfrowe „wyspy zaworowe”) zwane układami elektropneumatycznymi. Do układów sterowania wchodzi sterowniki programowalne (PLC), które wyparły wszelkie inne układy logiczne (np. przekątnikowe). Połączenia pneumatyczne, dawniej bardzo rozbudowane zostały zredukowane do połączeń wykonawczych. Są to więc połączenia relacji: sprężarka – zespół przygotowania powietrza - rozdzielacz elektropneumatyczny – siłownik. Powszechnie dawniej spotykane pneumatyczne elementy manipulacyjne (przyciski, przełączniki), elementy sterujące (wyłączniki krańcowe), czasowe przekątniki pneumatyczne i pneumatyczne elementy logiczne zostały praktycznie zastąpione elementami elektrycznymi i elektronicznymi, często komunikującymi się za pomocą techniki cyfrowej.

Podstawą niezawodności funkcjonowania układów pneumatycznych, podobnie jak układów hydraulicznych jest czystość. Czystość jest obowiązująca przy montażu, naprawach, i przeglądach. Czyste musi być powietrze, jakie zostaje zassane przez sprężarkę. Obowiązują tu procedury eksploatacyjne, opisujące, w jakich odstępach czasowych, bądź po jakiej ilości godzin pracy zespoły filtrujące muszą być oczyszczone i (lub) wymienione.

Wykonywane czynności

Czynności wykonywane podczas eksploatacji można podzielić na:

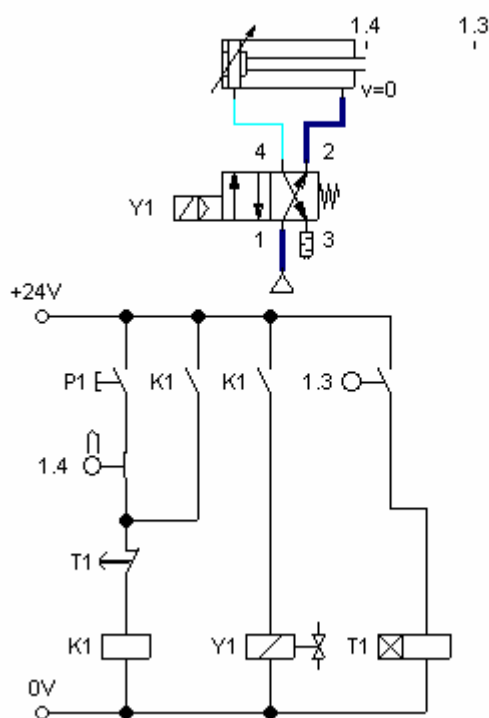
- montaż,
- wyszukiwanie i usuwanie usterek,

- konserwacja,
- naprawa wskutek zużycia części i podzespołów.

Montaż

Układy sterowania pneumatycznego montujemy według schematu. Przykładowy schemat przedstawiono na rysunku. (rys 1). Jest to układ elektropneumatyczny, który działa w następujący sposób:

Chwilowe naciśnięcie przycisku P1, jeżeli siłownik będzie w pozycji spoczynkowej 1.4, spowoduje zadziałanie przełącznika K1. Styki tego przełącznika zamkną obwód samopodtrzymania i obwód cewki rozdzielacza Y1. Rozdzielacz spowoduje wysunięcie się tłoczyska siłownika do pozycji 1.3. Styki wyłącznika 1.3 zostaną zwarte. Zostanie uruchomiony przełącznik czasowy T1. Po upływie zadanego czasu nastąpi rozwarcie styku T1. Przerwie on obwód samopodtrzymania, nastąpi zanik napięcia w cewce przełącznika i cewce rozdzielacza Y1. Siłownik wróci do pozycji początkowej. Napięcie na przełączniku czasowym T1 zaniknie po rozwarciu styków wyłącznika krańcowego 1.3



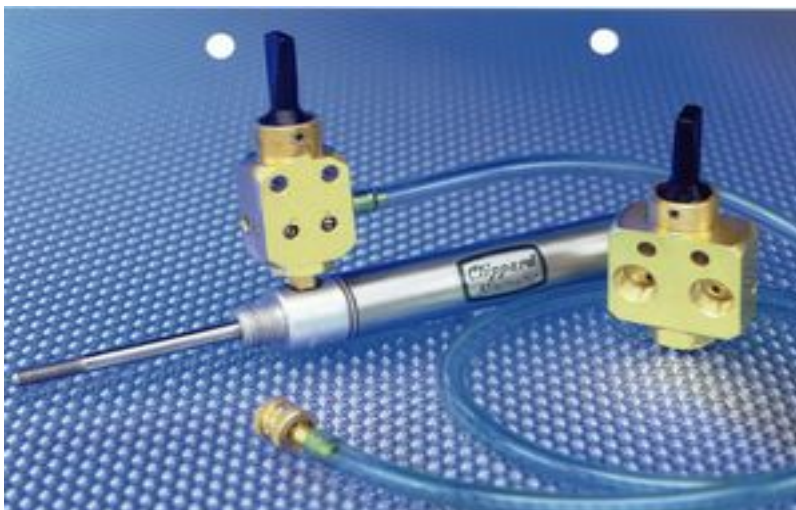
Rys. 1. Układ elektropneumatyki

Możliwy jest montaż bez dokładnej znajomości funkcjonowania układu i poszczególnych jego podzespołów. Konieczna do tej czynności jest jednak znajomość stosowanej symboliki i kojarzenie symboli z rzeczywistym wyglądem elementów i podzespołów. Ponieważ wygląd zewnętrzny wielu podzespołów, w szczególności rozdzielaczy jest podobny lub identyczny, mają one na korpusie naniesione odpowiednie oznaczenia umożliwiające właściwy montaż. Należy pamiętać, że trudno jest po montażu sprawdzić wszystkie funkcje układu, szczególnie przy dużych instalacjach przemysłowych. Sprawdzenie takie jest możliwe tylko przy zastosowaniu procedur testujących, jakie posiadają nowoczesne układy sterowania, oparte na technice sterowania programowalnego, czy przemysłowych systemach komputerowych.

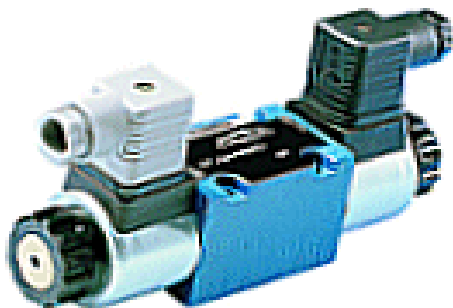
Proces montażu podzielić można na następujące etapy:

- 1) montaż elementów sterujących i wykonawczych na płycie lub rozproszonych w obrębie całego urządzenia/maszyny,
- 2) montaż (ew.) sterownika programowalnego (PLC), lub komputera sterującego,
- 3) montaż połączeń sieci sterownikowej (układy pracujące w sieci),
- 4) połączenie elementów przewodami pneumatycznymi,
- 5) połączenie elementów przewodami elektrycznymi,
- 6) uruchomienie układu i regulacja jego parametrów,
- 7) przekazanie układu do eksploatacji.

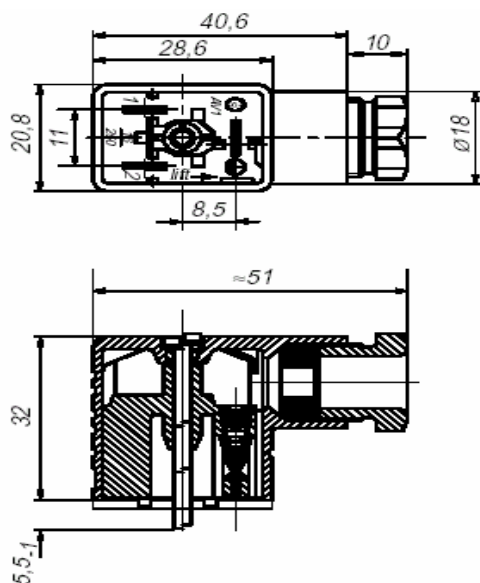
ad. 1) Współczesne elementy pneumatyczne sterujące (wyłączniki krańcowe, czujniki i przetworniki ciśnienia i przepływu, czujniki bezstykowe położenia tłoka w cylindrze siłownika, przyciski sterujące i inne) są łatwe do montażu. Wyposażone są z reguły w złącza pneumatyczne lub elektryczne do szybkiego montażu. Przewody pneumatyczne są wykonane z tworzywa sztucznego, często w kilku kolorach dla ułatwienia montażu. Przewody elektryczne do czujników wyposażone są w odpowiednie wtyki. Widok współczesnych elementów pneumatycznych przedstawia rys. 2, 3, 4,



Rys. 2. Siłownik pneumatyczny z elementami przyłączeniowymi



Rys. 3. Rozdzielacz elektropneumatyczny z dwoma cewkami



Rys. 4. Wtyk do rozdzielaczy sterowanych elektrycznie

ad. 2) Współczesne układy sterowania opierają się na technice sterowania programowalnego. Układy o logice opartej na przekaźnikach, programatorach krzywkowych, logicznych elementach pneumatycznych i innych zostały zastąpione sterownikami PLC. Montaż sterownika PLC należy prowadzić dokładnie według dokumentacji. Omyłkowe podłączenie zacisków, zwykle niegroźne dla innych elementów, jest niszczące dla sterownika. Dodatkowo należy zwrócić szczególną uwagę na podłączenie przewodów zasilających: L1, N, PE. Sterowniki wymagają podłączenia ich dokładnie według instrukcji. Nawet pomylenie przy montażu L1 z N może być niszczące dla sterownika.



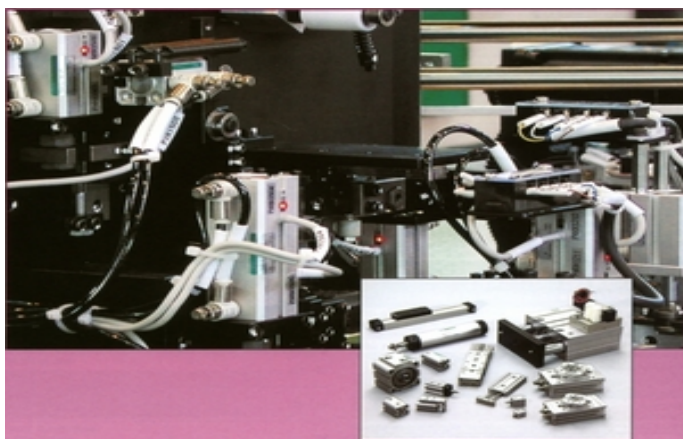
Rys. 5. Sterownik PLC

Po uruchomieniu układu do sterownika przesyła się program sterujący poprzez sieć stosowaną w automatyce (ASI – BUS, PROFIBUS, UNITELWAY i inne), sieć LAN komputerową, lub przez podłączenie lokalnego komputera kablem RS 232, RS 485 lub USB. Często na obiektach montuje się też komputery sterujące procesem, wyposażone w dotykowe panele operatorskie. Bardzo często pulpit operatora posiada wbudowany sterownik PLC lub komputer. Wszystkie przełączniki, przyciski, lampki kontrolne i wyświetlacze są już zamontowane i podłączone. Pozostaje tylko podłączyć zasilanie i elementy wykonawcze.

ad.3) Sieć sterownikową wykonujemy podobnie jak sieć komputerową. Podobne są także w większości przypadków przewody sieciowe – jest to zwykle skrętka odpowiedniej kategorii, jak również osprzęt sieciowy. Producenci stosują jednak w poszczególnych rozwiązaniach także specjalistyczne podzespoły i elementy, wskutek czego konieczne jest posługiwanie się w zakresie doboru typu i rodzaju sieci, jak również zestawienia

zamówienia posługiwanie się dokumentacją. Monter układów pneumatycznych, podobnie jak inni monterzy powinien posiadać nawyk korzystania podczas montażu z dokumentacji technicznej. Wiąże się to z koniecznością nauki rysunku technicznego w odpowiednim zakresie i znajomością stosowanej symboliki zapisu graficznego.

- ad. 4)** Połączenie przewodami pneumatycznymi jest w stosowanych elementach łatwe do wykonania. Przewód przycina się na zadana długość nożem monterskim lub specjalnym przyrządem i mocuje w złączach szybkomocujących. Odcinki pomiędzy elementami mocuje się do konstrukcji układu taśmami zaciskowymi z tworzywa sztucznego. Ciśnienie mierzy się za pomocą manometrów



Rys. 6. Widok instalacji pneumatycznej



Rys. 7. Manometry

Dostępne są przewody pneumatyczne w kilku kolorach. Ułatwia to montaż instalacji na obiekcie.

- ad. 5)** Elementy są połączone zwykle przewodami w których występuje napięcie sterujące 24 V DC i napięcie zasilające 230 V AC. Instalacje te prowadzi się oddzielnie, zwracając uwagę na właściwą izolację pomiędzy poszczególnymi obwodami. Odpowiednie normy określają rodzaj i kolory przewodów, jakie mogą być użyte do poszczególnych instalacji.

Tabela 1. Kolory przewodów

oznaczenia kolorowe przewodów wg normy PN-EN 60204		
kolor		zastosowanie
czarny		Obwody główne prądu przemiennego i stałego
czerwony		Obwody sterowania w układach prądu przemiennego
niebieski		Obwody sterowania w układach prądu stałego
pomarańczowy		Obwody blokad
jasnoniebieski		przewód neutralny
żółto - zielony		przewód ochronny

ad. 6) Po montażu należy uruchomić układ i dokonać regulacji jego parametrów (ciśnienia, prędkości organów roboczych, położenie wyłączników krańcowych, tłumienie końcowych odcinków ruchu tłoka itd.). Wykonane czynności regulacyjne należy wpisać do karty eksploatacji układu/urządzenia/ maszyny. Poszczególne firmy stosują określone wzory dokumentacji eksploatacji urządzeń. Różne są też rozwiązania organizacyjne. W wielu zakładach przemysłowych każda maszyna (urządzenie technologiczne) ma swojego „opiekuna”, który prowadzi procesy konserwacji, naprawy, modernizacji i przeglądów. Współpracuje w tym zakresie z innymi pracownikami działu utrzymania ruchu. Opiekun prowadzi całą dokumentację dotyczącą danej maszyny. Na maszynie znajduje się informacja, kto jest opiekunem, z podaniem nazwiska, imienia i telefonu kontaktowego. Czasami jest także zdjęcie, aby łatwiej można było dana osobą skojarzyć.

ad. 7) Po wykonaniu czynności określonych w punktach 1 – 6 układ należy przekazać do eksploatacji. Zwykle sporządza się protokół przekazania układu.

Diagnozowanie i usuwanie usterek

Podczas naprawy konieczne jest przeanalizowanie działania układu. Podczas analizy schematu elektrycznego i pneumatycznego układu konieczne jest rozróżnienie poszczególnych elementów. W układach ze sterowaniem programowalnym PLC konieczna jest także analiza programu i pracy samego sterownika. Prowadzenie tak rozległej analizy jest trudne i czasochłonne. Zwykle analizuje się oddzielnie sygnały wejściowe dla sterownika wytwarzane przez czujniki (sensory) i elementy manipulacyjne (przyciski, przełączniki), następnie działanie samego sterownika i w końcu funkcjonowanie elementów wykonawczych (aktorów). W przypadku skomplikowanych układów sterowania i/lub skomplikowanych programów w sterowniku analiza działania układu jest niemożliwa. Sterowniki PLC mają zwykle zaprogramowane programy testujące poszczególne sensory i elementy wykonawcze. Tylko korzystając z takiego programu można za pomocą procedur testujących i diagnozujących odnaleźć przyczynę niesprawności układu. Niekiedy konieczne jest dodatkowo podłączenie do sterownika komputera przenośnego (notebooka), lub prowadzenie diagnozy za pomocą systemu nadrzędnego.

Umiejętnością przydatną do analizy działania układów pneumatycznych, jest umiejętność czytania schematów układu. Osoba diagnozująca usterkę i naprawiająca układ musi posiadać tę umiejętność. Tylko analiza działania układu w oparciu o schemat umożliwia przeprowadzenie naprawy przywracającej wszystkie funkcje układu. Bez schematu można sprawdzić tylko oczywiste uszkodzenia w niewielkim układzie, np. sprawdzić cewki rozdzielaczy elektropneumatycznych i po znalezieniu uszkodzonej wymienić ją. W innym przypadku poszukiwanie uszkodzenia jest utrudnione i często bezskuteczne. Wielu mechaników AKP wykonuje w takich przypadkach przypadkową przeróbkę, czyli naprawę pozorną. Naprawa pozorna, w której kryterium wykonania stanowi chwilowe działanie układu, na pozór prawidłowe, prowadzone bez analizy jego funkcjonowania może stać się

przyczyną poważnej awarii (układy hamulcowe w pojazdach!) i stanowić zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi. Wykonujący taką „naprawę” najczęściej nie ma wyobrażenia o większości funkcji układu, interesuje go tylko chwilowe działania w zakresie jednej funkcji. Gdy układ powinien wykonać inną funkcję, nie wykonuje jej prawidłowo. Jest to źródłem wielkich strat materialnych i zagrożeniem dla często wielkiej ilości ludzi w przypadku kiedy dotyczy, np. sterowania procesami chemicznymi, czy ruchem elektrowni choćby tylko opalanej węglem.

Oprócz umiejętności czytania schematu konieczna jest znajomość przepisów bhp oraz umiejętność posługiwania się narzędziami, staranność, dokładność, nawyk porządkowania miejsca pracy i ciągłego uczenia się.

Przy założeniu właściwej konserwacji i wykonywania okresowych czynności wskazanych w dokumentacji usterki w funkcjonowaniu układu pneumatycznego zdarzają się rzadko. W ich diagnozowaniu i usuwaniu należy stosować następujące zasady:

- przed jakąkolwiek ingerencją w układ należy sprawdzić ciśnienie zasilania układu, dokonać oględzin jego części składowych i dokładnie przeanalizować objawy niesprawności,
- przed poszukiwaniem usterki dokładnie przeanalizować schemat układu, w przypadku jego braku narysować go „z natury”. Naprawa bez znajomości funkcjonowania układu udaje się bardzo rzadko, często zaś prowadzi do powstania dalszych uszkodzeń układu,
- stosować w procesie naprawy tylko analogiczne do uszkodzonych części i podzespoły. Dopuszczalne jest zastosowanie zamiennika, ale spełniającego wszystkie funkcje oryginału. Dobór zamiennika jest często trudny. Firmy produkujące elementy pneumatyczne wydają w tym celu katalogi części zamiennych. Zamawianie elementów, jak i dobór zamiennika można obecnie prowadzić on-line za pomocą Internetu. Upraszcza to i przyspiesza proces naprawy układu,
- nigdy, pod żadnym pozorem nie przerabiać układu! Często uproszczenie układu ułatwia naprawę, ale staje się przyczyną niewłaściwej pracy i trudnych do przewidzenia zagrożeń dla ludzi i sprzętu. Układ pozornie działa prawidłowo, lecz w pewnych okolicznościach jego działanie staje się niebezpieczne! Układ projektowany jest przez zespół inżynierów i nieuprawniona osoba nie może zmieniać jego konstrukcji,
- należy zwrócić szczególną uwagę na napięcie nominalne cewki rozdzielacza pneumatycznego (typowe napięcia to 24 V, 48 V) oraz jego rodzaj (stałe – DC, przemienne – AC). Pomyłkowe zamontowanie innej cewki, może spowodować niepewność jej działania, czasami (zamontowanie cewki na prąd stały zamiast cewki na prąd przemienny) jej przegrzanie i uszkodzenie. Uszkodzeniu w takim przypadku mogą również ulec tranzystory wyjściowe sterownika PLC. Jest to związane z koniecznością kosztownej i długotrwałej naprawy w serwisie producenta.

Konserwacja elementów pneumatyki

Zbiorniki sprężonego powietrza podlegają dozorowi prowadzonemu przez Urząd Dozoru Technicznego. Kontrole te odbywają się okresowo. Za stan techniczny zbiorników odpowiedzialny jest użytkownik lub właściciel.

Elementy pneumatyki podczas pracy wymagają konserwacji. Zakres konserwacji zależy od zastosowanych elementów sterujących i wykonawczych. Współcześnie stosowane podzespoły przeważnie nie wymagają smarowania części ruchomych, jak i zabezpieczenia wewnętrznych powierzchni przewodów przed korozją. Sprężone powietrze może w takich wypadkach być pozbawione mgły olejowej, koniecznej dawniej przy konieczności smarowania układu.

Stosowany w takich przypadkach naolejacz powietrza (smarownica powietrza) wymagał okresowego uzupełniania oleju (wskazanego w dokumentacji) do wymaganego poziomu.

Przy stosowaniu centralnego doprowadzenia sprężonego powietrza, jak również przy stosowaniu sprężarek lokalnych konieczne jest okresowe kontrolowanie i ewentualne uzupełnianie oleju w korpusach tych maszyn. Stosowany do tej czynności olej musi odpowiadać wymaganiom określonym w dokumentacji producenta sprzętu. Są to najczęściej oleje sprężarkowe odpowiedniego rodzaju. Oleje te mają określony okres pracy, po upływie którego należy je wymienić. Wyjątkowo oleje stosowane w małych, stanowiskowych sprężarkach nie wymagają wymiany, lecz jedynie uzupełniania do poziomu.

Kontroli podlegają również zawory bezpieczeństwa. Najczęściej wymagane jest okresowe ich ręczne uruchomienie. Stosowane w układzie pneumatycznym manometry wymagają okresowego sprawdzania prawidłowości wskazań przez uprawnioną instytucję kontrolującą.

Następną czynnością konserwacyjną jest okresowe czyszczenie, bądź wymiana filtrów powietrza stosowanych po stronie ssącej sprężarki i czasami także po stronie tłoczącej. Czynności te podobnie jak inne czynności w procesie eksploatacji maszyn i urządzeń wykonujemy z częstotliwością określoną w dokumentacji urządzenia.

Sprężone powietrze powinno być pozbawione wilgoci. W każdym zastosowaniu wilgoć (woda) w powietrzu powoduje zaburzenia w pracy układu, stwarza możliwość zamarznięcia ważnych podzespołów w okresie zimowym (układy hamulcowe w samochodach ciężarowych, autobusach i kolejnictwie), lub powoduje zaburzenia w procesie technologicznym prowadzonym z wykorzystaniem sprężonego powietrza (malowanie natryskowe). Wilgoć usunąć można zasadniczo dwoma sposobami:

- przez związanie chemiczne (stosowanie w układzie kaset ze związkami chemicznymi wiążącymi wodę),
- przez zamrażanie lub silne oziębianie sprężonego powietrza poniżej punktu rosy.

Urządzenia te wymagają okresowej obsługi. W przypadku osuszaczy chemicznych jest to zwykle okresowa wymiana zasobników ze środkami chemicznymi, w przypadku osuszania przez oziębianie wykonuje się czynność wypuszczania kondensatu z układu. Czynność ta niekiedy jest zautomatyzowana w nowoczesnych rozwiązaniach technologicznych. Wszystkie czynności konserwacyjne powinny być zawsze odnotowane w dokumentacji danego urządzenia. Działy utrzymania ruchu zakładów przemysłowych stosują zwykle w tym zakresie odpowiednie procedury eksploatacyjne.

Typowy układ pneumatyczny ograniczony do jednego urządzenia wymaga okresowego sprawdzenia przewodów elektrycznych i pneumatycznych pod kątem uszkodzeń i przetarć, mogących być przyczyną awarii.

Zużycie części i ich naprawa.

Części układu zużywają się bardzo powoli. Z uwagi na skomplikowaną budowę, obecność we wnętrzu wielu drobnych elementów i konieczność użycia do demontażu specjalistycznych narzędzi i przyrządów – części (elementów) nie naprawia się. Elementy układu mogą się jednak uszkodzić z powodu niewłaściwej eksploatacji. Przy braku w sprężonym powietrzu mgły olejowej, jeżeli taka jest wymagana do elementów wymagających smarowania części ruchomych lub zabezpieczenia przed korozją dochodzić może do zatarcia ruchomych części lub skorodowania wewnętrznej powierzchni elementów układu – z reguły prowadzącego do ich unieruchomienia. Przy zabezpieczeniu właściwych parametrów sprężonego powietrza, nie poddawaniu układu przeciążeniom i uszkodzeniom mechanicznym – układ pracuje wiele lat bezawaryjnie, aż do naturalnego zużycia części. Wymienia się wtedy kompletne podzespoły układu. Częściej jednak wcześniej układ przechodzi modernizację i podzespoły są wymieniane wcześniej niż nastąpi ich naturalne

zużycie. Czasami, szczególnie w bardzo odpowiedzialnych układach – części układu są wymieniane po określonym resursie godzinowym, bez względu na ich stan techniczny.

Producenci elementów pneumatycznych nie dostarczają części zamiennych do podzespołów pneumatycznych. Rozdzielacze, zawory, siłowniki, wyłączniki krańcowe i inne elementy stanowią nienaprawialną całość i w razie awarii, czy zużycia są wymieniane w całości. Wyjątek czasami stanowią uszczelnienia siłowników, które można zamówić osobno. Większość siłowników pneumatycznych jest jednak nierozbieralna i w przypadku uszkodzenia uszczelnień trzeba je wymienić na nowe.

4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie ciśnienie panuje zwykle w układzie pneumatycznym?
2. Jak przygotowuje się sprężone powietrze?
3. Do czego służy zbiornik powietrza?
4. Jakie czynności obsługowe należy wykonywać przy zbiorniku powietrza?
5. Na czym polega okresowy przegląd układu pneumatycznego?
6. Do czego służą rozdzielacze pneumatyczne?
7. Jakie części zamienne do układów pneumatycznych są dostępne?
8. Jaka jest rola sterownika PLC w układzie?
9. Jaka jest technika poszukiwania usterek?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Montaż na stanowisku laboratoryjnym do pneumatyki (np. FESTO) układu według zadanego schematu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 2

Montaż na stanowisku laboratoryjnym do elektropneumatyki (np. FESTO) układu według zadanego schematu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 3

Wyszukanie w układzie zmontowanym na stanowisku laboratoryjnym do elektropneumatyki (np. FESTO) układu usterki w układzie sterowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 4

Wyszukanie w innym układzie zmontowanym na stanowisku laboratoryjnym do elektropneumatyki (np. FESTO) usterki w układzie sterowania elektropneumatycznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,

- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 5

Dobór na podstawie katalogu części zamiennej i podanie symboli składowych do zestawienia zamówienia, jak również wypełnieniu formularza zamówienia na papierze lub komputerze.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) Wymienić podstawowe cechy układu pneumatycznego?	☐	☐
2) Wymienić sposoby przygotowania sprężonego powietrza?	☐	☐
3) Wymienić podstawowe typy rozdzielaczy i zaworów?	☐	☐
4) Wymienić czynności obsługowe układu pneumatycznego?	☐	☐
5) Wymienić czynności kontrolne układu pneumatycznego?	☐	☐
6) Wymienić podstawowe typy sprężarek?	☐	☐
7) Wymienić wielkość ciśnienia powietrza w układach pneumatycznych?	☐	☐
8) Wymienić łączniki i przełączniki w układzie sterowania?	☐	☐
9) Wymienić elementy sterujące i wykonawcze?	☐	☐
10) Wymienić siłowniki pneumatyczne i ich typy?	☐	☐
11) Wymienić elementy regulujące i zabezpieczające?	☐	☐
12) Wymienić silniki pneumatyczne?	☐	☐
13) Wymienić poszczególne typy schematów?	☐	☐
14) Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe cechy układu pneumatycznego?	☐	☐
15) Rozróżnić i scharakteryzować sposoby przygotowania sprężonego powietrza?	☐	☐
16) Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe typy rozdzielaczy i zaworów?	☐	☐
17) Rozróżnić i scharakteryzować czynności obsługowe układu pneumatycznego?	☐	☐

- | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 18) Rozróżnić i scharakteryzować czynności kontrolne układu pneumatycznego? | ☐ | ☐ |
| 19) Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe typy sprężarek? | ☐ | ☐ |
| 20) Rozróżnić i scharakteryzować wielkość ciśnienia powietrza w układach pneumatycznych? | ☐ | ☐ |
| 21) Rozróżnić i scharakteryzować łączniki i przełączniki w układzie sterowania? | ☐ | ☐ |
| 22) Rozróżnić i scharakteryzować elementy sterujące i wykonawcze? | ☐ | ☐ |
| 23) Rozróżnić i scharakteryzować siłowniki pneumatyczne i ich typy? | ☐ | ☐ |
| 24) Rozróżnić i scharakteryzować elementy regulujące i zabezpieczające? | ☐ | ☐ |
| 25) Rozróżnić i scharakteryzować silniki pneumatyczne? | ☐ | ☐ |
| 26) Rozróżnić i scharakteryzować poszczególne typy schematów? | ☐ | ☐ |

4.6 Montaż i obsługa techniczna elementów i układów sterowania hydraulicznego i elektrohydraulicznego

4.6.1. Materiał nauczania

Układy hydrauliczne mają szerokie zastosowanie w technice i życiu codziennym. Siłownikami hydraulicznymi poruszane są powszechnie widziane na ulicach maszyny budowlane: koparki, spycharki, ładowarki. Współczesne dźwigi osobowe (windy) również poruszane są za pomocą siłownika hydraulicznego. Układy hydrauliczne muszą spełniać przy tym wysokie wymagania w zakresie bezpieczeństwa funkcjonowania, szczególnie tam, gdzie zależy od tego bezpieczeństwo ludzi i procesów technologicznych. Wymagania te są określone w odpowiednich normach. Sterowanie procesem w ciągu wielu lat przeszło proces przemian od typowo mechanicznego sterowania i wtedy znakomitą większość stanowiły układy czysto hydrauliczne, po współczesne sterowanie elektryczne z udziałem techniki cyfrowej (cyfrowe „wyspy zaworowe”) zwane układami elektrohydraulicznymi. Do układów sterowania wchodzi sterowniki programowalne (PLC), które wyparły wszelkie inne układy logiczne (np. przekątnikowe). Połączenia hydrauliczne, dawniej bardzo rozbudowane zostały zredukowane do połączeń wykonawczych. Są to więc połączenia relacji: pompa – zespół zaworów regulacyjnych – rozdzielacz elektrohydrauliczny – siłownik. Powszechnie dawniej spotykane hydrauliczne elementy manipulacyjne (przyciski, przełączniki), elementy sterujące (wyłączniki krańcowe), czasowe przekątniki hydrauliczne i hydrauliczne elementy logiczne zostały praktycznie zastąpione elementami elektrycznymi i elektronicznymi, często komunikującymi się za pomocą techniki cyfrowej. Coraz większe zastosowanie mają układy proporcjonalne, w których można bezstopniowo regulować prędkość organów roboczych. Wiąże się to z rozwojem rozdzielaczy proporcjonalnych, opartych na zaawansowanej mechanice precyzyjnej i elektronice.

Wykonywane czynności

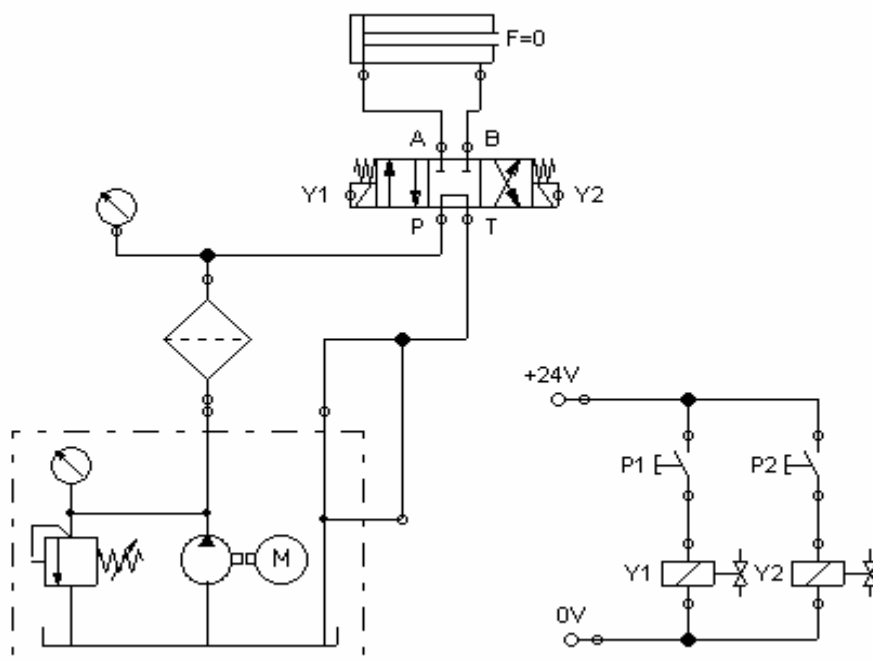
Czynności

wykonywane podczas eksploatacji można podzielić na:

- montaż układu
- wyszukiwanie i usuwanie usterek
- konserwacja układu
- naprawa zużytych części i podzespołów

Montaż układu

Układy sterowania hydraulicznego montujemy według schematu. Przykładowy schemat układu elektrohydraulicznego pokazano na rysunku 1



Rys.1. Układ elektrohydrauliczny

Jest to prosty układ sterowania siłownikiem dwustronnego działania. Zastosowano w nim rozdzielacz elektrohydrauliczny 4/3 ze sprężynami powrotnymi. Sterowania rozdzielaczem dokonuje się za pomocą dwóch przycisków P1 i P2. W pozycji spoczynkowej rozdzielacza olej swobodnie wraca do zbiornika. Układ nie posiada wyłączników krańcowych i lampek kontrolnych.

Możliwy jest montaż bez dokładnej znajomości funkcjonowania układu. Konieczna do tej czynności jest jednak znajomość stosowanej symboliki i kojarzenie symboli z rzeczywistym wyglądem elementów i podzespołów. Ponieważ wygląd zewnętrzny wielu podzespołów, w szczególności rozdzielaczy jest podobny lub identyczny, mają one na korpusie naniesione odpowiednie oznaczenia umożliwiające właściwy montaż

Montaż podzielić można na:

- 1) montaż elementów sterujących i wykonawczych na płycie lub rozproszonych w obrębie całego urządzenia/maszyny,
- 2) montaż (ew.) sterownika programowalnego (PLC) i/lub komputera sterującego,
- 3) połączenie elementów przewodami hydraulicznymi,
- 4) połączenie elementów przewodami elektrycznymi (lub przewodami sieci cyfrowej),
- 5) uruchomienie układu i regulacja jego parametrów,
- 6) przekazanie układu do eksploatacji.

ad. 1) Współczesne elementy hydrauliczne sterujące (wyłączniki krańcowe, czujniki i przetworniki ciśnienia i przepływu, czujniki bezstykowe położenia tłoka w cylindrze siłownika, przyciski sterujące i inne) są łatwe do montażu. Wyposażone są w złącza szybkomocujące umożliwiające szybki i pewny montaż. Często spotykany jest montaż

płytowy, polegający na tym, że jest przygotowana płyta, mająca wykonane kanały do przepływu oleju. Po zmontowaniu elementów, układ jest gotowy do uruchomienia. Na zewnątrz nie ma żadnych węży czy przewodów metalowych. Siłowniki montuje się według instrukcji producenta. Konieczne jest dokładne przestrzeganie wszystkich punktów instrukcji. Gwarantuje to bezawaryjną pracę zmontowanego układu. Przykład instrukcji montażu: (rys 2.)

W instrukcji szczególną uwagę należy zwrócić na:

- wskazania dotyczące tego procesu norm i katalogów,
- konieczność zachowania czystości podczas montażu,
- nowoczesne elementy jak: przetwornik przemieszczenia, wyłącznik zbliżeniowy,
- sposób odpowietrzania i konserwacji,
- wymagania w zakresie filtracji oleju,
- sposób wymiany uszczelek.

Przykład ten obrazuje, jak skomplikowanym procesem jest montaż siłownika, wydawałoby się prosty w przeprowadzeniu. Niestety nie wszyscy monterzy układów hydraulicznych przestrzegają wskazówek zawartych w dokumentacji technicznej. Powoduje to zawsze wzrost kosztów eksploatacji danego urządzenia, utratę gwarancji producenta, awarie mogące mieć wpływ na bezpieczeństwo użytkowania układu czy maszyny. Montaż układów hydraulicznych jest bardzo skomplikowany. Świadczy o tym fragment instrukcji montażu rozdzielacza proporcjonalnego. Instrukcja ma 16 stron. Aby rozdzielacz pracował poprawnie wszystkie wymagania dotyczące montażu muszą być wypełnione. Wraz z postępem techniki i rozwojem technicznym rozdzielaczy stawiane są osobom montującym i uruchamiającym układy hydrauliczne coraz wyższe wymagania.

Podane przykłady wskazują na rozległość umiejętności, a jednocześnie wymagań w stosunku do montera przeprowadzającego montaż. Należy zwrócić uwagę na wymagania, co do czystości w miejscu pracy i czystości instalacji. Można przytaczać dalsze przykłady różnych instrukcji, a właściwie ich fragmentów, instrukcji obsługi, montażu i konserwacji elementów hydraulicznych. Zupełnie innych czynności wymagają akumulatory hydrauliczne, pompy, zawory zabezpieczające, zawory regulacyjne, zbiorniki i filtry. Wymagania w stosunku do montażu zostały przedstawione w przykładzie dokumentacji technicznej (rys 3).

MANNESMANN REXROTH	Montaż, uruchamianie oraz konserwacja cylindrów hydraulicznych	R-PL 07 100/12.96 Zamiast: 08.96
1. Informacje ogólne Przed uruchomieniem cylindra hydraulicznego należy zapoznać się ze wskazówkami, zawartymi w: – odnośnym katalogu – Niemieckiej Normie Przemysłowej DIN 24 346 – Normie ISO 4413.		
2. Montaż		
2.1 Zasady montażu Zanim cylinder zostanie zamontowany w instalacji, należy porównać oznaczenie typu cylindra z danymi zamówienia. – Należy zachować czystość: • podczas montażu cylindra i w jego otoczeniu • przewody rurowe i zbiornik przed montażem oczyścić z zanieczyszczeń, osadu, piasku, wiórów itp. • rury gięte na gorąco lub spawane należy wytrawić, wypłukać i nasmarować • do czyszczenia używać tkanin nie pozostawiających włosków lub specjalnego papieru • nie używać środków uszczelniających takich jak konopie, kit lub taśma uszczelniająca.		
2.2 Pozycja montażu – dowolna.		
2.3 Przyłącze elektryczne – przetwornik przemieszczenia – indukcyjny wyłącznik zbliżeniowy. Schemat złączy opisano w odnośnym katalogu.		
3. Uruchamianie		
3.1 Ciecz robocza – Należy przestrzegać zaleceń zawartych w odnośnym katalogu. – Należy przestrzegać zakresów ciśnienia i temperatury. – Sprawdzić, czy ciecz robocza w instalacji jest zgodna z rodzajem cieczy dopuszczalnym dla danego cylindra (por. typoszereg). Ogólnie stosować można: – olej mineralny (HL; HLP) wg DIN 51 524 – ester fosforanowy (HFD-R) – Inne ciecze robocze dostępne na zamówienie! Nie należy przekraczać temperatur maksymalnych, zalecanych przez producenta cieczy roboczej. W celu zapewnienia równomiernego rozruchu całej instalacji zaleca się utrzymywanie temperatury cieczy roboczej na stałym poziomie ($\pm 5^\circ \text{C}$).		
3.2 Filtrowanie – Odpowiednie filtrowanie zwiększa czas trwałości cylindra hydraulicznego. Należy przestrzegać zaleceń odnośnie maksymalnego dopuszczalnego stopnia zanieczyszczenia cieczy roboczej wg NAS 1638, podanego w odnośnym katalogu. – Nie może zostać przekroczona dopuszczalna różnica ciśnień w elemencie filtrującym. – Zaleca się filtr ze wskaźnikiem zanieczyszczenia. – Podczas wymiany filtra należy zachować nienaganną czystość. – Zanieczyszczenia na odpływie z filtra są splukiwane do układu i powodują zakłócenia w jego pracy. – Zanieczyszczenie na dopływie do filtra obniżają jego trwałość.		
3.3 Odpowietrzanie – Przy ciśnieniu biegu jałowego należy odkręcić śrubę odpowietrzającą lub też odkręcić spodnie i boczne połączenia śrubowe. – Pozwolić na ujście powietrza. – Założyć śrubę odpowietrzającą lub poł. śrubowe dopiero wtedy, gdy w wypływającym oleju nie będzie bąbelków powietrza. – Dokręcić ponownie śrubę odpowietrzającą lub poł. śrubowe.		
4. Konserwacja		
4.1 Cylindry hydrauliczne nie wymagają w zasadzie konserwacji; należy jednak zwracać uwagę na smarowanie miejsc łożyskowania, w rodzaju łożysk wahlowych, przegubowych, czopów itp.		
4.2 Szczelność należy sprawdzać w krótkich odstępach czasu.		
4.3 Wymiana uszczelek Uszczelnienia ruchome podlegają zużyciu wskutek tarcia. W przypadku gdy przecieki wewnętrzne lub zewnętrzne osiągną niepożądane rozmiary, zalecane jest odesłanie cylindra hydraulicznego do fabryki, ponieważ podczas wymiany uszczelek kontrolowane są także prowadnice itp.		
5. Składowanie		
5.1 Wymagania co do przestrzeni magazynowej: – suche pomieszczenie bez pyłu, wolne od środków żrących i dymu.		
5.2 W przypadku składowania dłuższego niż 6 miesięcy: – napęścić cylinder hydrauliczny olejem konserwującym i zamknąć – przestrzegać zaleceń norm AB 01-02.11.		

Rys.2 Instrukcja montażu

RPL 29 055/08.01

Zastępuje: 06.00

**4/2 i 4/3 rozdzielacz proporcjonalny,
sterowany bezpośrednio, bez elektrycznego
sprężenia zwrotnego.**

Typ 4WRA i 4WRAE

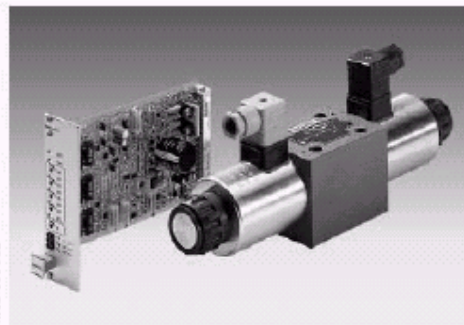
Wielkość 6 i 10

Seria 2X

Maksymalne ciśnienie robocze 315 bar.

Max. wielkość przepływu 42L/min. (rozmiar 6)

Max. wielkość przepływu 75L/min. (rozmiar 10)



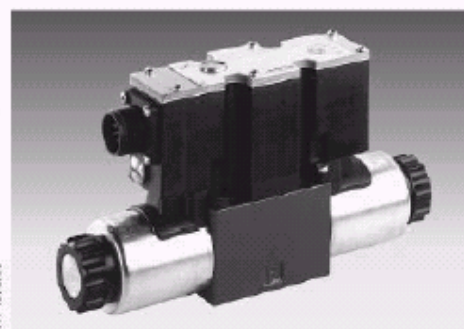
Typ 4WRA10 ... -2X/G24...K4/V z gniazdami
przyłączeniowymi i przynależną elektroniką
sterującą (osobne zamówienie)

Spis treści:

Zawartość	strona
Cechy	1
Kod zamówienia	2
Preferowane typy	3
Symbole	3
Funkcje, przekrój	4
Dane techniczne	5..6
Złącza elektryczne, gniazda	7
Zintegrowana elektronika ster. dla 4WRAE	8
Charakterystyki	9..11
Wymiary jednostki	12..15

Cechy

- bezpośrednio sterowany Rozdzielacz proporcjonalny do sterowania kierunkiem i wielkością przepływu.
- Działanie poprzez elektromagnesy proporcjonalne z centralnym gwintem i zdejmowalną cewką
- Do zabudowy płytowej: Rozkład otworów wg. DIN 24340 forma A ISO 4401 i CETOP-RP 121 H.
Płyty przyłączeniowe wg. karty katalogowej RPL 45052 (wielkość 6) lub RPL 45054 (wielkość 10) zamawiane osobno, patrz strony 12 do 15.
- Suwak sterujący centrowany sprężyną
- zintegrowana elektronika sterująca, interfejs A1 lub F1 przy typie 4WRAE
- Elektronika sterująca dla typu WRA:
 - o wzmacniacz elektryczny VT-VSPA2-1-1X w formacie karty euro (osobne zamówienie), patrz RPL 30 112
 - o wzmacniacz cyfrowy VT-VSPD-1-1X w formacie karty euro (osobne zamówienie), patrz RPL 30 123



Typ 4WRAE 6 ...-2X/G24K31/V

Montaż, uruchamianie i konserwacja elektrohydraulicznych serwowzorów oraz zaworów regulacyjnych

1. Informacje ogólne

Przed uruchomieniem serwowzorów należy zapoznać się ze wskazówkami, zawartymi w:

- odnośnym katalogu
- Niemieckiej Normie Przemysłowej DIN 24 346
- Normie ISO 4413.

Wskazówka:

Każdy serwowzór poddawany jest przed dostarczeniem kontroli pod względem funkcjonowania. Kontrola ta jest odnotowana w protokole kontrolnym, który można zamówić wraz z zaworem.

Urządzenie musi uruchomić personel specjalistyczny, wyposażony w odpowiednie przyrządy pomiarowe.

W zależności od rozmiaru oraz wymagań całej instalacji, uruchomienia mogą dokonać w czasie późniejszym pracownicy obsługi (o ile posiadają odpowiednią wiedzę lub odbyli odpowiednie szkolenie).

2. Płukanie instalacji

Płukanie instalacji należy przeprowadzać przy zdjętych serwowzorach. W ich miejsce należy założyć płyty płuczające lub, o ile zezwala na to rodzaj instalacji, rozdzielacze o takiej samej średnicy znam. (symbol G lub H). Można wtedy płukać także przewody robocze oraz urządzenia odbiorcze. W przypadku zewnętrznego dopływu oleju sterującego należy zadbać o płukanie także tego przewodu. W celu uzyskania wymaganej czystości minimalnej, instalację wodną należy płukać odpowiednio długo.

Instalacja systemowa powinna być płukana za pomocą filtra w stosunku 150 do 300 razy objętości znajdującego się w niej oleju. Stąd wynika wartość czasu płukania:

$$t = \frac{V}{q_v} \times 2,5 \text{ do } 5$$

Oznaczenia:

t = czas płukania w godzinach

V = pojemność zbiornika w litrach

q_v = przepływ pompy l/min

O czasie płukania decyduje stopień zanieczyszczenia cieczy roboczej, wg punktu 6.2, który można określić jedynie dzięki stałej kontroli za pomocą licznika cząstek.

W przypadku przestawienia na ciecz specjalne, które nie mogą być stosowane lub mieszane z cieczą dotychczasową, wymagane są odpowiednio długie czasy płukania.

W trakcie płukania należy w krótkich odstępach czasu sprawdzać filtry i wymieniać ich elementy w razie potrzeby.

3. Zasady montażu

3.1 Czystość

- Podczas montażu i demontażu zaworów należy zadbać o czystość otoczenia.
- Pojemnik musi być zabezpieczony przed zanieczyszczeniem z zewnątrz i wyposażony w filtr napełniania oraz filtr odpowietrzenia dla wyrównania poziomu cieczy. Zalecana dla serwoinstalacji dokładność filtra - 5 µm.
- Przewody rurowe włącznie z agregatem należy przed montażem oczyścić z zanieczyszczeń, osadu, piasku, wiórów itp.
- Rury gięte na gorąco lub spawane należy wytrawić, wypłukać i nasmarować.
- Do czyszczenia używać tkanin nie pozostawiających włosków lub specjalnego papieru.

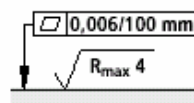
3.2 Montaż zaworu

Podczas montażu zaworu należy zwracać uwagę na to, aby powierzchnia zaworu oraz płyty łączące były czyste i bez pozostałości oleju. Jeśli nie można uniknąć obecności oleju, połączenia śrubowe należy zasadniczo dociągać ręcznie a nie maszynowo. W przypadku więcej niż 4 śrub mocujących należy najpierw dociągać śruby środkowe. Dzięki temu można upewnić się, iż pierścienie uszczelniające na powierzchni przyłącza zaworu są szczelne.

3.3 Nie używać środków uszczelniających takich jak konopie, kit lub taśma uszczelniająca.

3.4 O ile to możliwe, unikać połączeń za pomocą przewodów giętkich, zwłaszcza w przypadku połączeń z urządzeniami odbiorczymi.

3.5 Przewody łączące z odbiornikami powinny być możliwie krótkie. Zaleca się montaż serwowzoru bezpośrednio na odbiorniku. Wymagana dokładność powierzchni montażowej:



3.6 Do połączeń rurowych należy używać rur stalowych bez szwu wg DIN 2391/C o odpowiedniej wytrzymałości.

3.7 Przed montażem zaworu w instalacji sprawdzić ponownie oznaczenie zaworu.

3.8 Po zakończeniu płukania należy zamontować zawory, dbając przy tym o nienaganną czystość.

Znajdującą się na serwowzorze płytę ochronną należy zdjąć bezpośrednio przed montażem zaworu i zachować dla celów ew. późniejszej naprawy (pkt. 7.3).

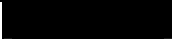
ad. 2) Współczesne układy sterowania opierają się na technice sterowania programowalnego. Układy o logice opartej na przekaźnikach, programatorach krzywkowych, logicznych elementach hydraulicznych i innych zostały zastąpione sterownikami PLC. Montaż sterownika PLC należy prowadzić dokładnie według dokumentacji. Omyłkowe podłączenie zacisków, zwykle niegroźne dla innych elementów, jest niszczące dla sterownika. Dodatkowo należy zwrócić szczególną uwagę na podłączenie przewodów zasilających: L1, N, PE. Sterowniki wymagają podłączenia ich dokładnie według instrukcji. Nawet pomylenie przy montażu L1 z N może być niszczące dla sterownika. Po uruchomieniu układu do sterownika przesyła się program sterujący poprzez sieć stosowaną w automatyce (ASI – BUS, PROFIBUS, UNITELWAY i inne), sieć LAN komputerową, lub przez podłączenie lokalne komputera kablem RS 232, RS 485 lub USB.

ad. 3) Połączenie przewodami hydraulicznymi jest w stosowanych elementach łatwe do wykonania.

W przypadku montażu na płycie bez kanałów, elementy trzeba połączyć przewodami hydraulicznymi sztywnymi lub elastycznymi. Złącza gwintowe dokręca się kluczem dynamometrycznym dla zachowania odpowiednich cech wytrzymałościowych połączenia. Przewody hydrauliczne elastyczne nie mogą podczas ruchów organów roboczych ocierać się o inne elementy, ani być skręcone podczas montażu. Należy zwrócić uwagę na dopuszczalne dla danego przewodu ciśnienie, które nie może być niższe od panującego w układzie. Układy hydrauliczne pracują przy wysokich ciśnieniach roboczych (7 – 40 a nawet 100 MPa).

ad. 4) Elementy są połączone zwykle przewodami, w których występuje napięcie sterujące 24 V DC i napięcie zasilające 230 V AC. Instalacje te prowadzi się oddzielnie, zwracając uwagę na właściwą izolację pomiędzy obwodami wysoko i niskonapięciowymi. Odpowiednie normy określają kolory przewodów, jakie mogą być użyte do poszczególnych instalacji. Elementy cyfrowe układu hydraulicznego łączą się specjalnymi przewodami dokładnie według dokumentacji.

Tabela 1. Kolory przewodów

oznaczenia kolorowe przewodów wg normy PN-EN 60204		
kolor		zastosowanie
czarny		Obwody główne prądu przemiennego i stałego
czerwony		Obwody sterowania w układach prądu przemiennego
niebieski		Obwody sterowania w układach prądu stałego
pomarańczowy		Obwody blokad
jasnoniebieski		przewód neutralny
żółto - zielony		przewód ochronny

ad. 5) Po montażu należy uruchomić układ i dokonać regulacji jego parametrów (ciśnienia, prędkości organów roboczych, położenie wyłączników krańcowych, tłumienie końcowych odcinków ruchu tłoka). Wykonane czynności regulacyjne należy wpisać do karty eksploatacji układu/urządzenia/maszyny. Poszczególne firmy stosują określone wzory dokumentacji eksploatacji urządzeń.

ad. 6) Po wykonaniu czynności określonych w punktach 1 – 5 układ należy przekazać do eksploatacji. Zwykle sporządza się protokół przekazania układu według zakładowej procedury.

Wynajdywanie i usuwanie usterek

Czytanie planów połączeń

Podstawową umiejętnością przydatną do analizy działania układów hydraulicznych, jest umiejętność czytania schematów układu. Osoba diagnozująca usterkę i naprawiająca układ musi posiadać tę umiejętność. Tylko analiza działania układu w oparciu o schemat umożliwia przeprowadzenie naprawy przywracającej wszystkie funkcje układu. Naprawa pozorna, w której kryterium wykonania stanowi chwilowe działanie układu, na pozór prawidłowe, prowadzone bez analizy jego funkcjonowania może stać się przyczyną poważnej awarii (układy hamulcowe w dźwigach osobowych!) i stanowić zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi. Podczas naprawy konieczne jest przeanalizowanie działania układu. Podczas analizy schematu elektrycznego i pneumatycznego układu konieczne jest rozróżnienie poszczególnych elementów. W układach ze sterowaniem programowalnym PLC konieczna jest także analiza programu i pracy samego sterownika. Prowadzenie tak rozległej analizy jest trudne i czasochłonne. Zwykle analizuje się oddzielnie sygnały wejściowe dla sterownika wytwarzane przez czujniki (sensory) i elementy manipulacyjne (przyciski, przełączniki), następnie działanie samego sterownika i w końcu funkcjonowanie elementów wykonawczych (aktorów). W przypadku skomplikowanych układów sterowania i/lub skomplikowanych programów w sterowniku analiza działania układu jest niemożliwa. Sterowniki PLC mają zwykle zaprogramowane programy testujące poszczególne sensory i elementy wykonawcze. Tylko korzystając z takiego programu można za pomocą procedur testujących i diagnozujących odnaleźć przyczynę niesprawności układu. Niekiedy konieczne jest dodatkowo podłączenie do sterownika komputera przenośnego (notebooka).

Przy założeniu właściwej konserwacji i wykonywania okresowych czynności wskazanych w dokumentacji usterki w funkcjonowaniu układu hydraulicznego zdarzają się rzadko. W ich diagnozowaniu i usuwaniu należy stosować następujące zasady:

- przed jakąkolwiek ingerencją w układ należy sprawdzić ciśnienie zasilania układu i poziom oleju w zbiorniku, dokonać oględzin jego części składowych i dokładnie przeanalizować objawy niesprawności,
- przed poszukiwaniem usterki dokładnie przeanalizować schemat układu, w przypadku jego braku narysować go „z natury”. Naprawa bez znajomości funkcjonowania układu udaje się bardzo rzadko, często zaś prowadzi do powstania dalszych uszkodzeń układu,
- stosować w procesie naprawy tylko analogiczne do uszkodzonych części i podzespoły. Dopuszczalne jest zastosowanie zamiennika, ale spełniającego wszystkie funkcje oryginału. Dobór zamiennika jest często trudny,
- nigdy, pod żadnym pozorem nie przerabiać układu! Często uproszczenie układu ułatwia naprawę, ale staje się przyczyną niewłaściwej pracy i trudnych do przewidzenia zagrożeń dla ludzi i sprzętu. Układ pozornie działa prawidłowo, lecz w pewnych okolicznościach jego działanie staje się niebezpieczne! Układ projektowany jest przez zespół inżynierów i nieuprawniona osoba nie może zmieniać jego konstrukcji.

Konserwacja

Specjalne zespoły układów hydraulicznych – akumulatory hydrauliczne

Akumulatory hydrauliczne wymagają (okresowo – w przedziałach czasowych podanych w dokumentacji) podczas eksploatacji układu szczególnej obsługi. Zgodnie z zaleceniami producenta układu i akumulatora wymagane jest okresowa kontrola ciśnienia gazu (najczęściej azotu) w akumulatorze. Wykonuje się ją według specjalnej procedury, przy wyłączonej pompie hydraulicznej. W razie potrzeby uzupełnia się gaz w akumulatorze do wymaganego ciśnienia. Wygląd akumulatora hydraulicznego przedstawia rys. 4.



rys.4. akumulator hydrauliczny z zaworem sterującym

Zużycie części i ich naprawa.

Części układu zużywają się bardzo powoli. Z uwagi na skomplikowaną budowę, obecność we wnętrzu wielu drobnych elementów i konieczność użycia do demontażu specjalistycznych narzędzi i przyrządów – części (elementów) nie naprawia się. Producenci elementów hydraulicznych nie dostarczają części zamiennych do poszczególnych podzespołów. Rozdzielacze, zawory, siłowniki, wyłączniki krańcowe i inne elementy stanowią nienaprawialną całość i w razie awarii, czy zużycia są wymieniane w całości. Wyjątek czasami stanowią uszczelnienia siłowników, które można zamówić osobno. Siłowniki są jednak często nierozbieralne i naprawa ich jest niemożliwa. W układach hydraulicznych stosowanych w maszynach budowlanych (koparkach) do doprowadzenia oleju do siłowników znajdujących się na ruchomych ramionach roboczych stosuje się wysokociśnieniowe węże gumowe (elastyczne). Są one dostępne jako część zamienna.

W niektórych układach hydraulicznych, np. w technice lotniczej elementy układu wymienia się po określonym resursie eksploatacyjnym, bez względu na ich stan techniczny.

W samolotach jest wiele układów hydraulicznych, od których sprawności technicznej zależy bezpieczeństwo lotu. Dodatkowo pracują one w niezwykle zmiennych warunkach temperaturowych. Temperatura elementów i oleju podczas postoju na pasie w upalny dzień dochodzi do 100°C , a podczas lotu na dużej wysokości spada do minus 50°C . Należą do nich układy sterowania elementami płatów, układ wysuwania i wciągania podwozia i wiele innych. Są one dodatkowo zdublowane, aby nawet w czasie awarii możliwe było kontynuowanie lotu do miejsca lądowania. Zdublowany układ posiada wszystko podwójne. Jego układ sterowania musi odłączyć dodatkowo układ uszkodzony, aby zachować działanie zespołu pomimo awarii i zapewnić możliwość poruszania organom roboczym.

Zasady uruchamiania układów hydraulicznych i elektrohydraulicznych

Podczas uruchamiania układów hydraulicznych należy szczególną uwagę zwrócić na:

- właściwy poziom oleju w zbiorniku. Poziom ten odczytujemy na poziomowskazie lub na wskaźniku bagietowym podobnie jak w samochodowych miskach olejowych. Nowsze układy mają elektroniczny pomiar poziomu oleju ze wskazaniem na panelu operatorskim,
- czystość ogólna układu, a w szczególności chłodnic oleju, których zabrudzenie powoduje wzrost temperatury oleju i pogorszenie zadanych parametrów układu,
- właściwe parametry oleju: ciśnienie i temperaturę, które muszą się mieścić w zadanych granicach. Parametry te są zwykle wyświetlane na panelu operatorskim lub ekranie komputera w systemie wizualizacji procesów,
- stan węży gumowych doprowadzających olej do siłowników. W razie stwierdzenia spękania gumy, lub upłynięcia okresu eksploatacji elementy te należy bezwzględnie wymienić,
- ewentualne przecieki (wycieki) oleju,
- odpowietrzenie układu. Najczęściej układ po montażu lub wymianie elementów po uruchomieniu odpowietrza się samoczynnie. Należy w tym celu uruchomić organy robocze i wykonać siłownikami pełne ruchy od jednego położenia krańcowego w drugie. Powietrze, jakie pozostało podczas montażu w układzie powinno po takiej operacji zostać usunięte poprzez zbiornik do atmosfery. Wykonanie w układach automatycznych ruchów organami roboczymi może wymagać przejścia na ręczny tryb sterowania. Wszystkie współczesne układy posiadają taki tryb, zwany także trybem serwisowym. Niekiedy dodatkowo stosuje się w układach hydraulicznych zawory odpowietrzające,
- ewentualne pienienie się oleju. Jest ono bardzo szkodliwe, powoduje niewłaściwą pracę całego układu i jego „sprężystość”, która może doprowadzić do poważnej awarii i zagrożenia zdrowia i życia użytkowników układu. Przyczyną pienienia się oleju może być niewłaściwy jego rodzaj, lub jego zanieczyszczenie innym olejem. Doprowadzenie układu do sprawności jest w takich przypadkach bardzo trudne i czasochłonne. Stąd konieczność „szpitalnej” czystości przy naprawach i bardzo wysokie wymagania eksploatacyjne dla układów hydraulicznych, szczególnie wysokociśnieniowych. Im wyższe jest ciśnienie w układzie, tym większe wymagania w tym zakresie. Ponieważ układy hydrauliczne mają zastosowanie także w technice lotniczej, gdzie od ich sprawnego działania zależy życie setek ludzi, wysokie wymagania w stosunku do personelu je obsługującego są uzasadnione,
- hałaśliwość pompy hydraulicznej, która powinna mieścić się w podanych granicach. Głośna praca pompy może być spowodowana jej zużyciem, niewłaściwymi parametrami oleju, niewłaściwą regulacją zaworów przelewowych, obecnością powietrza w układzie lub pienieniem się oleju. W każdym z tych przypadków należy dokonać diagnozy przyczyny niesprawności i usunąć usterkę.

Zasady eksploatacji układów i elementów, ciecze robocze i sposoby oceny ich jakości

Hydrauliczne ciecze robocze:

Zadaniem cieczy roboczych jest przenoszenie sił roboczych w układzie, jak również smarowanie współpracujących elementów, ochrona przed korozją, odprowadzenie powstającego ciepła i cząstek powstających wskutek zużycia układu. Stosuje się zwykle oleje mineralne z odpowiednimi dodatkami.

Oleje dzieli się na grupy:

H – oleje bez specjalnych dodatków,

HL – oleje zawierające dodatki uszlachetniające zwiększające ich odporność na starzenie i chroniące przed korozją,

HLP – oleje z dodatkami redukującymi tarcie,

HV – oleje z dodatkami zmniejszającymi spadek lepkości przy wzroście temperatury. Stosowane w maszynach budowlanych pracujących w dużym przedziale temperatur,
HLPD – oleje mogące tworzyć emulsje z wodą, która może się pojawić w układzie i przez to zapobiegać korozji wewnętrznej układu,
HFA – niepalne emulsje oleju z wodą stosowane w środowisku zagrożenia wybuchem i pożarem np. w kopalniach,
HFD – niepalne, bezwodne syntetyczne ciecze, o właściwej, ale zmiennej z temperaturą lepkości.

Oleje w przeciwieństwie do powietrza są praktycznie nieściśliwe. Ich ściśliwość rzeczywista wynosi około 0.65% objętości przy wzroście ciśnienia o 10 MPa, a więc jest niewielka. W czasie pracy olej może pochłaniać powietrze z otoczenia (przy zbiorniku o konstrukcji otwartej), co może powodować wzrost ściśliwości i w konsekwencji drgania układu. Dzieje się tak szczególnie w układach o wysokich ciśnieniach roboczych. Najważniejszym parametrem oleju hydraulicznego jest lepkość. Pożądana lepkość oleju ustala producent układu. Zastosowanie oleju o mniejszej lepkości może spowodować wzrost przecieków i pogorszenie jakości smarowania części współpracujących, a co za tym idzie szybsze zużycie układu. Olej o większej niż zalecana lepkości powoduje w układzie wzrost oporów, pogarsza się sprawność układu, jego działanie może być zakłócone niewłaściwym działaniem zaworów sterujących i zabezpieczających, szczególnie w hydraulice proporcjonalnej. Oleje hydrauliczne chłoną także w sprzyjających warunkach wilgoć z otoczenia. Obecność wody w oleju może powodować korozję elementów układu i skłonność do zamarzania w warunkach zimowych. Aby temu zapobiec zbiorniki oleju układu hydraulicznego mają w korku wlewowym wbudowane zawory nadciśnieniowy i podciśnieniowy, ograniczające wymianę powietrza w wolnej objętości zbiornika. Zmniejsza to wydatnie pochłanianie wilgoci przez olej. W układach hydraulicznych specjalnego przeznaczenia zbiornik oleju zbudowany jest podobnie jak akumulator hydrauliczny. Olej nie ma w ogóle kontaktu z powietrzem, ani żadnym innym gazem. Trwałość oleju w takich warunkach jest bardzo duża. Olej wymienia się bardzo rzadko lub nie wymienia się w ciągu całego okresu żywotności urządzenia. Ma to dodatkowo pozytywny wpływ na ekologię – nie ma potrzeby utylizacji wymienianego oleju.

Ważne jest aby przy wymianie oleju w układzie:

1. Sprawdzić w dokumentacji, czy wymiana oleju jest wymagana przez producenta. Niektóre współczesne układy o zaawansowanym poziomie technologicznym i stosowanych wysokich ciśnieniach nie wymagają wymiany oleju przez cały okres eksploatacji, a nawet taka wymiana oleju jest zabroniona przez producenta układu. Parametry oleju wlanego do układu w fabryce są tak wysokie, że właściwości oleju będą utrzymane przez cały okres eksploatacji, ewentualna wymiana zaś może wprowadzić do oleju zanieczyszczenia, lub gorszy gatunek oleju, co pogorszy parametry układu. W takich wypadkach brak wymiany oleju jest uzasadniony.
2. Niektórzy producenci układów wymagają, aby okresowo olej był badany za pomocą specjalnego urządzenia (rys 5).



Rys. 5 Urządzenie do badania oleju

Badania przeprowadzone za pomocą przedstawionego na rysunku urządzenia, poprzez pomiar zanieczyszczeń, ilości wody, temperatury wrzenia i innych parametrów pozwalają na stwierdzenie, czy olej nadaje się do dalszej eksploatacji. W wielu przypadkach pozwala to przedłużyć okres jego używania, co jest korzystne dla środowiska i obniża koszty eksploatacji.

3. Przestrzegać okresu wymiany w godzinach pracy lub czasie eksploatacji według zaleceń producenta, z zastrzeżeniem jak wyżej.
4. Bezwzględnie stosować zalecany przez producenta typ i rodzaj oleju hydraulicznego.
5. Podczas wymiany oleju zachować szczególną „szpitalną” czystość. Zanieczyszczenie nowego oleju innym olejem np. poprzez wykorzystanie do nalewania pojemnika używanego do oleju maszynowego powoduje silne pienienie się oleju hydraulicznego w układzie, konieczność jego dokładnego przepłukania i inne trudności eksploatacyjne. W przypadku dźwigów i innych odpowiedzialnych urządzeń pienienie się oleju może być przyczyną poważnego wypadku. Najlepiej olej z opakowania fabrycznego podczas wymiany wlewać bezpośrednio do zbiornika układu.
6. Zużyty olej poddać procesowi recyklingu

Zasady stosowania i eksploatacji filtrów.

Układy hydrauliczne muszą posiadać filtry wychwytyjące bardzo szkodliwe zanieczyszczenia stałe, jak również wodę i inne ciecze. Zanieczyszczenia stałe są to głównie produkty zużycia elementów układu, np. tłoków, gładzi cylindrów, uszczelnień itd. Woda może pojawić się wskutek kondensacji wilgoci na ściankach zbiorników oleju, szczególnie tych o konstrukcji otwartej. Zespoły filtrujące muszą być w okresach wskazanych przez producenta wymieniane. Najczęściej jest to określona ilość godzin pracy maszyny, wskazywana przez mechaniczne lub elektroniczne liczniki. Niektóre zespoły filtrujące posiadają dodatkowo wskaźniki zużycia działające na zasadzie wzrostu oporów przepływu, lub mierzące ilość kondensatu w odstojniku. Ważne jest, aby:

- 1) proces wymiany zespołów filtrujących przeprowadzać ściśle według instrukcji producenta układu,
- 2) wymieniać zespoły nie później niż wymaga tego producent układu,
- 3) stosować tylko oryginalne części zamienne lub ich autoryzowane zamienniki,
- 4) podczas wymiany zachować szczególną „szpitalną” czystość,

- 5) odpowietrzyć układ po wymianie zespołu filtrującego, jeżeli wymaga tego producent układu.

Właściwie prowadzona eksploatacja w tym zakresie eliminuje praktycznie awarie układu i zapewnia mu sprawność na poziomie początkowym na długi okres eksploatacji.

Zasady eksploatacji zbiorników o specjalnej konstrukcji

Nowoczesne układy elektrohydrauliczne, o wysokich parametrach, posiadają zbiornik o specjalnej konstrukcji. Olej nie ma kontaktu z powietrzem, zbiornik jest wypełniony olejem w 100%, do zbiornika oleju jest dołączony dodatkowy akumulator hydrauliczny kompensujący rozszerzalność cieplną oleju. Zaletą takiego układu, stosowanego między innymi w technice lotniczej jest:

- brak kontaktu oleju z powietrzem – nie występuje zjawisko utleniania i starzenia się oleju,
- w układzie, nawet po wyłączeniu pompy panuje nadciśnienie, co przeciwdziała zapowietrzaniu się układu,
- bezobsługowość – poza utrzymaniem w czystości nie wykonuje się żadnych czynności obsługowych. Również powierzchnie chłodnic oleju są bardziej gładkie, pozbawione miejsc, w których mógłby gromadzić się kurz,
- pełna diagnoza za pomocą systemu cyfrowego – w razie wystąpienia usterki, zostaje ona zdiagnozowana samoczynnie za pomocą procedur diagnostycznych, możliwa jest także samoczynna lub wykonana przez obsługę ingerencja zdalna w układzie, pozwalająca na usunięcie większości niesprawności, lub włączeniu układu dublującego.

Zasady eksploatacji układów o sterowaniu elektronicznym – proporcjonalnych

Nowoczesne układy hydrauliczne posiadają elektroniczne sterowanie proporcjonalne. Prędkość ruchów organów roboczych jest proporcjonalna do wychylenia dźwigni sterującej lub wielkości sygnału analogowego, bądź cyfrowego. Rozdzielacze proporcjonalne, sterujące przepływem oleju do siłowników lub silników hydraulicznych są bardzo skomplikowanymi podzespołami łączącymi w jednej obudowie mechanikę precyzyjną, elementy elektryczne, elektroniczne, układy analogowe i cyfrowe. Bez specjalnego wyposażenia nie jest możliwa wymiana w tak skomplikowanym podzespole jakichkolwiek elementów. Demontaż, „badanie” omomierzem, podawanie przypadkowe na zaciski napięć elektrycznych kończy się zawsze poważnym uszkodzeniem bardzo drogiego podzespołu. Serwis takiego układu hydraulicznego bez specjalnego wyposażenia diagnostycznego jest niemożliwy. Zamiast naprawić – wprowadza się dalsze zniszczenia i uszkodzenia. Tymczasem układy takie pracują w maszynach budowlanych, górniczych, drogowych i innych. Ważne jest, aby podczas przeglądów zwracać uwagę na pewność zamocowań przewodów doprowadzających sygnały, aby nie było uszkodzeń izolacji i ciągłości przewodów. Również woda, wilgoć jest dla tego typu podzespołów bardzo szkodliwa. Dlatego nie wolno demontować osłon ochronnych, myć wodą pod ciśnieniem, lub substancjami ropopochodnymi. Przy siłownikach i silnikach hydraulicznych są umieszczone w takich układach przetworniki prędkości i położenia. Zasady postępowania z nimi są takie same, jak z rozdzielaczami.

4.6.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie ciśnienie panuje w układzie hydraulicznym?
2. Jakie oleje stosowane są w układach hydraulicznych?
3. Do czego służy akumulator hydrauliczny?

4. Jakie czynności obsługowe należy wykonywać przy akumulatorze hydraulicznym?
5. Jakie czynności wykonujemy przy wymianie oleju?
6. Co może być przyczyną pienienia się oleju?
7. Kiedy nie wykonujemy przez cały okres eksploatacji układu czynności wymiany oleju?
8. Jakich czynności obsługowych wymaga chłodnica oleju?
9. Dlaczego powietrze w układzie hydraulicznym jest szkodliwe i musi zostać usunięte?
10. Dlaczego wymagana jest „szpitalna” czystość przy wszelkich pracach przy układzie hydraulicznym, a w szczególności wymianie oleju i filtrów?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Montaż układu hydraulicznego wg zadanego schematu.

Ćwiczenie polega na zmontowaniu na stanowisku laboratoryjnym do hydrauliki (np. FESTO) układu według zadanego schematu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 2

Montaż układu elektrohydraulicznego wg zadanego schematu.

Ćwiczenie polega na zmontowaniu na stanowisku laboratoryjnym do elektrohydrauliki (np. FESTO) układu według zadanego schematu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 3

Wyszukanie usterki w zbudowanym układzie.

Ćwiczenie polega na wyszukiwaniu w zmontowanym na stanowisku laboratoryjnym do elektrohydrauliki (np. FESTO) układzie usterki w układzie sterowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 4

Wyszukanie usterki w innym układzie.

Ćwiczenie polega na wyszukiwaniu w innym zmontowanym na stanowisku laboratoryjnym do elektrohydrauliki (np. FESTO) usterki w układzie sterowania elektrohydraulicznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 5

Ustawianie ciśnienia w układzie.

Ćwiczenie polega na ustawieniu zadanego ciśnienia na zaworze redukcyjno - przelewowym

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,

- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 6

Wymiana elementów układu hydraulicznego.

Ćwiczenie polega na wymianie określonego w specyfikacji zadania elementu w zmontowanym na stanowisku laboratoryjnym do elektrohydrauliki (np. FESTO) układzie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 7

Badania parametrów oleju hydraulicznego.

Ćwiczenie polega na przeprowadzeniu według instrukcji obsługi stanowiska procesu badania oleju hydraulicznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) Wymienić podstawowe cechy układu hydraulicznego?	☐	☐
2) Wymienić rodzaje stosowanych olejów hydraulicznych?	☐	☐
3) Wymienić podstawowe typy rozdzielaczy i zaworów	☐	☐
4) Wymienić czynności obsługowe układu hydraulicznego?	☐	☐
5) Wymienić czynności kontrolne układu hydraulicznego?	☐	☐
6) Wymienić podstawowe typy pomp hydraulicznych?	☐	☐
7) Wymienić wielkość ciśnienia oleju w układach hydraulicznych?	☐	☐
8) Wymienić łączniki i przełączniki stosowane w układzie sterowania?	☐	☐
9) Wymienić elementy sterujące i wykonawcze?	☐	☐
10) Wymienić siłowniki hydrauliczne i ich typy?	☐	☐
11) Wymienić elementy regulujące i zabezpieczające?	☐	☐
12) Wymienić silniki hydrauliczne?	☐	☐
13) Wymienić poszczególne typy schematów?	☐	☐
14) Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe cechy układu hydraulicznego?	☐	☐
15) Rozróżnić i scharakteryzować rodzaje stosowanych olejów hydraulicznych?	☐	☐
16) Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe typy rozdzielaczy i zaworów?	☐	☐
17) Rozróżnić i scharakteryzować czynności obsługowe układu hydraulicznego?	☐	☐
18) Rozróżnić i scharakteryzować czynności kontrolne układu hydraulicznego?	☐	☐
19) Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe typy pomp hydraulicznych?	☐	☐
20) Rozróżnić i scharakteryzować wielkość ciśnienia oleju w układach hydraulicznych?	☐	☐
21) Rozróżnić i scharakteryzować łączniki i przełączniki w układzie sterowania?	☐	☐
22) Rozróżnić i scharakteryzować elementy sterujące i wykonawcze?	☐	☐
23) Rozróżnić i scharakteryzować siłowniki hydrauliczne i ich typy?	☐	☐
24) Rozróżnić i scharakteryzować elementy regulujące i zabezpieczające?	☐	☐
25) Rozróżnić i scharakteryzować silniki hydrauliczne?	☐	☐
26) Rozróżnić i scharakteryzować poszczególne typy schematów?	☐	☐

4.7. Montaż i obsługa techniczna układów automatycznej regulacji

4.7.1. Materiał nauczania

Zadaniem układów automatycznej regulacji jest najczęściej utrzymywanie wartości regulowanej na stałym poziomie, lub zmienianie jej według ustalonego programu. Do układów regulacji automatycznej czasami zalicza się też układy CNC sterujące obrabiarkami i układy ze sterownikami programowalnymi PLC. W technice automatycznej regulacji stosujemy różnego typu regulatory. Najczęściej stosowane są regulatory dwustawne i regulatory ciągłe (P, PI, PD, PID). Współczesne regulatory są regulatorami elektronicznymi, analogowymi bądź cyfrowymi (rys.1).



Rys.1. Regulator elektroniczny

Regulacja dwustawna polega na cyklicznym załączaniu i wyłączaniu elementu wykonawczego, w celu osiągnięcia zadanej temperatury. Przykładem może tu być żelazko, którego grzejnik jest cyklicznie załączany i wyłączany przez regulator bimetalowy w celu osiągnięcia zadanej temperatury. Regulacja ciągła polega na bezstopniowej zmianie oddziaływania na obiekt. Rozróżniamy przy tym regulację typu P, PI, PD, PID. Regulacja ciągła wymaga dołączenia do wyjścia regulatora odpowiedniego elementu wykonawczego, najczęściej jest nim sterownik fazowy sterujący mocą grzejnika elektrycznego.

Montaż układów automatycznej regulacji

Montażu układów automatycznej regulacji dokonujemy najczęściej w szafach sterowniczych i na obiektach przemysłowych. Proces montażu można podzielić na następujące etapy:

- 1) sporządzenie projektu układu i jego zatwierdzenie,
- 2) montaż czujników na obiekcie,
- 3) doprowadzenie linii pomiarowych do szafy sterowniczej i dalej do regulatora bądź sterownika,
- 4) montaż elementów wykonawczych na obiekcie,
- 5) doprowadzenie odpowiedniego okablowania do szafy sterowniczej,
- 6) montaż regulatora bądź sterownika PLC i podłączenie okablowania,
- 7) oprogramowanie sterownika PLC lub dobór nastaw regulatora ciągłego, ewentualne podłączenie komputera sterującego lub sterownika PLC do sieci nadrzędnej przewodem sieci logicznej,

- 8) konfiguracja panelu operatorskiego lub pulpitu,
- 9) uruchomienie układu i kontrola jakości procesu regulacji.

ad. 1) Projekt musi być sporządzony przez uprawnione osoby. [zał.1] Na etapie projektu trzeba przyjąć założenia, dobrać sprzęt i nastawy. Przewidzieć sytuacje awaryjne i sposób zapobiegania ich powstaniu. Stworzyć kompletną dokumentację. Opracować instrukcje eksploatacji i obsługi technicznej układu. Współczesne układy posiadają zwykle sterowniki programowalne (PLC) lub cyfrowe układy sterowania oparte o komputery przemysłowe z ekranem dotykowym. Stawia to jeszcze wyższe wymagania osobom projektującym i montującym.

ad. 2) Montaż czujników na obiekcie musi być prowadzony zgodnie z dokumentacją. Szczególnie przy czujnikach temperatury bardzo ważne jest odpowiednie ich wbudowanie

i podłączenie do linii pomiarowej, aby pomiar nie był obciążony błędem. Czujniki muszą być zamontowane zgodnie z dokumentacją. Ważne jest aby nie „sprawdzać” czujników, co do których nie mamy pewności czy można – omomierzem, czy lampką kontrolną. Stosowane coraz częściej czujniki i przetworniki oparte na zaawansowanej technice analogowej i cyfrowej podczas takiego zabiegu ulegają nieodwracalnemu zniszczeniu!

ad. 3) W automatyce najczęściej są spotykane trzy rodzaje linii pomiarowych:

- linia trójprzewodowa do podłączenia czujników temperatury do regulatora. Stosowanym najczęściej typem czujnika jest Pt-100.
- dwuprzewodowa linia sygnału analogowego 0 – 10 V (lub 2 – 10 V) stosowana w zwykłych warunkach
- dwuprzewodowa linia sygnału analogowego 0 – 20 mA (lub 4 – 20 mA) stosowana w trudnych warunkach z powodu większej odporności sygnału na powstanie skończonej rezystancji pomiędzy żyłami linii i ziemią.

Poszczególne żyły linii pomiarowych muszą mieć taką samą rezystancję, a więc muszą być wykonane z tego samego materiału i o takim samym przekroju. W praktyce oznacza to, że są to żyły tego samego kabla wielożyłowego. Produkowane są specjalnie dla potrzeb pomiarów wielożyłowe kable o 20, 40 i większej ilości żył.

W obiektach przemysłowych doprowadzenie linii pomiarowych do regulatora często jest utrudnione. Konieczne jest posiadanie pełnej dokumentacji okablowania umiejscowionego w kanałach kablowych i na estakadach kablowych nad halami przemysłowymi. Konieczna jest przy tym znajomość symboliki oznaczeń, aby wybrać właściwe przewody nie uszkadzając obwodów pomiarowych innych układów regulacji automatycznej. W wielu miejscach osoba montująca linię pomiarową narażona jest na uciążliwe warunki pracy: hałas, wibracje, podwyższoną lub niską temperaturę, zagrożenie upadkiem z wysokości, pracę w ciasnych kanałach kablowych, niebezpieczeństwo porażenia prądem elektrycznym.

ad 4) Montaż musi być prowadzony zgodnie z dokumentacją techniczną elementów i projektem. Występują tu podobne warunki jak w p. 3.

ad. 5) Podczas montażu okablowania konieczne jest odpowiednie oznakowanie poszczególnych przewodów, zgodnie z dokumentacją. Ułatwia to, a czasami wręcz umożliwia przeprowadzenie późniejszych kontroli i napraw.

ad 6) Montaż sterownika PLC należy prowadzić według dokumentacji. Wadliwe podłączenie okablowania – niegroźne dla sprzętu w starszych układach automatyki – może spowodować zniszczenie sterownika PLC.

ad. 7) Oprogramowanie sterownika PLC powinno być tworzone przez doświadczonego programistę sterowników PLC. Należy przewidzieć wszystkie stany obiektu, w jakich znajdzie się on w trakcie procesu technologicznego. Operator programu musi podczas

pracy posiadać instrukcję eksploatacji urządzenia. Program użytkowy musi być zabezpieczony przed nieuprawnionymi zmianami. Zalecane jest zapisanie go do pamięci EEPROM i takie skonfigurowanie sterownika, aby okresowo kontrolował zgodność realizowanego z pamięci RAM programu z zapisanym w EEPROM i w wypadku stwierdzenia różnic kopiował zawartość EEPROM do pamięci RAM. EEPROM z kolei musi być zabezpieczony sprzętowo (odpowiedni przełącznik) lub programowo (hasło) przed zmianą zawartości.

Nastawy regulatorów ciągłych należy wprowadzić wg dokumentacji lub przeprowadzić procedurę doboru nastaw opisana przez projektanta. Niektóre regulatory mikroprocesorowe posiadają funkcję samonastawiania parametrów. Należy pamiętać, że jej zastosowanie może powodować chwilową niestabilność obiektu i niekiedy doprowadzić do poważnej awarii.

ad. 8) Układy przemysłowe automatyki, współpracujące z układami elektrycznymi, elektropneumatycznymi i/lub elektrohydraulicznymi posiadają pulpit operatora. W klasycznych układach były to przełączniki ręczne, lampki kontrolne i wskaźniki wychyłowe analogowe (rys.2).



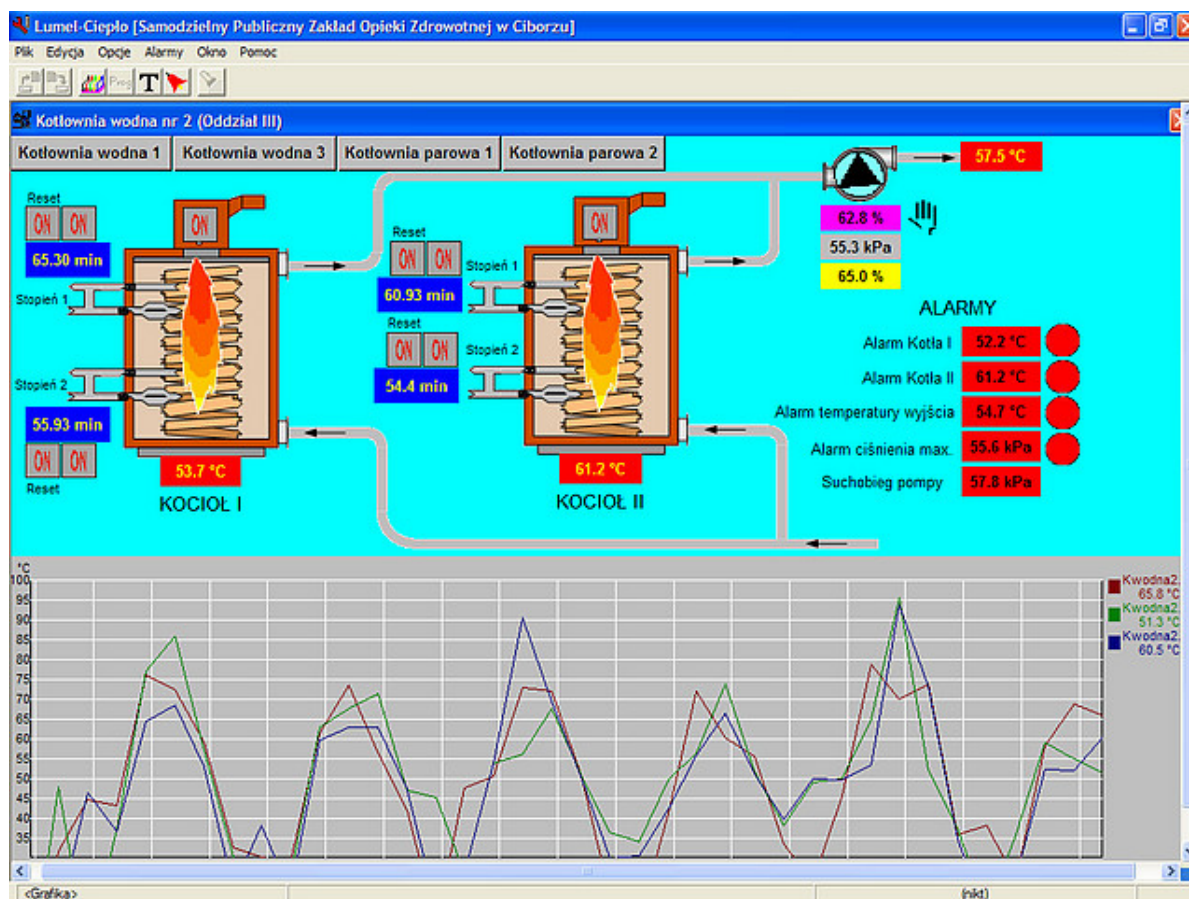
Rys.2. Mierniki analogowe, regulator z pokrętką i skalą analogową

Następną generację stanowiły regulatory elektroniczne, wskaźniki analogowe wychyłowe zastąpione zostały przez wyświetlacze cyfrowe (rys.3).



Rys.3. Miernik cyfrowy, regulator cyfrowy

Po wprowadzeniu wizualizacji procesów na komputerach PC, cały proces jest widoczny na ekranie. (rys.4.)



Rys.4. Ekran wizualizacji procesu

Przełączniki, przyciski, lampki kontrolne są również tylko na ekranie. Przełączniki uruchamiamy za pomocą myszy. Często taki system w ogóle nie posiada klawiatury. Na ekranie przedstawiony jest w schematyczny sposób cały proces technologiczny. Możliwe jest równoczesne otwarcie kilku okienek i automatyczne przesuwanie na wierzch okienka, na którym nastąpiło wskazane zdarzenie. Zdarzenia są rejestrowane podobnie jak parametry obiektu. System pełni tu także funkcję rejestratora.

Następnym krokiem jest zastąpienie komputera panelem operatorskim, lub dodanie do systemu panela operatorskiego (rys.5).



Rys.5 Panele operatorskie

Panele te, budowane z reguły jako dotykowe pozwalają na sterowanie procesem w bardzo wygodny i nowoczesny sposób. Pełnią wszystkie funkcje komputera, ich konfigurację można łatwo zmieniać, są odporne na zmiany temperatury, wilgoć i wibracje. Ich obsługa jest możliwa zabrudzonymi lub mokrymi rękami. Mają również odpowiednie atesty do stosowania w przemyśle spożywczym – znaczy to, że ich powierzchnia dotykowa może być łatwo utrzymana w czystości i dotykana przez personel podczas jednoczesnego wykonywania operacji technologicznych.

ad. 9) Podczas uruchamiania układu należy zachować szczególną ostrożność. Należy posiadać opracowaną procedurę awaryjną na wypadek niewłaściwej jakości procesu regulacji, bądź niestabilności układu. Proces regulacji powinien być rejestrowany za pomocą rejestratora mikroprocesorowego lub systemu rejestracji danych na PC. Przed Uruchomieniem obiektu należy sprawdzić, czy wszystkie pomiary mają zadana dokładność według zadanej klasy. W tym celu przeprowadza się wzorcowanie układu czujnik – linia pomiarowa – miernik bądź regulator. Czujnik tuż przy obiekcie, z wykorzystaniem tej samej linii pomiarowej umieszcza się w środowisku o zadanej, dokładnie ustalonej i mierzonej temperaturze. Temperaturę środowiska kontrolnego, mierzona za pomocą termometru o wyższej klasie przyjmuje się za rzeczywistą – TR Temperaturę wskazaną przez układ na wyświetlaczu bądź skali analogowej przyjmujemy za zmierzoną TP. Błąd procentowy wyznaczamy wg wzoru:

$$\Delta T = \frac{TP - TR}{TR} * 100 [\%]$$

Polska Norma, dotycząca sprawdzania aparatury kontrolno – pomiarowej dokładnie określa, w ilu punktach i jakich musi być przeprowadzone sprawdzenie i opisuje konieczną procedurę. W przypadku, gdy przyrząd lub układ pomiarowy wykazuje błąd większy, niż możliwy w danej klasie – układ zostaje poddany naprawie lub regulacji wskazań. [zał.2]

Obsługa techniczna układów automatycznej regulacji

W zakres obsługi technicznej układów regulacji wchodzi następujące czynności:

- 1) sprawdzenie charakterystyki czujników,
- 2) sprawdzenie linii pomiarowych,
- 3) sprawdzenie programu w przypadku sterowników PLC,
- 4) sprawdzenie doboru nastaw w regulatorach ciągłych,
- 5) sprawdzenie elementów wykonawczych (aktorów),
- 6) sprawdzenie okablowania,
- 7) dokumentowanie obsługi technicznej,

ad. 1) Okresowo, lub w razie niesprawności układu automatycznej regulacji (UAR) należy dokonać sprawdzenia charakterystyki czujnika. Czujniki posiadają określoną charakterystykę, możliwą do wyznaczenia na stanowisku. W razie braku możliwości sprawdzenia charakterystyki, należy wymienić czujnik na nowy. Poprzedni można tymczasem sprawdzić w jednostce zewnętrznej i zakwalifikować do wymiany w przyszłości.

ad. 2) Linie pomiarowe składają się najczęściej z wielu odcinków. Linie te są z reguły 3 – żyłowe. Bardzo ważne jest, aby wszystkie 3 żyły miały taką samą rezystancję. Gwarantuje to kompensację rezystancji linii przy zmianach temperatury otoczenia.

Pomiaru dokonujemy za pomocą omomierza. Niektóre regulatory posiadają samoczynną i automatyczną kontrolę linii. w przypadku wystąpienia zakłóceń w ciągłości przewodów regulator generuje (wyświetla) odpowiedni komunikat na wyświetlaczu. Osobnego sprawdzenia wymagają coraz częściej stosowane linie cyfrowe. Z uwagi na ich podobieństwo do sieci komputerowej podobny jest sprzęt do ich sprawdzania. Są to zwykle testery, które wymagają wpięcia w linię lub programy testujące w stacjach nadrzędnych, które na bieżąco sprawdzają sprawność poszczególnych odcinków linii cyfrowej. W relacjach MASTER – SLAVE, jakie występują w sieciach sterownikowych ważne jest, aby w razie stwierdzenia, że komunikat nie jest odbierany przez sterownik SLAVE, miał on odpowiednie oprogramowanie awaryjne do pracy samodzielnej na czas usunięcia awarii. Jednocześnie operator systemu powinien otrzymać komunikat o niesprawności odcinka sieci i zaburzeniu komunikacji pomiędzy MASTEREM i jednym ze sterowników SLAVE.

- ad. 3)** Sprawdzenie programu jest czynnością trudną. Sterowniki PLC sterujące ważnymi procesami technologicznymi mają program zapisany w pamięci EEPROM zabezpieczonej przed kasowaniem. W przypadku istnienia możliwości odczytania programu (czasami program jest także zabezpieczony przed odczytaniem), należy porównać go ze znajdującym się w dokumentacji. Sterowniki posiadają możliwość automatycznego porównania programu roboczego z programem znajdującym się, np. na płycie CD (po podłączeniu komputera).

Nie należy nigdy wprowadzać pochopnie poprawek do programu. Pozornie poprawna praca sterownika po ich wprowadzeniu może być krótkotrwała. Program przygotowany przez zespół wdrażający sterownik uwzględnia wszystkie sytuacje, w jakich może się znaleźć obiekt regulacji. Wprowadzając poprawkę, wprowadzamy jednocześnie możliwość wystąpienia groźnych stanów awaryjnych.

- ad. 4)** Nastawy sprawdzamy porównując je z zapisanymi w dokumentacji. Wprowadzenie nowych nastaw uzasadnione może być jedynie zmianą parametrów obiektu regulacji. Dobór nastaw jest czynnością trudną i powinien być przeprowadzony przez doświadczonego fachowca. Można posłużyć się metodami obliczeniowymi, lub skorzystać z procedury samonastawiania parametrów. Należy jednak pamiętać, że obie te metody zakładają wystąpienie w obiekcie krótkotrwałych oscylacji wielkości regulowanej, co może być szkodliwe (czasem wręcz katastrofalne) dla procesu i obiektu.
- ad. 5)** Elementy wykonawcze sprawdzamy zabudowane na obiekcie, lub po ich wymontowaniu. Podczas sprawdzania należy posługiwać się dokumentacją serwisową. W przypadkach wątpliwych, lub przy braku możliwości sprawdzenia element wymieniamy na nowy, używany zaś odsyłamy do sprawdzenia i naprawy.
- ad. 6)** Okablowanie sprawdzamy za pomocą miernika uniwersalnego lub urządzeń testujących. Przy sprawdzaniu należy odłączyć napięcie od sprawdzanych przewodów. Przewody do danego obiektu przeważnie są ułożone we wspólnych kanałach kablowych z innymi przewodami. Stwarza to zagrożenie dla wykonującego pomiar i dla sprzętu pomiarowego. Konieczne jest posiadanie dokumentacji okablowania. Sprawa upraszcza się, gdy układ regulacji jest oddzielony od innych np. wszystkie jego elementy są umieszczone na jednej maszynie lub stanowisku.
- ad. 7)** Obsługi techniczne muszą być dokumentowane. Prowadzenie dokumentacji, zakres i sposób dokumentowania czynności obsługowych określają odpowiednie przepisy. Najczęściej dany zakład pracy posiada wypracowaną w tym zakresie procedurę zgodną z normami.

Szczególnie w skomplikowanych procesach technologicznych, gdzie niewłaściwa jakość procesu regulacji może być przyczyną wielu groźnych zdarzeń, obsługa techniczna musi być prowadzona na odpowiednio wysokim poziomie.

W układach regulacji ciągłej dobrą jakość regulacji można osiągnąć dopiero przy właściwym doborze nastaw. Dobór nastaw jest procesem trudnym i w praktyce często wykonywanym niewłaściwie. Błędny dobór nastaw prowadzi do pogorszenia jakości regulacji, w skrajnym przypadku może prowadzić do niestabilności układu.

Jakość regulacji oceniamy na podstawie kryterium całkowego. Sposób określania jakości regulacji wg tego kryterium przedstawia rys 6. Po stwierdzeniu niewłaściwej jakości regulacji należy dokonać korekty nastaw, sprawdzając wcześniej układ regulacji (w szczególności czujniki i elementy wykonawcze). Należy pamiętać, że właściwa praca układu regulacji zależy od sprawności wielu elementów. Wielu operatorów zbyt szybko podejmuje decyzje o korekcie nastaw, nie biorąc pod uwagę wcześniejszej długiej poprawnej pracy układu przy dotychczasowych nastawach. Najgorszą z praktyk jest ustawianie parametrów „na wyczucie” mogące skończyć się poważną awarią połączoną z wystąpieniem zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi.

Procedura doboru nastaw

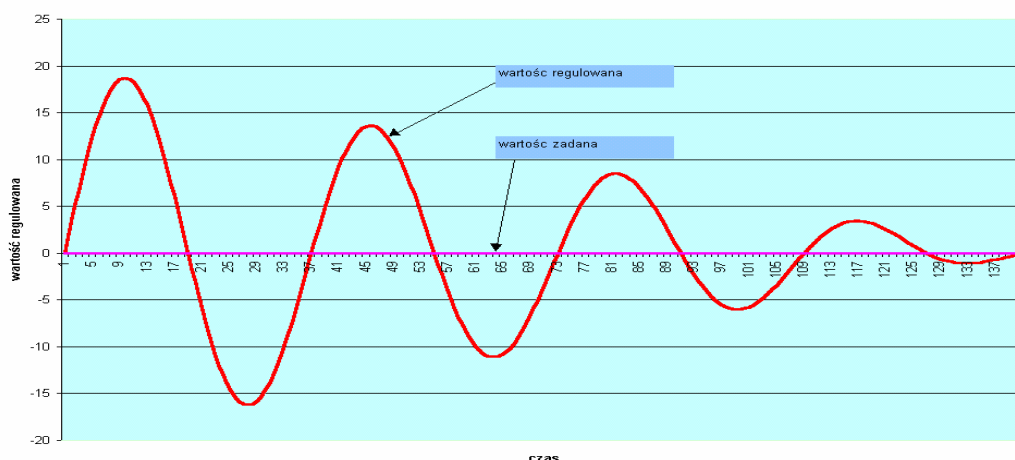
Dobieranie nastaw może być wykonane automatycznie przez regulator mikroprocesorowy. W tym celu w pamięci regulatora zapisane są odpowiednie procedury. Należy jednak pamiętać, że aby wyznaczyć parametry (wzmocnienie, czas całkowania, czas różniczkowania) regulator najczęściej wprowadza obiekt w kontrolowane oscylacje wielkości regulowanej. Może być to szkodliwe, lub nawet niebezpieczne dla realizowanego procesu technologicznego. Tylko niektóre regulatory wykonują procedurę doboru nastaw bez wprowadzania obiektu w oscylacje. Możliwe jest także ręczne wyznaczenie nastaw (również wprowadzające obiekt w oscylacje) metodą Zieglera – Nikolsa. Metoda ta polega na ręcznym wyłączeniu członu całującego i różniczkującego, a następnie zwiększaniu wzmocnienia, aż do uzyskania niewielkich stabilnych oscylacji wielkości regulowanej. Mierzy się wtedy okres tych oscylacji i obliczenia nastaw dokonuje według wzoru:

$K = 0.6 K_{kr}$ K_{kr} – wzmocnienie, przy którym pojawiły się oscylacje.

$T_i = 0.5 T_{osc}$

$T_D = 0.12 T_{osc}$

Jakość tak dobranych parametrów można ocenić stosując kryterium całkowite (rys. 6).



Rys. 6. Kryterium całkowite

Pole pomiędzy krzywą przebiegu wartości regulowanej, a linią prostą obrazującą wartość zadaną jest wielkością określającą jakość regulacji. Znając wielkość tego pola, można porównać jakość regulacji dla dwóch zestawów nastaw parametrów i wybrać te nastawy, dla których pole to jest mniejsze.

W praktyce regulatory mikroprocesorowe są wyposażone dodatkowo w algorytm FUZZY LOGIC. Służy on do tego, aby regulator „uczył się”, jak najlepiej sterować obiektem na podstawie doświadczenia.

załącznik 1

Dz.U.03.89.828

2003-07-22

sprost. Dz.U.03.129.1184

ogólne

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI, PRACY I POLITYKI SPOŁECZNEJ¹⁾

z dnia 28 kwietnia 2003 r.

w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci

(Dz. U. z dnia 21 maja 2003 r.)

Na podstawie art. 54 ust. 6 ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne (Dz. U. Nr 54, poz. 348, z późn. zm.²⁾) zarządza się, co następuje:

§ 1. Rozporządzenie określa:

- 1) rodzaje prac, stanowisk oraz urządzeń, instalacji i sieci energetycznych, przy których eksploatacji jest wymagane posiadanie kwalifikacji;
- 2) zakres wymaganej wiedzy niezbędnej do uzyskania potwierdzenia posiadanych kwalifikacji;
- 3) tryb przeprowadzania postępowania kwalifikacyjnego;
- 4) jednostki organizacyjne, przy których powołuje się komisje kwalifikacyjne, i tryb ich powoływania;
- 5) wysokość opłat pobieranych za sprawdzenie kwalifikacji;
- 6) wzór świadectwa kwalifikacyjnego.

§ 2. Przepisów rozporządzenia nie stosuje się do osób:

- 1) zajmujących się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci:
 - a) w zakładach górniczych - w zakresie uregulowanym przepisami prawa geologicznego i górniczego,
 - b) związanych z ruchem drogowym, lotniczym, żegluga śródlądową i morską - w zakresie uregulowanym w przepisach prawa o ruchu drogowym, prawa lotniczego, o żegludze śródlądowej oraz w przepisach Kodeksu morskiego;
- 2) będących obywatelami państw członkowskich Unii Europejskiej, które nabyły w tych państwach wymagane kwalifikacje w zakresie eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci i uzyskały ich potwierdzenie stosownie do przepisów ustawy z dnia 26 kwietnia 2001 r. o zasadach uznawania nabytych w państwach członkowskich Unii Europejskiej kwalifikacji do wykonywania zawodów regulowanych (Dz. U. Nr 87, poz. 954 oraz z 2002 r. Nr 71, poz. 655).

§ 3. Rodzaje urządzeń, instalacji i sieci, przy których eksploatacji jest wymagane posiadanie kwalifikacji, określa załącznik nr 1 do rozporządzenia.

§ 4. Nie wymaga się potwierdzenia posiadania kwalifikacji w zakresie obsługi urządzeń i instalacji u użytkowników eksploatujących:

- 1) urządzenia elektryczne o napięciu nie wyższym niż 1 kV i mocy znamionowej nie wyższej niż 20 kW, jeżeli w dokumentacji urządzenia określono zasady jego obsługi;
- 2) urządzenia lub instalacje ciepłne o mocy zainstalowanej nie wyższej niż 50 kW.

§ 5. 1. Eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci mogą zajmować się osoby, które spełniają wymagania kwalifikacyjne dla następujących rodzajów prac i stanowisk pracy:

- 1) eksploatacji - do których zalicza się stanowiska osób wykonujących prace w zakresie obsługi, konserwacji, remontów, montażu i kontrolno-pomiarowym;
- 2) dozoru - do których zalicza się stanowiska osób kierujących czynnościami osób wykonujących prace w zakresie określonym w pkt 1 oraz stanowiska pracowników technicznych sprawujących nadzór nad eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci.
2. Prace, o których mowa w ust. 1, dotyczą wykonywania czynności:
 - 1) mających wpływ na zmiany parametrów pracy obsługiwanych urządzeń, instalacji i sieci z zachowaniem zasad bezpieczeństwa i wymagań ochrony środowiska - w zakresie obsługi;
 - 2) związanych z zabezpieczeniem i utrzymaniem należytego stanu technicznego urządzeń, instalacji i sieci - w zakresie konserwacji;
 - 3) związanych z usuwaniem usterek, uszkodzeń oraz remontami urządzeń, instalacji i sieci w celu doprowadzenia ich do wymaganego stanu technicznego - w zakresie remontów;
 - 4) niezbędnych do instalowania i przyłączania urządzeń, instalacji i sieci - w zakresie montażu;
 - 5) niezbędnych do dokonania oceny stanu technicznego, parametrów eksploatacyjnych, jakości regulacji i sprawności energetycznej urządzeń, instalacji i sieci - w zakresie kontrolno-pomiarowym.

§ 6. Osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci, w celu uzyskania potwierdzenia posiadanych kwalifikacji, powinny wykazać się wiedzą z zakresu:

- 1) na stanowiskach eksploatacji:
 - a) zasad budowy, działania oraz warunków technicznych obsługi urządzeń, instalacji i sieci,
 - b) zasad eksploatacji oraz instrukcji eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci,
 - c) zasad i warunków wykonywania prac kontrolno-pomiarowych i montażowych,
 - d) zasad i wymagań bezpieczeństwa pracy i ochrony przeciwpożarowej oraz umiejętności udzielania pierwszej pomocy,
 - e) instrukcji postępowania w razie awarii, pożaru lub innego zagrożenia bezpieczeństwa obsługi urządzeń lub zagrożenia życia, zdrowia i środowiska;
- 2) na stanowiskach dozoru:
 - a) przepisów dotyczących przyłączania urządzeń i instalacji do sieci, dostarczania paliw i energii oraz prowadzenia ruchu i eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci,
 - b) przepisów i zasad postępowania przy programowaniu pracy urządzeń, instalacji i sieci, z uwzględnieniem zasad racjonalnego użytkowania paliw i energii,
 - c) przepisów dotyczących eksploatacji, wymagań w zakresie prowadzenia dokumentacji technicznej i eksploatacyjnej oraz stosowania instrukcji eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci,
 - d) przepisów dotyczących budowy urządzeń, instalacji i sieci oraz norm i warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać te urządzenia, instalacje i sieci,
 - e) przepisów dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony przeciwpożarowej, z uwzględnieniem udzielania pierwszej pomocy oraz wymagań ochrony środowiska,
 - f) zasad postępowania w razie awarii, pożaru lub innego zagrożenia bezpieczeństwa ruchu urządzeń przyłączonych do sieci,
 - g) zasad dysponowania mocą urządzeń przyłączonych do sieci,
 - h) zasad i warunków wykonywania prac kontrolno-pomiarowych i montażowych.

§ 7. 1. Sprawdzenie kwalifikacji posiadanych przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci przeprowadzają komisje kwalifikacyjne, o których mowa w § 8, na wniosek tych osób albo na wniosek pracodawcy zatrudniającego te osoby.

2. Wniosek, o którym mowa w ust. 1, zawiera:

- 1) imię i nazwisko osoby ubiegającej się o sprawdzenie posiadanych kwalifikacji;
- 2) datę i miejsce urodzenia;
- 3) numer PESEL albo rodzaj i numer dokumentu tożsamości obywatela;
- 4) adres miejsca zamieszkania;
- 5) informacje dotyczące:
 - a) wykształcenia,
 - b) przebiegu pracy zawodowej,

- c) wykonywanego zawodu,
- d) rodzaju i zakresu wnioskowanych uprawnień;
- 6) nazwę i adres pracodawcy.

3. Do wniosku, o którym mowa w ust. 1, należy dołączyć:

- 1) wykaz posiadanych świadectw kwalifikacyjnych;
- 2) potwierdzenie uiszczenia opłaty, o której mowa w art. 54 ust. 4 ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne, zwanej dalej "opłatą".

§ 8. 1. Sprawdzenia posiadania kwalifikacji dokonuje komisja kwalifikacyjna, zwana dalej "Komisją", w drodze organizowanego przez nią egzaminu.

2. W skład Komisji wchodzi:

- 1) przewodniczący;
- 2) zastępca przewodniczącego;
- 3) członkowie;
- 4) sekretarz.

3. Egzamin przeprowadza zespół egzaminacyjny, zwany dalej "zespołem", złożony co najmniej z trzech osób, wyznaczonych przez przewodniczącego Komisji.

4. Egzamin jest ustny i powinien wykazać wiedzę kandydata w zakresie, o którym mowa w § 6. Szczegółową tematykę egzaminu ustala Komisja i powiadamia pisemnie osoby ubiegające się o potwierdzenie kwalifikacji, co najmniej 14 dni przed wyznaczoną datą egzaminu.

5. Wynik egzaminu określa się jako "pozytywny" lub "negatywny".

6. O wyniku egzaminu członkowie zespołu rozstrzygają większością głosów. W przypadku równej liczby głosów rozstrzyga głos przewodniczącego zespołu.

7. Z przebiegu egzaminu sporządza się protokół, w którym stwierdza się wynik egzaminu; protokół podpisują przewodniczący i członkowie zespołu.

8. Dokumentację przeprowadzonego egzaminu przewodniczący zespołu przedkłada niezwłocznie przewodniczącemu Komisji.

§ 9. Za właściwe przygotowanie egzaminów jest odpowiedzialny przewodniczący Komisji, a za prawidłowy przebieg egzaminu - przewodniczący zespołu.

§ 10. 1. Na podstawie pozytywnego wyniku egzaminu Komisja, w terminie 14 dni od dnia egzaminu, wydaje świadectwo kwalifikacyjne według wzoru stanowiącego załącznik nr 2 do rozporządzenia.

2. W razie negatywnego wyniku egzaminu osoba zainteresowana może ponownie przystąpić do egzaminu, po złożeniu wniosku, o którym mowa w § 7 ust. 1, oraz uiszczeniu opłaty.

§ 11. Przewodniczący Komisji, po wydaniu świadectwa kwalifikacyjnego lub zawiadomieniu osoby zainteresowanej o negatywnym wyniku egzaminu, przekazuje niezwłocznie kierownikowi jednostki organizacyjnej, przy której powołano Komisję, dokumentację przeprowadzonego egzaminu.

§ 12. 1. Komisje kwalifikacyjne są powoływane:

- 1) u przedsiębiorcy zatrudniającego co najmniej 200 osób wykonujących prace, o których mowa w § 5 ust. 1,
 - 2) przy stowarzyszeniach naukowo-technicznych, jeżeli statuty tych stowarzyszeń zawierają postanowienia określające zakres wykonywanej działalności na rzecz gospodarki energetycznej,
 - 3) w jednostkach podległych właściwym ministrom lub Szefom Agencji, o których mowa w art. 54 ust. 3 pkt 2 i 3 ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne
 - na ich wniosek.
2. Wniosek, o którym mowa w ust. 1, powinien zawierać:
- 1) nazwę i adres jednostki organizacyjnej;
 - 2) wypis z właściwego rejestru oraz akt założycielski lub statut, potwierdzające zakres wykonywanej działalności, a w przypadku stowarzyszenia - jego naukowo-techniczny charakter;
 - 3) wykaz stanowisk pracy oraz liczbę osób wykonujących prace, o których mowa w § 5 ust. 1 pkt 1 - odrębnie dla poszczególnych grup i rodzajów urządzeń, instalacji i sieci określonych w załączniku nr 1 do rozporządzenia, przy których eksploatacji jest wymagane posiadanie kwalifikacji - w przypadku wniosku składanego przez przedsiębiorcę;
 - 4) szczegółowe uzasadnienie wskazujące, że jednostka organizacyjna występująca o powołanie Komisji zapewni właściwe przeprowadzenie egzaminów;

- 5) proponowany skład Komisji z podaniem imion i nazwisk jej członków, ich miejsc pracy, zajmowanych stanowisk, posiadanych kwalifikacji i funkcji, jakie mają w niej pełnić;
- 6) oświadczenia zainteresowanych osób o wyrażeniu zgody na powołanie w skład Komisji;
- 7) wypisy z Krajowego Rejestru Karnego o niekaralności kandydatów na członków Komisji.

3. Organ uprawniony do powoływania Komisji, o którym mowa w art. 54 ust. 3 ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne, zwany dalej "organem uprawnionym", może wnieść, w terminie 7 dni od dnia wpływu wniosku, umotywowane zastrzeżenia do proponowanego składu Komisji oraz zakresu sprawdzanych kwalifikacji.

4. Kierownik jednostki organizacyjnej, przy której ma być powołana Komisja, w terminie 7 dni od dnia otrzymania zastrzeżeń, o których mowa w ust. 3, powinien się do nich ustosunkować, a w przypadku uznania zastrzeżeń za zasadne - zaproponować nowy skład Komisji.

§ 13. 1. W przypadku gdy treść wniosku, o którym mowa w § 12 ust. 1, nie budzi zastrzeżeń, organ uprawniony powołuje Komisję, w terminie 14 dni od dnia otrzymania wniosku.

2. Dokument o powołaniu Komisji powinien zawierać:

- 1) nazwę i adres jednostki organizacyjnej, przy której powołuje się Komisję;
- 2) określenie:
 - a) składu Komisji - imiona i nazwiska jej członków oraz pełnione przez nich funkcje,
 - b) zakresu sprawdzanych kwalifikacji.

§ 14. 1. Jeżeli osoba zainteresowana nie przystąpiła do egzaminu z przyczyn od niej niezależnych, przewodniczący Komisji, na wniosek tej osoby, wyznacza następny termin egzaminu lub zarządza zwrot opłaty.

2. Opłaty są pobierane w wysokości 10% minimalnego wynagrodzenia za pracę pracowników, obowiązującego w dniu złożenia wniosku, o którym mowa w § 7 ust. 1.

§ 15. Traci moc rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 marca 1998 r. w sprawie wymagań kwalifikacyjnych dla osób zajmujących się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci oraz trybu stwierdzania tych kwalifikacji, rodzajów instalacji i urządzeń, przy których eksploatacji wymagane jest posiadanie kwalifikacji, jednostek organizacyjnych, przy których powołuje się komisje kwalifikacyjne, oraz wysokości opłat pobieranych za sprawdzenie kwalifikacji (Dz. U. Nr 59, poz. 377 oraz z 2000 r. Nr 15, poz. 187).

§ 16. Rozporządzenie wchodzi w życie po upływie 30 dni od dnia ogłoszenia.

¹⁾ Minister Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej kieruje działem administracji rządowej - gospodarka, na podstawie § 1 ust. 2 pkt 1 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 7 stycznia 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej (Dz. U. Nr 1, poz. 5).

2) Zmiany wymienionej ustawy zostały ogłoszone w Dz. U. z 1997 r. Nr 158, poz. 1042, z 1998 r. Nr 94, poz. 594, Nr 106, poz. 668 i Nr 162, poz. 1126, z 1999 r. Nr 88, poz. 980, Nr 91, poz. 1042 i Nr 110, poz. 1255, z 2000 r. Nr 43, poz. 489, Nr 48, poz. 555 i Nr 103, poz. 1099, z 2001 r. Nr 154, poz. 1800 i 1802, z 2002 r. Nr 74, poz. 676, Nr 113, poz. 984 i Nr 135, poz. 1144 oraz z 2003 r. Nr 50, poz. 424 i Nr 80, poz. 718.

ZAŁĄCZNIKI

ZAŁĄCZNIK Nr 1⁽¹⁾

RODZAJ URZĄDZEŃ, INSTALACJI I SIECI, PRZY KTÓRYCH EKSPLOATACJI JEST WYMAGANE POSIADANIE KWALIFIKACJI

Grupa 1. Urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne wytwarzające, przetwarzające, przesyłające i zużywające energię elektryczną:

- 1) urządzenia prądotwórcze przyłączone do krajowej sieci elektroenergetycznej bez względu na wysokość napięcia znamionowego;
- 2) urządzenia, instalacje i sieci elektroenergetyczne o napięciu nie wyższym niż 1 kV;
- 3) urządzenia, instalacje i sieci o napięciu znamionowym powyżej 1 kV;
- 4) zespoły prądotwórcze o mocy powyżej 50 kW;

- 5) urządzenie elektrotermiczne;
- 6) urządzenia do elektrolizy;
- 7) sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego;
- 8) elektryczna sieć trakcyjna;
- 9) elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym;
- 10) aparatura kontrolno-pomiarowa oraz urządzenia i instalacje automatycznej regulacji; sterowania i zabezpieczeń urządzeń i instalacji wymienionych w pkt 1-9;
- 11) urządzenia techniki wojskowej lub uzbrojenia;
- 12) urządzenia ratowniczo-gaśnicze i ochrony granic.

Grupa 2. Urządzenia wytwarzające, przetwarzające, przesyłające i zużywające ciepło oraz inne urządzenia energetyczne:

- 1) kotły parowe oraz wodne na paliwa stałe, płynne i gazowe, o mocy powyżej 50 kW, wraz z urządzeniami pomocniczymi;
- 2) sieci i instalacje ciepłe wraz z urządzeniami pomocniczymi, o przesył ciepła powyżej 50 kW;
- 3) turbiny parowe oraz wodne o mocy powyżej 50 kW, wraz z urządzeniami pomocniczymi;
- 4) przemysłowe urządzenia odbiorcze pary i gorącej wody, o mocy powyżej 50 kW;
- 5) urządzenia wentylacji, klimatyzacji i chłodnicze, o mocy powyżej 50 kW;
- 6) pompy, ssawy, wentylatory i dmuchawy, o mocy powyżej 50 kW;
- 7) sprężarki o mocy powyżej 20 kW oraz instalacje sprężonego powietrza i gazów technicznych;
- 8) urządzenia do składowania, magazynowania i rozładunku paliw, o pojemności składowania odpowiadającej masie ponad 100 Mg;
- 9) piece przemysłowe o mocy powyżej 50 kW;
- 10) aparatura kontrolno-pomiarowa i urządzenia automatycznej regulacji do urządzeń i instalacji wymienionych w pkt 1-9;
- 11) urządzenia techniki wojskowej lub uzbrojenia;
- 12) urządzenia ratowniczo-gaśnicze i ochrony granic.

Grupa 3. Urządzenia, instalacje i sieci gazowe wytwarzające, przetwarzające, przesyłające, magazynujące i zużywające paliwa gazowe:

- 1) urządzenia do produkcji paliw gazowych, generatory gazu;
- 2) urządzenia do przetwarzania i uzdatniania paliw gazowych, rozkładanie paliw gazowych, urządzenia przeróbki gazu ziemnego, oczyszczalnie gazu, rozprężalnie i rozlewnie gazu płynnego, odazotownie, mieszalnie;
- 3) urządzenia do magazynowania paliw gazowych;
- 4) sieci gazowe rozdzielcze o ciśnieniu nie wyższym niż 0,5 MPa (gazociągi i punkty redukcyjne, stacje gazowe);
- 5) sieci gazowe przesyłowe o ciśnieniu powyżej 0,5 MPa (gazociągi, stacje gazowe, tłocznie gazu);
- 6) urządzenia i instalacje gazowe o ciśnieniu nie wyższym niż 5 kPa;
- 7) urządzenia i instalacje gazowe o ciśnieniu powyżej 5 kPa;
- 8) przemysłowe odbiorniki paliw gazowych o mocy powyżej 50 kW;
- 9) turbiny gazowe;
- 10) aparatura kontrolno-pomiarowa, urządzenia sterowania do sieci, urządzeń i instalacji wymienionych w pkt 1-9.

ZAŁĄCZNIK Nr 2

WZÓR

ŚWIADECTWO KWALIFIKACYJNE Nr

**uprawniające do zajmowania się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci na stanowisku:
(dozoru, eksploatacji)^{*/}**

wzór

załącznik 2

Dz.U.03.41.351

2004-05-01

zm. Dz.U.04.82.754

§1

ROZPORZĄDZENIE

MINISTRA GOSPODARKI, PRACY I POLITYKI SPOŁECZNEJ¹⁾

z dnia 20 lutego 2003 r.

**w sprawie przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej oraz
rodzajów przyrządów pomiarowych, które są legalizowane bez zatwierdzenia typu**

(Dz. U. z dnia 10 marca 2003 r.)

Na podstawie art. 8 ust. 2 i art. 9 pkt 6 ustawy z dnia 11 maja 2001 r. - Prawo o miarach (Dz. U. Nr 63, poz. 636 i Nr 154, poz. 1800 oraz z 2002 r. Nr 155, poz. 1286 i Nr 166, poz. 1360) zarządza się, co następuje:

§ 1. Prawnej kontroli metrologicznej podlegają przyrządy pomiarowe służące do pomiaru:

- 1) wielkości akustycznych i drgań mechanicznych:
 - a) kalibratory akustyczne, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu,
 - b) mierniki poziomu dźwięku,
 - c) ⁽¹⁾ audiometry tonowe, które podlegają wyłącznie legalizacji ponownej,
 - d) ⁽²⁾ przetworniki drgań mechanicznych piezoelektryczne o masie do 300 g, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu,
 - e) mierniki drgań mechanicznych oddziałujących na człowieka;
- 2) wielkości elektrycznych i magnetycznych:
 - a) liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego, klasy dokładności 0,2; 0,5; 1; 2,
 - b) ⁽³⁾ przekładniki klasy dokładności 0,5 i dokładniejsze do współpracy z licznikami, o których mowa w lit. a, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu i legalizacji pierwotnej,
 - c) ⁽⁴⁾ (uchylona);
- 3) objętości i przepływu płynów oraz do pomiaru ciepła:
 - a) gazomierze:
 - turbinowe o maksymalnym strumieniu objętości nie większym niż 6.500 m³/h,
 - rotorowe,
 - miechowe,
 - b) przeliczniki do gazomierzy, o których mowa w lit. a,
 - c) ⁽⁵⁾ wodomierze o nominalnym strumieniu objętości nie większym niż 500 m³/h,
 - d) liczniki do cieczy innych niż woda, o maksymalnym strumieniu objętości nie większym niż 2.000 dm³/min,
 - e) instalacje pomiarowe:
 - do gazu ciekłego propan-butan, o maksymalnym strumieniu objętości nie większym niż 1.000 dm³/min,

- do cieczy kriogenicznych, o maksymalnym strumieniu objętości nie większym niż 600 dm³/min,
- do pozostałych cieczy innych niż woda, o maksymalnym strumieniu objętości nie większym niż 6.000 dm³/min,
- f) odmierzacze:
 - paliw ciekłych innych niż gazy ciekłe,
 - gazu ciekłego propan-butan,
- g) przeliczniki do liczników do cieczy innych niż woda, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu,
- h) urządzenia wtórne liczników do cieczy innych niż woda, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu,
- i) kolby metalowe II rzędu,
- j) ⁽⁶⁾ szklane przyrządy pomiarowe, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu i legalizacji pierwotnej:
 - kolby szklane z jedną kreską klasy A,
 - cylindry pomiarowe klasy A,
 - pipety laboratoryjne jednomiarowe klasy A,
 - pipety laboratoryjne wielomiarowe klasy A,
 - biurety zwykłe klasy A,
- k-n) ⁽⁷⁾ (uchylone),
- o) ⁽⁸⁾ pojemniki przeznaczone do pomiaru i sprawdzania objętości cieczy,
- p) zbiorniki pomiarowe,
- q) samochodowe cysterny pomiarowe,
- r) ⁽⁹⁾ beczki:
 - drewniane,
 - metalowe oraz z tworzyw sztucznych, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu i legalizacji pierwotnej,
- s) pływakowe mierniki objętości mleka,
- t) ⁽¹⁰⁾ ciepłomierze do wody o nominalnym strumieniu objętości nie większym niż 500 m³/h, z wyłączeniem ciepłomierzy zwężkowych i ciepłomierzy składanych,
- u) przeliczniki wskazujące do ciepłomierzy do wody, z wyłączeniem przeliczników wskazujących do ciepłomierzy zwężkowych,
- v) pary czujników temperatury do ciepłomierzy do wody, z wyłączeniem par czujników temperatury do ciepłomierzy zwężkowych,
- w) ⁽¹¹⁾ przetworniki przepływu do ciepłomierzy do wody o nominalnym strumieniu objętości nie większym niż 500 m³/h, z wyłączeniem przetworników przepływu zwężkowych;
- 4) długości i wielkości związanych:
 - a) przyrządy do pomiaru długości tkanin, drutu, kabla, materiałów taśmowych, opatrunkowych i papierowych,
 - b) ⁽¹²⁾ materialne miary długości:
 - przymiary wstęgowe,
 - przymiary sztywne, w tym bławatne, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu i legalizacji pierwotnej, oraz do pomiaru wysokości napełnienia zbiorników,
 - przymiary półsztywne, w tym do pomiaru wysokości napełnienia zbiorników,
 - przymiary składane, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu i legalizacji pierwotnej,
 - c) maszyny do pomiaru pola powierzchni skór;
- 5) parametrów ruchu:
 - a) przyrządy kontrolne - tachografy samochodowe,
 - b) ⁽¹³⁾ taksometry elektroniczne,
 - c) przyrządy do pomiaru prędkości pojazdów w ruchu drogowym,
 - d) wykresówki do tachografów samochodowych, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu;
- 6) masy:
 - a) odważniki klasy dokładności E1, E2, F1, F2, M1 i M2,
 - b) ⁽¹⁴⁾ wagi nieautomatyczne, które podlegają wyłącznie legalizacji ponownej,
 - c) wagi automatyczne:
 - porcjujące (w tym dozowniki objętościowe),
 - przenośnikowe,
 - odważające,
 - dla pojedynczych ładunków,
 - kontrolne i sortujące,

- d) wagi wagonowe do ważenia w ruchu wagonów spiętych,
- e) wagi samochodowe do ważenia pojazdów w ruchu;
- 7) gęstości:
 - a) areometry szklane:
 - ⁽¹⁵⁾ alkoholomierze i densymetry do alkoholu, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu i legalizacji pierwotnej,
 - densymetry do cieczy innych niż alkohol,
 - cukromierze,
 - b) gęstościomierze oscylacyjne do pomiaru gęstości cieczy,
 - c) gęstościomierze zbożowe:
 - 20 L wzorcowe, które podlegają wyłącznie zatwierdzeniu typu,
 - 20 L użytkowe,
 - 1 L, 1/4 L;
- 8) siły - maszyny wytrzymałościowe do prób statycznych;
- 9) ⁽¹⁶⁾ ciśnienia - manometry do pomiaru ciśnienia w ogumieniu pojazdów mechanicznych;
- 10) ⁽¹⁷⁾ wielkości chemicznych i fizykochemicznych:
 - a) analizatory spalin samochodowych,
 - b) analizatory wydechu;
- 11) wilgotności - wilgotnościomierze do ziarna zbóż i nasion oleistych:
 - a) pojemnościowe,
 - b) oporowe,
 - c) spektralne.

§ 2. Bez zatwierdzenia typu legalizowane są następujące rodzaje przyrządów pomiarowych:

- 1) odważniki klasy dokładności E1, E2, F1, F2, M1 i M2;
- 2) gęstościomierze zbożowe 1 L, 1/4 L;
- 3) ⁽¹⁸⁾ (uchylony);
- 4) ⁽¹⁹⁾ cukromierze i densymetry do cieczy innych niż alkohol, które podlegają wyłącznie legalizacji pierwotnej.

§ 3. Rozporządzenie wchodzi w życie po upływie 14 dni od dnia ogłoszenia.

¹⁾ Minister Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej kieruje działem administracji rządowej - gospodarka, na podstawie § 1 ust. 2 pkt 1 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 7 stycznia 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej (Dz. U. Nr 1, poz. 5).

4.7.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na zadane pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do ćwiczeń.

- 1. Jak zbudowany jest układ regulacji?
- 2. Jakie znasz typy czujników?
- 3. Jakie są podstawowe rodzaje regulacji?
- 4. Jakie czynności wykonujemy przy montażu układu automatyki?
- 5. Jak sprawdzamy linie pomiarowe?
- 6. Jakie są rodzaje linii pomiarowych?

4.7.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Montaż czujników na obiekcie laboratoryjnym.

Ćwiczenie polega na zamontowaniu na obiekcie laboratoryjnym czujników poziomu i temperatury według podanego rysunku technicznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnicza rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,
- miernik uniwersalny,
- dywaniki dielektryczne.

Ćwiczenie 2

Montaż elementów wykonawczych na obiekcie laboratoryjnym.

Ćwiczenie polega na zamontowaniu na obiekcie laboratoryjnym określonych elementów wykonawczych według podanego rysunku technicznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnicza rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,

Ćwiczenie 3

Montaż regulatora PID w szafie sterowniczej.

Ćwiczenie polega na zamontowaniu w szafie sterowniczej regulatora PID i podłączeniu go do okablowania szafy według podanego rysunku technicznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnicza rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,

Ćwiczenie 4

Montaż sterownika PLC w szafie sterowniczej.

Ćwiczenie polega na zamontowaniu w szafie sterowniczej sterownika PLC i podłączeniu go do okablowania szafy według podanego rysunku technicznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnicza rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,

Ćwiczenie 5

Programowanie sterownika PLC.

Ćwiczenie polega na zaprogramowaniu sterownika PLC przy pomocy programu narzędziowego do realizacji określonego zadania sterującego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rozdzielnicza rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,

Ćwiczenie 6

Dobór nastaw regulatora PID.

Ćwiczenie polega na doborze nastaw dla regulatora PID połączonego z obiektem metodą Zieglera – Nicolsa.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

- Wyposażenie stanowiska pracy:
- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
 - narzędzia monterskie,
 - próbnik napięcia,

Ćwiczenie 7

Pomiar jakości regulacji temperatury w różnych obiektach laboratoryjnych.
 Ćwiczenie polega na wykreśleniu krzywej przebiegu wartości regulowanej i określeniu jakości regulacji przez porównanie z podanym wykresem.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobrać sprzęt zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym,
- 2) dobrać ubiór ochronny,
- 3) dobrać narzędzia do wykonania zadania,
- 4) podłączyć wyłącznik zgodne z przepisami bhp.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- rozdzielnica rzeczywista nie podłączona, wyposażona kompletnie,
- narzędzia monterskie,
- próbnik napięcia,

4.7.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) Wymienić podstawowe cechy układu regulacji?	☐	☐
2) Wymienić rodzaje stosowanych regulatorów?	☐	☐
3) Wymienić podstawowe typy i rodzaje czujników?	☐	☐
4) Wymienić czynności obsługowe układu regulacji?	☐	☐
5) Wymienić czynności kontrolne układu regulacji?	☐	☐
6) Wymienić elementy sterujące i wykonawcze?	☐	☐
7) Wymienić procedury doboru nastaw regulatora?	☐	☐
8) Wymienić zastosowania sterownika PLC?	☐	☐
9) Wymienić funkcje sterownika PLC?	☐	☐
10) Wymienić sposoby pomiaru jakości regulacji?	☐	☐
11) Wymienić podstawowe rodzaje regulacji?	☐	☐
12) Wymienić różnice między regulacją dwustawną i ciągłą?	☐	☐
13) Wymienić rodzaje wejść i wyjść regulatorów?	☐	☐
14) Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe cechy układu regulacji?	☐	☐
15) Rozróżnić i scharakteryzować rodzaje stosowanych regulatorów?	☐	☐
16) Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe typy i rodzaje czujników?	☐	☐
17) Rozróżnić i scharakteryzować czynności obsługowe układu regulacji?	☐	☐
18) Rozróżnić i scharakteryzować czynności kontrolne układu regulacji?	☐	☐

- | | | | |
|-----|---|--------------------------|--------------------------|
| 19) | Rozróżnić i scharakteryzować elementy sterujące i wykonawcze? | ☐ | ☐ |
| 20) | Rozróżnić i scharakteryzować procedury doboru nastaw regulatora? | ☐ | ☐ |
| 21) | Rozróżnić i scharakteryzować zastosowania sterownika PLC? | ☐ | ☐ |
| 22) | Rozróżnić i scharakteryzować funkcje sterownika PLC? | ☐ | ☐ |
| 23) | Rozróżnić i scharakteryzować sposoby pomiaru jakości? regulacji? | ☐ | ☐ |
| 24) | Rozróżnić i scharakteryzować podstawowe rodzaje regulacji? | ☐ | ☐ |
| 25) | Rozróżnić i scharakteryzować różnice między regulacją dwustawną i ciągłą? | ☐ | ☐ |
| 26) | Rozróżnić i scharakteryzować rodzaje wejść i wyjść regulatorów? | ☐ | ☐ |

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

1. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
2. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi.
3. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
4. Zestaw zadań testowych składa się z zadań zamkniętych (zadań wielokrotnego wyboru).
5. Zadania typu wielokrotnego wyboru mają 4 wersje odpowiedzi, z których tylko jedna jest prawidłowa. Prawidłową odpowiedź należy zakreślić we właściwym miejscu na karcie odpowiedzi. W zestawie znajduje się także zadanie, w którym należy podkreślić więcej niż jedną odpowiedź.
6. W przypadku pomyłki błędą odpowiedź należy zakreślić kółkiem i ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
7. Jeżeli udzielenie odpowiedzi na jakieś pytanie sprawia Ci trudność, to opuść je i przejdź do zadania następnego. Do zadań bez odpowiedzi możesz wrócić później.

Powodzenia !

Zestaw zadań testowych

1. Jakie typowe ciśnienie występuje w układzie pneumatycznym ?
 - a) 4 MPa,
 - b) 0,4 MPa,
 - c) 0,6 MPa,
 - d) 6 MPa.
2. Reduktor ciśnienia służy do:
 - a) utrzymania ciśnienia wyjściowego na stałym poziomie, niezależnie od ciśnienia wejściowego,
 - b) utrzymania ciśnienia wyjściowego na stałym poziomie, niezależnie od ciśnienia wejściowego, które jednak musi być zawsze wyższe od ciśnienia wyjściowego,
 - c) utrzymania ciśnienia wejściowego na stałym poziomie, niezależnie od ciśnienia wyjściowego,
 - d) utrzymania ciśnienia wejściowego i wyjściowego na stałym poziomie.
3. Aby zmienić kierunek przesuwu tłoczyska siłownika należy:
 - a) zamienić miejscami dwa przewody pneumatyczne doprowadzające powietrze do siłownika,
 - b) wykonać czynność z punktu A i dodatkowo zamienić przewody elektryczne do cewek rozdzielaczy,
 - c) wymienić kompletny rozdzielacz pneumatyczny,
 - d) wymienić kompletny siłownik.

4. Zawór bezpieczeństwa służy w układzie pneumatycznym do:
- zabezpieczenia układu w przypadku awaryjnego wzrostu ciśnienia,
 - regulacji ciśnienia powietrza,
 - sterowania sprężarką,
 - wypuszczania kondensatu ze zbiornika.
5. Osuszania powietrza w układzie pneumatycznym można dokonać poprzez:
- zamrażanie lub oziębianie powietrza sprężonego,
 - podgrzewanie powietrza sprężonego,
 - podgrzewanie rur instalacji palnikami,
 - naolejenie powietrza za pomocą smarownicy powietrza.
6. Regulacji prędkości ruchu tłoczyska siłownika można dokonać za pomocą:
- zaworu dławiącego,
 - reduktora ciśnienia,
 - zaworu zwrotnego,
 - zaworu szybkiego spustu.
7. Siła z jaką działa siłownik pneumatyczny przy ruchu powrotnym zależy od:
- ciśnienia powietrza, średnicy tłoka, średnicy tłoczyska,
 - ciśnienia powietrza, średnicy tłoka, średnicy tłoczyska, ustawienia zaworu dławiącego,
 - ciśnienia powietrza, średnicy tłoka, ustawienia zaworu dławiącego,
 - ciśnienia powietrza, średnicy tłoka, ustawienia zaworu dławiącego, ustawienia tłumienia tłumików na końcach siłownika.
8. Podkreśl trzy cechy układu pneumatycznego
- jest sprężysty w działaniu,
 - można go zastosować do napędu organów roboczych koparki,
 - posiada zbiornik z olejem,
 - posiada sprężarkę,
 - ciśnienie w tym układzie wynosi najczęściej 0,6 MPa,
 - powietrze z siłownika kierowane jest do zbiornika powietrza,
 - powietrze pracuje w obiegu zamkniętym.
9. Rozdzielacz 5/2 różni się od rozdzielacza 4/2 następującymi cechami:
- liczbą króćców wylotowych powietrza,
 - liczbą króćców wylotowych powietrza i liczbą położeń roboczych,
 - liczbą króćców wlotowych powietrza i liczbą położeń roboczych,
 - rodzajem sterowania suwakiem.
10. Cewka rozdzielacza elektropneumatycznego na napięcie 24 V DC może być zastąpiona przez:
- tylko taką samą cewkę,
 - 48 V DC,
 - 12 V DC,
 - 24 V AC.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko:

Klasa:

Data:

nr pytania	A	B	C	D	E	F	G	liczba punktów
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								

6. LITERATURA

1. Mechatronika. Wydawnictwo REA, Warszawa 2002
2. Praktyczna Elektrotechnika Ogólna. Wydawnictwo REA, Warszawa 2002