



**LABORATORIUM NAPĘDÓW HYDRAULICZNYCH
I PNEUMATYCZNYCH**

**INSTYTUT MASZYN ROBOCZYCH CIĘŻKICH
WYDZIAŁ SAMOCHODÓW I MASZYN ROBOCZYCH
POLITECHNIKA WARSZAWSKA**
ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa



Ćwiczenie HP3

Dokładność pozycjonowania tłoczyska cylindra hydraulicznego

Instrukcja

Opracowanie: dr inż. Jarosław Kuśmierczyk

1. Cel ćwiczenia

Analiza dokładności pozycjonowania tłoczyska cylindra hydraulicznego za pomocą układu z zaworem proporcjonalnym.

2. Wymagany zakres wiedzy

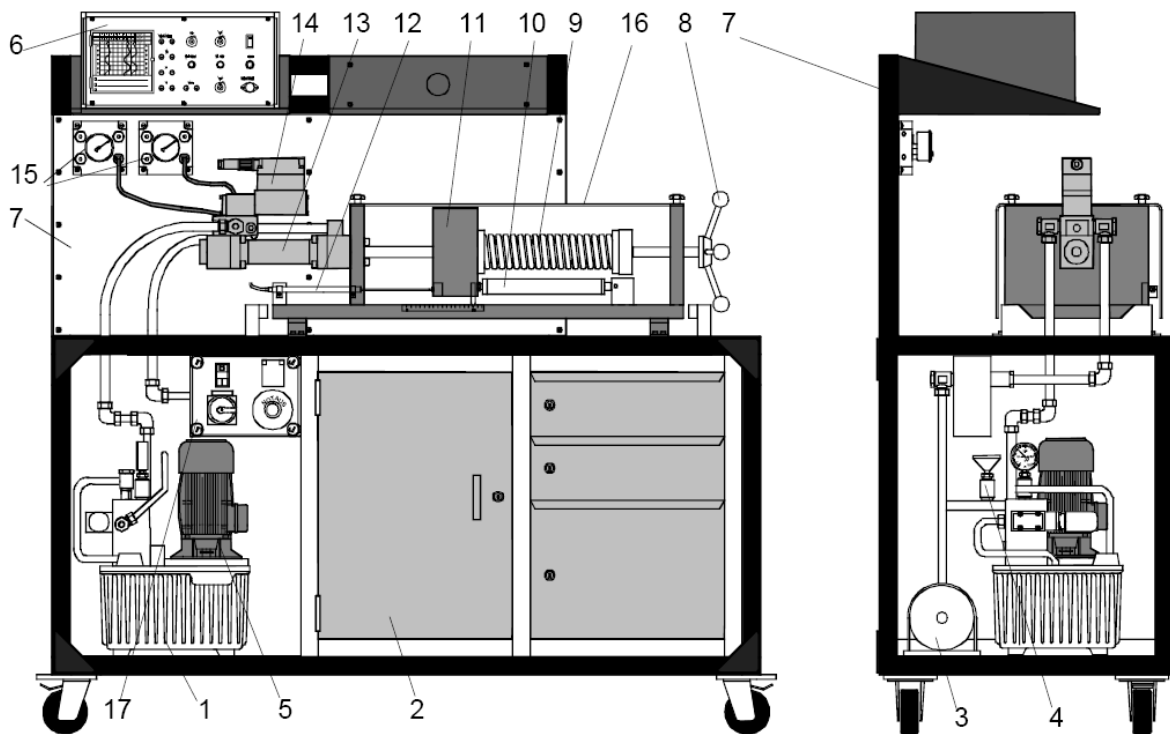
Podstawowe zagadnienia dotyczące układów hydraulicznych (mechanizmy typu serwo – wzmacniacze hydrauliczne, rozdzielacze proporcjonalne, proste obliczenia) oraz układów automatycznej regulacji (rodzaje wymuszeń, typy regulatorów, itp.).

3. Stanowisko do ćwiczeń

3.1. Opis ogólny stanowiska

Stanowisko składa się z następujących elementów:

- Cylindra hydraulicznego
- Zaworu proporcjonalnego
- Zasilacza hydraulicznego
- Wzmacniacza
- Przetwornika położenia
- Suwak



Rys.1. Stanowisko laboratoryjne

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1. Zbiornik oleju | 10. Tłumik |
| 2. Szafka | 11. Suwak |
| 3. Akumulator hydrauliczny | 12. Przetwornik położenia |
| 4. Zawór bezpieczeństwa | 13. Cylinder hydrauliczny |
| 5. Pompa | 14. Zawór proporcjonalny |
| 6. Wzmacniacz | 15. Manometr |
| 7. Tylne ściana | 16. Osłona zabezpieczająca |
| 8. Mechanizm napinania sprężyny | 17. Panel sterujący |
| 9. Sprężyny | |

Cylinder hydrauliczny (13) ma skok 150 mm. Zawór proporcjonalny (14) jest zamontowany bezpośrednio na cylindrze. Dzięki temu skrócono do minimum odległość między elementami. Do tłoczyska przymocowany jest suwak (11) o masie 50 kg. Suwak jest zamocowany na łożyskach kulkowych, które zmniejszają tarcie o podłoże.

Obciążenie cylindra hydraulicznego można regulować za pomocą dwóch symetrycznie ustawionych sprężyn śrubowych (9).

Dzięki tłumikowi (10) stanowisko pozwala również prowadzić analizy dotyczące tłumienia.

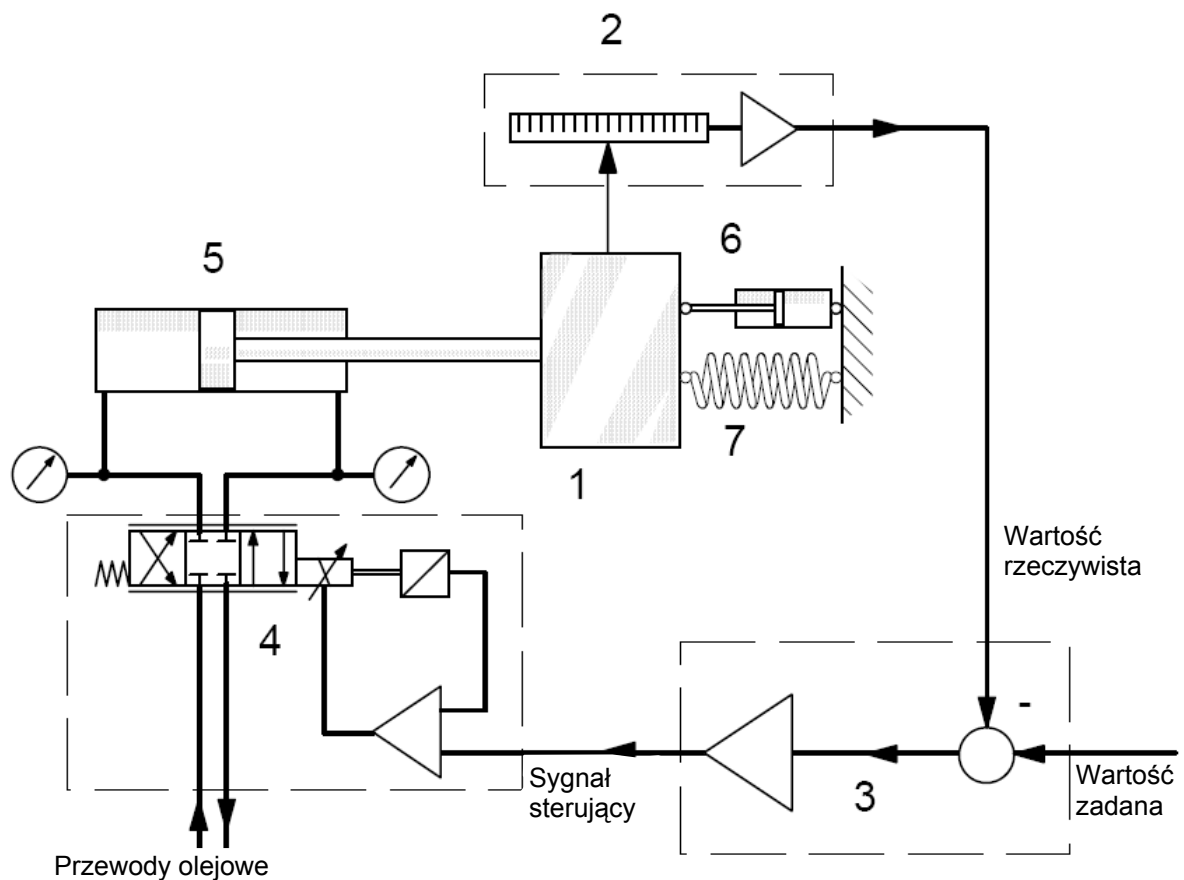
Położenie suwaka jest mierzone za pomocą przetwornika potencjometrycznego (12) i przekazywane do wzmacniacza (6), który znajduje się w oddzielnej obudowie. Wszystkie sygnały sterujące można zmierzyć podłączając urządzenie pomiarowe do gniazd umieszczonych na czołowej płycie wzmacniacza, który jest również wyposażony w drukarkę.

Zasilacz hydrauliczny składa się ze zbiornika oleju (1) o pojemności 10 litrów, pompy (5), filtra, zaworu bezpieczeństwa, manometru, akumulatora hydraulicznego (3) i znajduje się poniżej na dole stanowiska. Manometry (15) przymocowane do tylnej ściany (7) wskazują ciśnienie panujące po obu stronach tłoczyska.

Na panelu sterującym (17) znajduje się włącznik pompy, główny włącznik zasilania, wyłącznik awaryjny i gniazdko elektryczne (230V / 50Hz).

Dodatkowe akcesoria można przechowywać w szafce (2).

3.2. Opis układu sterowania



Rys.2. Schemat układu sterowania

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. Suwak | 5. Cylinder hydrauliczny |
| 2. Przetwornik położenia | 6. Tłumik |
| 3. Wzmacniacz | 7. Sprężyna |
| 4. Zawór proporcjonalny | |

Zadaniem układu sterującego zaworem proporcjonalnym jest ustawienie suwaka (1) w zadanym położeniu z największą możliwą dokładnością i prędkością.

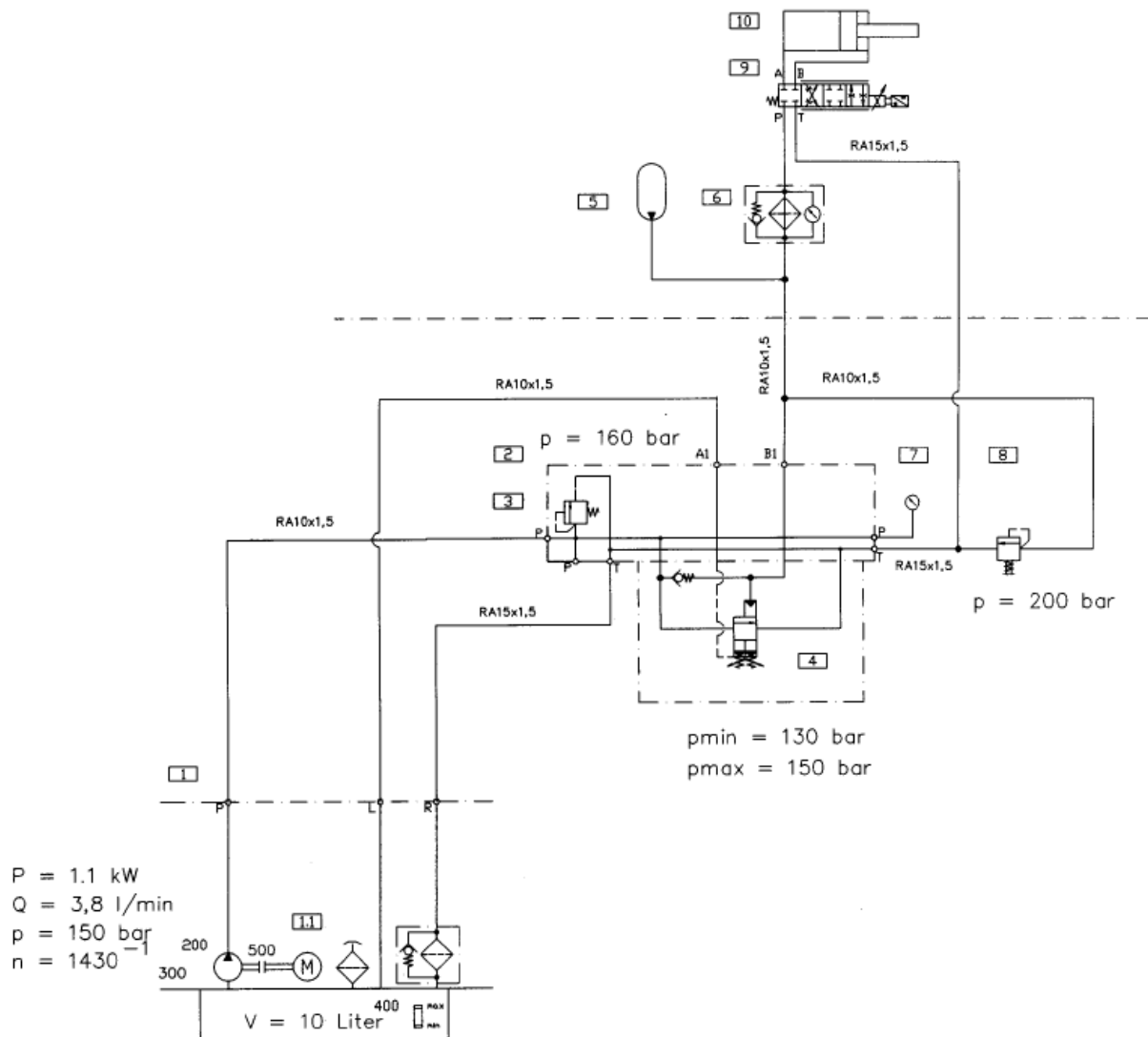
W tym celu dokonywany jest pomiar rzeczywistego położenia suwaka (1) za pomocą przetwornika położenia (2). Następnie wzmacniacz (3) porównuje wartość rzeczywistą z wartością zadaną (wyznacza uchyb) i na tej podstawie steruje pracą zaworu.

Ważnym kryterium oceny jakości układu sterowania wykorzystującego zawór regulacyjny jest dokładność pozycjonowania pod zmiennym obciążeniem, na którą decydujący wpływ ma jego sztywność.

Wzrost obciążenia musi zostać zrównoważony przez wzrost ciśnienia po odpowiedniej stronie tłoczyska cylindra hydraulicznego, który zależy od napięcia sterującego zaworem proporcjonalnym. Wartość napięcia jest określana przez sterownik na podstawie uchybu położenia tłoczyska siłownika.

Sztywność układu jest określana jako iloraz obciążenia (zewnętrznej siły działającej na tłoczysko) i błędu położenia tłoczyska.

3.3. Układ hydrauliczny



Rys.3. Schemat układu hydraulicznego.

Olej jest tłoczony przez pompę oleju (1) (przez przewód P) do zaworu bezpieczeństwa (3). Jeżeli ciśnienie w układzie jest za wysokie, zawór (3) otworzy się odprowadzając nadmiar oleju do zbiornika przewód T. Ciśnienie za pompą można odczytać na manometrze (7). Za zaworem bezpieczeństwa znajduje się zawór akumulatora hydraulicznego (4). W trybie napełniania akumulatora ($p < 130$ bar) zawór jest zamknięty a olej płynie przez zawór jednokierunkowy do akumulatora hydraulicznego (5). Kiedy ciśnienie w akumulatorze osiągnie wartość 150 bar, zawór (4) otworzy się i olej zamiast do akumulatora popłynie do zbiornika. W takiej sytuacji zawór jednokierunkowy zapobiega wypływowi oleju z akumulatora. Zawór bezpieczeństwa (8) steruje ciśnieniem w obwodzie akumulatora.

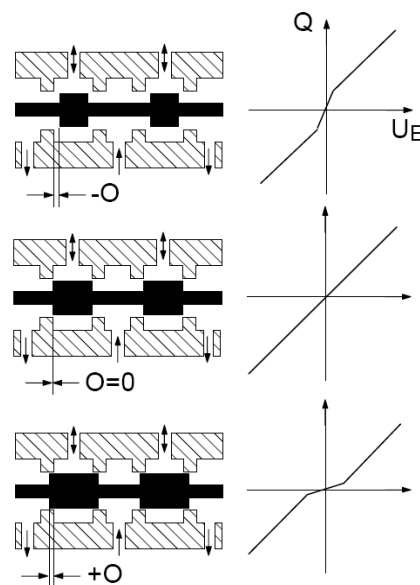
Aby zapobiec zanieczyszczeniu zaworu proporcjonalnego (9) zastosowano bardzo dokładny filtr (6) po stronie zasilania. Poziom zanieczyszczenia filtra wskazuje manometr.

Oprócz tego w układzie znajduje się drugi filtr oleju bezpośrednio na spływie do zbiornika. Zawór proporcjonalny (9) steruje pracą cylindra hydraulicznego (10).

3.4. Zawór proporcjonalny - budowa i działanie.

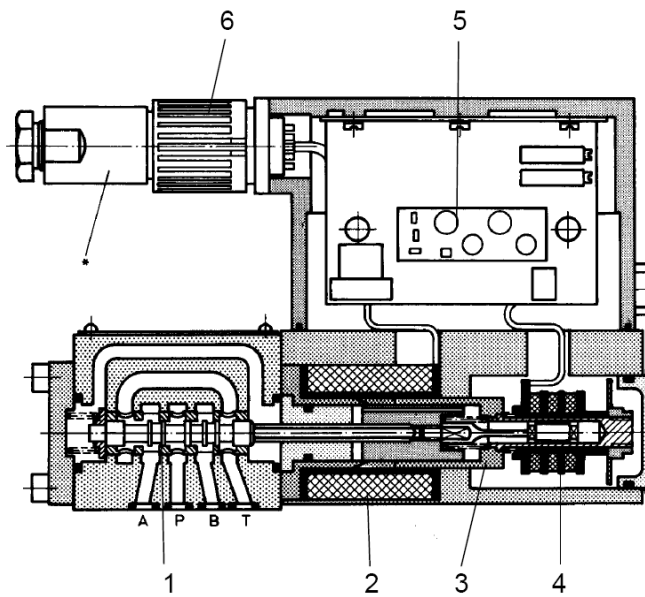
Zawór proporcjonalny jest najważniejszym elementem hydraulicznego układu sterowania. Przekształca sygnały elektryczne pochodzące ze wzmacniacza na zmianę ciśnienia i wydatku.

Zawór charakteryzuje się **zerowym przekryciem suwaka**. Oznacza to brak martwej strefy w środkowej części charakterystyki (rys. 4). Ma ponadto liniową charakterystykę, która zapewnia stabilną pracę. Zawór proporcjonalny znajdujący się na stanowisku jest wyposażony we własny wzmacniacz umieszczony bezpośrednio na nim. Sygnałem sterującym jest sygnał napięciowy a zakresie $\pm 10V$.



Rys.4. Wpływ przekrycia suwaka zaworu na jego charakterystykę.

Rysunek nr 5 przedstawia przekrój zaworu. Po lewej stronie znajduje się suwak zaworu (1) - przetwornik mechaniczno-hydrauliczny. Po jego prawej stronie znajdują się przetwornik elektryczno-mechaniczny, który składa się z cewki elektromagnetycznej (2) i kotwicy (3).



Rys.5. Przekrój zaworu proporcjonalnego

Położenie kotwicy jest niezależne od tarcia i ciśnienia panującego w zaworze. Jest ono regulowane za pomocą układu sterującego położeniem. W tym celu dokonywany jest pomiar rzeczywistego położenia suwaka za pomocą przetwornika położenia (4), którego wynik przekazywany jest do wzmacniacza zaworu (5). Na podstawie tej informacji wzmacniacz steruje wartością natężenia prądu płynącego przez cewkę elektromagnesu w taki sposób, aby wartość położenia suwaka odpowiadała wartości zadanej.

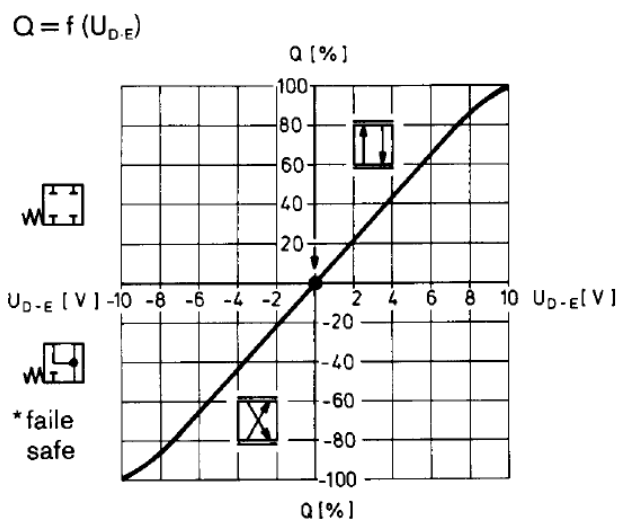
Sygnal odpowiadający rzeczywistemu położeniu suwaka jest dostarczany do wzmacniacza sterującego (złącze zaworu).

Zawór połączony jest ze wzmacniaczem sterującym za pomocą przewodu podłączanego do złącza (6).

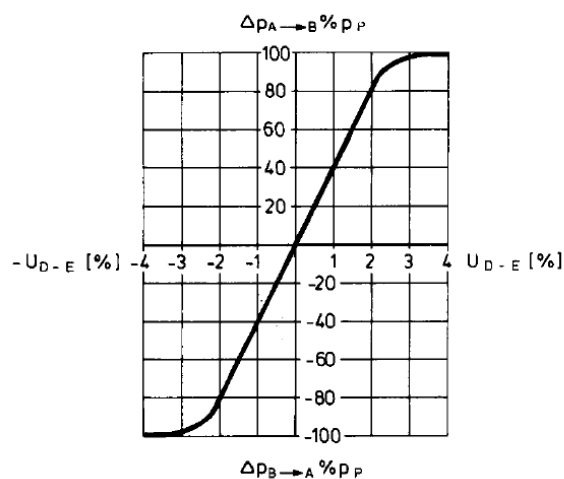
3.5. Charakterystyki zaworu proporcjonalnego

Zawór proporcjonalny jest opisany za pomocą trzech charakterystyk. Poniżej przedstawiono dwie z nich, które opisują działanie zaworu w warunkach statycznych.

1. Zależność wydatku (Q) od sygnału sterującego (U_{D-E}).



2. Krzywą wzmocnienia ciśnienia, która opisuje zależność różnicy ciśnień Δp_{a-b} , która pojawia się przy określonym napięciu sterującym.



4. Opis sposobu wykonania ćwiczenia

Zespół zostaje podzielony na trzy grupy. Zadaniem każdej z grup jest wykonanie obliczeń dla jednej z trzech nastaw parametrów wzmacniacza (współczynnik wzmocnienia $K_p=0,2$, $K_p=1$ i $K_p=2$), przy trzech różnych wartości ugięcia wstępnego sprężyn (0 mm - 20 mm - 40 mm) (różne obciążenia).

Procedura wykonania praktycznej części ćwiczenia:

1. Ustawić zadaną wartość współczynnika wzmocnienia $K_p = 0,2$ i wartości zadanej $W_2 = 2,0$ V (zadane położenie tłoczyska)
2. Tłoczysko cylindra wysunie się o ok. 30 mm.
3. Za pomocą pokrętki poluzować sprężyny stanowiące obciążenie tłoczyska.
4. Odczytać położenie płyty oporowej pokrętki.
5. Za pomocą woltomierza odczytać napięcie odpowiadające rzeczywistej wartości położenia tłoczyska x_{L1} .
6. Zwiększyć ugięcie sprężyny do 20 mm.
7. Za pomocą woltomierza odczytać napięcie odpowiadające rzeczywistej wartości położenia tłoczyska x_{L2} .
8. Zwiększyć ugięcie sprężyny do 40 mm.
9. Za pomocą woltomierza odczytać napięcie odpowiadające rzeczywistej wartości położenia tłoczyska x_{L3} .
10. Zmniejszyć do minimum ugięcie sprężyny.

Powyższe czynności powtórzyć dla współczynnika wzmocnienia $K_p=1$ i $K_p=2$

5. Wykonanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

1. Stronę tytułową (załącznik do instrukcji) ze składem grupy.
2. Tabelę zawierającą zmierzone wartości.
3. Obliczenia.

6. Zasady bezpieczeństwa

UWAGA! W układzie hydraulicznym znajduje się akumulator. Oznacza to, że w układzie hydraulicznym zgromadzona jest energia, nawet po wyłączeniu pompy. Tłoczek cylindra może się niespodziewanie wysunąć lub wsunąć.

W układach hydraulicznych powstają duże siły i prędkości ruchu.

W celu zapewnienia bezpiecznego użytkownika stanowiska należy bezwzględnie przestrzegać poniższych wskazówek.

Wszystkie osoby przystępujące do ćwiczenia muszą zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia i wskazówkami dotyczącymi bezpieczeństwa.

RYZIKO PORAŻENIA PRĄDEM ELEKTRYCZNYM!

- Przed rozpoczęciem prac przy układzie elektrycznym należy **obrócić główny wyłącznik w położenie OFF i odłączyć przewód zasilający z gniazdka elektrycznego.**

- Prace przy układzie elektrycznym powinny być przeprowadzane wyłącznie przez osoby posiadające odpowiednie uprawnienia.

- Nie dopuszczać do **zachłapania lub wstrząsów** elementów układu elektrycznego.

RYZIKO OBRAŻENIA CIAŁA!

- Tłoczek cylindra hydraulicznego może wysuwać się lub wsuwać **z dużą prędkością i siłą.**

- Pokrywa ochronna zawsze **powinna być zamknięta.**

- Przed rozpoczęciem prac przy cylindrze hydraulicznym (zmiana wstępnego ugięcia sprężyn, podłączanie i regulacja tłumika) należy obniżyć ciśnienie w układzie do poziomu ciśnienia atmosferycznego.

- Nie należy kłaść rąk na drodze suwaka.

Na drodze suwaka nie mogą znajdować się żadne przedmioty, przewody elektryczne lub hydrauliczne.

UWAGA! Akumulator hydrauliczny

- Przed rozpoczęciem prac **należy obniżyć ciśnienie w układzie do poziomu ciśnienia atmosferycznego.** W tym celu należy wyłączyć pompę i za pomocą wzmacniacza sterować ruchem tłoczyska cylindra (wysuwając i wsuwając) do momentu, w którym ciśnienie w układzie osiągnie wartość ciśnienia atmosferycznego.

- **Uwaga!** Manometr zasilacza hydraulicznego nie pokazuje ciśnienia oleju w akumulatorze tylko za pompą.

- Prace przy układzie hydraulicznym powinny być wykonywane wyłącznie przez wykwalifikowanych pracowników.

UWAGA! Połączenia elektryczne

- Wiązki łączące wzmacniacz i zawór regulacyjny można odłączać tylko wtedy, gdy stanowisko jest wyłączone a ciśnienie w układzie jest równe atmosferycznemu. W przeciwnym razie układ hydrauliczny **może niespodziewanie zadziałać.**

- Złącza należy odpowiednio dokręcić, aby zapobiec jego poluzowaniu.

UWAGA!

- Nie wolno zostawiać żadnych przedmiotów ani narzędzi na drodze suwaka. W przypadku kolizji, stanowisko może zostać **poważnie uszkodzone** w wyniku działania **znacznych sił i prędkości.**

- Użytkowanie stanowiska z uszkodzonymi elementami grozi **OBRAŻENIAMI CIAŁA!**

7. Literatura

1. "Experiment Instructions RT 710 Hydraulic Servo System" G.U.N.T. Gerätebau GmbH
2. Polska norma PN-ISO 1219-2:1998.
3. Szydelski Z.: Podstawy napędów hydraulicznych. Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 1995.

INSTYTUT MASZYN ROBOCZYCH CIĘŻKICH		LABORATORIUM NAPĘDÓW HYDRAULICZNYCH I PNEUMATYCZNYCH	
Nr ćwiczenia: HP3	Temat: <i>Dokładność pozycjonowania tłoczyska cylindra hydraulicznego</i>		
Zespół:	Grupa:	Data:	
		D/W/Z	

Lista osób wykonujących ćwiczenie:

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.