



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Stanisław Popis

Analizowanie działania układów hydraulicznych 311[50].O1.08

Poradnik dla ucznia

Wydawca

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

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

Recenzenci:

mgr inż. Henryk Krystkowiak

dr inż. Jerzy Gustowski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr inż. Janusz Figurski

Korekta:

mgr Joanna Iwanowska

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[50].O1.08. Analizowanie działania układów hydraulicznych zawartego w programie nauczania dla zawodu technik mechatronik.

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	6
4.1. Podstawy działania układów hydraulicznych	6
4.1.1. Materiał nauczania	6
4.1.2. Pytania sprawdzające	12
4.1.3. Ćwiczenia	12
4.1.4. Sprawdzian postępów	13
4.2. Budowa elementów i układów hydraulicznych	14
4.2.1. Materiał nauczania	14
4.2.2. Pytania sprawdzające	32
4.2.3. Ćwiczenia	32
4.2.4. Sprawdzian postępów	34
4.3. Zasady projektowania, montażu i eksploatacji układów hydraulicznych	34
4.3.1. Materiał nauczania	34
4.3.2. Pytania sprawdzające	50
4.3.3. Ćwiczenia	50
4.3.4. Sprawdzian postępów	52
5. Sprawdzian osiągnięć	53
6. Literatura	56

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w opanowaniu wiadomości oraz ukształtowaniu umiejętności niezbędnych do analizowania działania układów hydraulicznych.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne,
- cele kształcenia – wykaz wiadomości i umiejętności, jakie zdobędziesz po zrealizowaniu zajęć,
- materiał nauczania – wiadomości niezbędne do analizowania działania układów hydraulicznych, opisu funkcji elementów hydraulicznych, projektowania, montażu i eksploatacji układów hydraulicznych,
- pytania sprawdzające, które pomogą Ci sprawdzić, czy opanowałeś zakres materiału nauczania,
- ćwiczenia, które umożliwią Ci nabycie praktycznych umiejętności projektowania i montażu układów hydraulicznych,
- sprawdzian postępów – umożliwiający Ci osobistą refleksję nad osiągniętymi efektami,
- sprawdzian osiągnięć – umożliwiający ocenę osiągniętego przez Ciebie poziomu wiadomości oraz umiejętności.

Bardzo uważnie zapoznaj się z wiadomościami zawartymi w materiale nauczania mając świadomość, że podane są one w formie skróconej. Nauczyciel wskaże Ci literaturę i inne materiały, które pozwolą na rozszerzenie i lepsze opanowanie wiadomości.

Realizując ćwiczenia zaproponowane w Poradniku dla ucznia oraz przez nauczyciela będziesz miał sposobność do weryfikacji wiedzy, jaką nabyłeś i zastosowania jej w praktyce. Pod kierunkiem nauczyciela będziesz mógł zaprojektować, zmontować i uruchomić „twoje„ układy hydrauliczne.

Po wykonaniu ćwiczeń określ poziom swoich postępów rozwiązując sprawdzian postępów.

Sprawdzian osiągnięć, któremu będziesz poddany, pozwoli na określenie stopnia opanowania przez Ciebie wiadomości i umiejętności określonych w jednostce modułowej „Analizowanie działania układów hydraulicznych”.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu nauczania jednostki modułowej powinieneś umieć:

- stosować jednostki miar układu SI,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu statyki, dynamiki i kinematyki, takimi jak: masa, siła, prędkość, energia,
- obsługiwać komputer na poziomie podstawowym,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- poszukiwać informacji w Internecie,
- rozróżniać rodzaje energii i sposoby przenoszenia energii,
- rozpoznawać cechy charakteryzujące płyny,
- rozróżniać stany naprężeń materiałów (rozciąganie, ściskanie),
- określać podstawowe własności metali i tworzyw sztucznych,
- stosować aparat matematyczny do obliczania układów hydraulicznych,
- posługiwać się normami, katalogami,
- uczestniczyć aktywnie w dyskusji,
- przygotowywać i realizować prezentacje,
- stosować różne metody i środki porozumiewania się w zakresie zagadnień technicznych (symbole, rysunki, zdjęcia itp),
- stosować ogólne zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w czasie eksploatacji maszyn i urządzeń.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- zdefiniować podstawowe pojęcia z zakresu hydrauliki,
- zastosować wybrane prawa fizyczne do obliczania układów hydraulicznych,
- określić strukturę funkcjonalną (budowę) układów hydraulicznych,
- wyjaśnić zasadę działania i budowę siłowników hydraulicznych,
- wyjaśnić zasadę działania i budowę hydraulicznych zaworów rozdzielających,
- wyjaśnić zasadę działania i budowę silników hydraulicznych,
- wyjaśnić zasadę działania i budowę pomp hydraulicznych,
- rozpoznać elementy hydrauliczne na schemacie układu hydraulicznego,
- dobrać z katalogu typowe elementy układów hydraulicznych,
- zmontować proste układy hydrauliczne na podstawie schematu,
- zaprojektować proste układy hydrauliczne,
- określić na podstawie obliczeń parametry elementów wykorzystanych do budowy prostych układów hydraulicznych,
- opisać zasady bhp przy obsłudze układów hydraulicznych,
- opisać zasady racjonalnej eksploatacji układów hydraulicznych.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Podstawy działania układów hydraulicznych

4.1.1. Materiał nauczania

Hydraulika – dziedzina techniki zajmująca się elementami napędowymi, sterującymi i regulującymi maszyn, w których za pośrednictwem cieczy pod ciśnieniem wytwarza lub przenosi siły oraz momenty sił.

Napęd – urządzenie służące do przekazywania energii ruchu z miejsca jej wytwarzania (silnik) do urządzenia zużywającego energię. W napędach hydraulicznych czynnikiem przenoszącym energię jest sprężona ciecz.

Napęd hydrostatyczny – napęd hydrauliczny wykorzystujący do przenoszenia ruchu przede wszystkim energię ciśnienia cieczy.

Napęd hydrokinetyczny – napęd hydrauliczny wykorzystujący do przenoszenia ruchu przede wszystkim energię kinetyczną cieczy.

Kawitacja – powstawanie w płynącej cieczy obszarów nieciągłości, wypełnionych gazem lub parą, w skutek miejscowego obniżenia się ciśnienia, zachodzi w miejscach znacznego wzrostu prędkości przepływu.

Cechy układów hydraulicznych:

- 1) lekkie i małowagowe elementy mogące realizować znaczne siły,
- 2) szybka, precyzyjna i bezstopniowa zmiana prędkości silników i siłowników,
- 3) proste zabezpieczenie przed przeciążeniem zaworami ograniczającymi ciśnienie,
- 4) lepkość olejów hydraulicznych zależy od temperatury,
- 5) przecieki oleju powodują straty mocy,
- 6) straty związane z przepływem zmieniają się w ciepło,
- 7) tendencja do drgań i hałasu.

Systemy hydrauliczne wraz z odpowiednim elektronicznym sterowaniem stanowią ważną część układów mechatronicznych i są niezastąpione w przypadku konieczności stosowania dużych sił i momentów.

Wybrane jednostki miary stosowane w hydraulice zostały zamieszczone w tabeli 4.1.

Tab. 4.1. Wybrane jednostki miary stosowane w hydraulice

Nazwa jednostki	Symbol	Jednostka miary
Masa	m	[kg]
Czas	t	[s] (sekunda)
Droga	s	[m] (metr)
Pole powierzchni	S	[m ²]
Prędkość	v	[m/s]
Przyspieszenie	a, g	[m/s ²]
Siła	F	[N] (niuton)
Ciśnienie	p	[Pa] (Paskal)
Praca	W	[J] (dżul)
Energia: -potencjalna -kinetyczna	E_p E_k	[J]
Moc	P	[W] (Watt)

Lepkość: -dynamiczna - kinematyczna	μ ν	[Pa · s], [P] (puaz) [m ² /s], [St] (Stokes)
Ciężar właściwy	γ	[N/m ³]
Gęstość	ρ	[kg/m ³]
Natężenie przepływu	Q	[m ³ /s]

PODSTAWOWE PARAMETRY CIECZY.

1. **Ciężar właściwy** – γ jest to stosunek ciężaru cieczy G do jej objętości V

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad \left[\frac{N}{m^3} \right]$$

Zwykle w układach hydraulicznych stosowane są ciecze o ciężarach właściwych wynoszących
 $\gamma = 7900 \div 8800 \text{ N/m}^3$.

2. **Gęstość** – ρ jest to stosunek masy ciała m do jego objętości V

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Gęstość cieczy hydraulicznych wynosi $\rho = 840 \div 900 \text{ [kg/m}^3]$.

3. **Lepkość** – jest to właściwość cieczy pozwalająca na przenoszenie sił stycznych. Miarą lepkości jest współczynnik μ zwany współczynnikiem lepkości dynamicznej. Średnia lepkość dynamiczna cieczy hydraulicznych wynosi: $\mu = 9 \cdot 10^{-3} \div 32 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$. Często zamiast lepkości dynamicznej używa się pojęcia lepkości kinematycznej:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \left[\frac{m^2}{s} \right].$$

Średnia lepkość kinematyczna cieczy hydraulicznych wynosi: $\nu = 10 \div 40 \cdot 10^{-6} \left[\frac{m^2}{s} \right]$

Oprócz wyżej wymienionych jednostek określających lepkość są przez producentów sprzętu i cieczy hydraulicznych stosowane jednostki nie należące do układu SI, a mianowicie:

lepkość dynamiczna 1 puaz ; $1P = 10^{-1} \left[\frac{N \cdot s}{m^2} \right]$

lepkość kinematyczna 1 stokes ; $1St = 1 \text{ [cm}^2/\text{s}] = 10^{-4} \text{ [m}^2/\text{s}]$ lub

1 centystokes = 1 cSt = $10^{-2} St = 10^{-6} \text{ [m}^2/\text{s}] = 1 \text{ [mm}^2/\text{s}]$

Niezależnie od tych jednostek używa się też pojęcia lepkości względnej - lepkości określanej przez porównanie danej cieczy, np. z wodą, wyrażana jest w stopniach Englera [⁰E].

Lepkość cieczy maleje wraz z jej temperaturą. Wpływ temperatury na lepkość cieczy określa tzw. wskaźnik lepkości zwany indeksem wiskozowym.

4. **Ściśliwość** – jest to własność cieczy polegająca na zmianie objętości pod wpływem zmian ciśnienia. Ciecze hydrauliczne podobnie jak wszystkie inne ciecze są mało ściśliwe.
5. **Rozszerzalność cieplna** – jest to zjawisko polegające na zmianie objętości na skutek zmian temperatury. W przypadku cieczy hydraulicznych zmiany te są stosunkowo niewielkie.
6. **Ciśnienie cieczy** – jest to siła, z jaką ciecz naciska na jednostkę powierzchni ścianek naczynia. Jednostką ciśnienia jest Pascal:

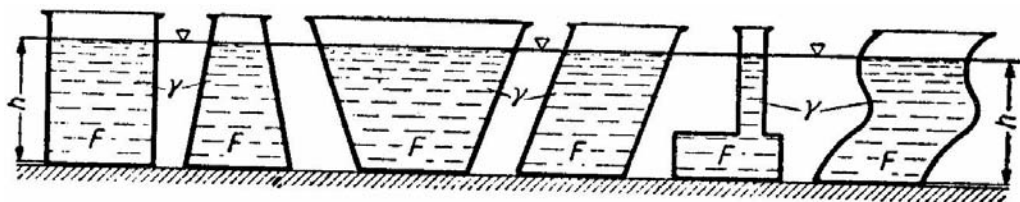
$$p = \frac{F}{S} \quad \left[\frac{N}{m^2} \right], \quad 1 \text{ Pa} = 1 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Pascal jest niewielką jednostką, dlatego w praktyce stosuje się jego wielokrotności.

Do opisu jakościowego i ilościowego zjawisk dotyczących zachowania się cieczy w układach hydraulicznych wykorzystywane są prawa i metody *h y d r o m e c h a n i k i* (zwłaszcza hydrostatyki oraz hydrokinetyki). Hydrostatyka zajmuje się opisem zjawisk zachodzących w cieczy pozostającej w spoczynku, natomiast hydrokinetyka opisuje zjawiska zachodzące w cieczy będącej w ruchu.

Dla zrozumienia działania układów hydraulicznych konieczna jest znajomość następujących zjawisk i praw dotyczących statyki cieczy:

Paradoks hydrostatyczny. (rys. 4.1).

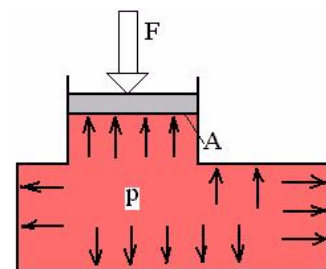


Rys. 4.1. Paradoks hydrostatyczny

Napór oraz środek naporu na dno naczyń napełnionych tą samą cieczą (lub cieczami o tym samym ciężarze właściwym) będzie taki sam, jeżeli dna naczyń będą miały taką samą powierzchnię, a wysokości napełnienia każdego naczynia cieczą będą jednakowe.

Prawo Pascala.

Jeżeli na ciecz nieściśliwą działają tylko siły powierzchniowe, to w każdym jej punkcie panuje jednakowe ciśnienie (rys.4.2).

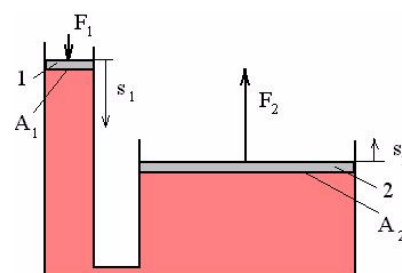


Rys. 4.2. Ilustracja prawa Pascala

Przekazywanie siły.

Istotę zjawiska przekazywania siły sprowadzić można do dwóch sformułowań:

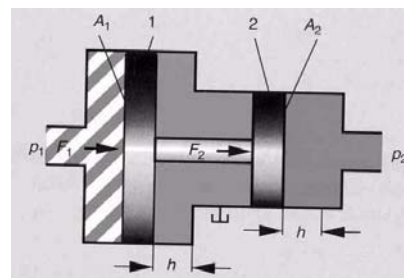
1. Siły działające na powierzchnie nurników są proporcjonalne do ich przekrojów.
2. Mała siła działająca na dużym przemieszczeniu, może być przyczyną wytworzenia dużej siły działającej na małym przemieszczeniu.



Rys. 4.3. Zjawisko przekazywania siły (prasa hydrauliczna)

Przekazywanie ciśnienia

Podczas przekazywania ciśnienia wartości ciśnień są odwrotnie proporcjonalne do powierzchni, na które działają.



Rys. 4.4. Ilustracja zjawiska przekazywania ciśnienia [2]

Równanie ciągłości strugi.

Przepływ cieczy przez rurociąg w postaci strugi charakteryzują następujące parametry:

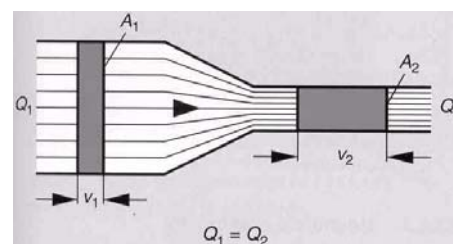
- prędkość - v [m/s],
- ciśnienie - p [Pa],
- natężenie przepływu (strumień objętości) - $Q = v \cdot A$,
gdzie: Q - natężenie przepływu [m^3/s],
 A - pole powierzchni przekroju strugi [m^2].

Równanie ciągłości strugi (rys. 4.5).

Średnie prędkości przepływu cieczy nieściśliwej w ruchu ustalonym są odwrotnie proporcjonalne do odpowiednich przekrojów strugi.

$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2 = \text{const.}$$

W miejscach węższych rury lub koryta ciecz płynie z większą prędkością, a w miejscach szerszych z mniejszą prędkością.

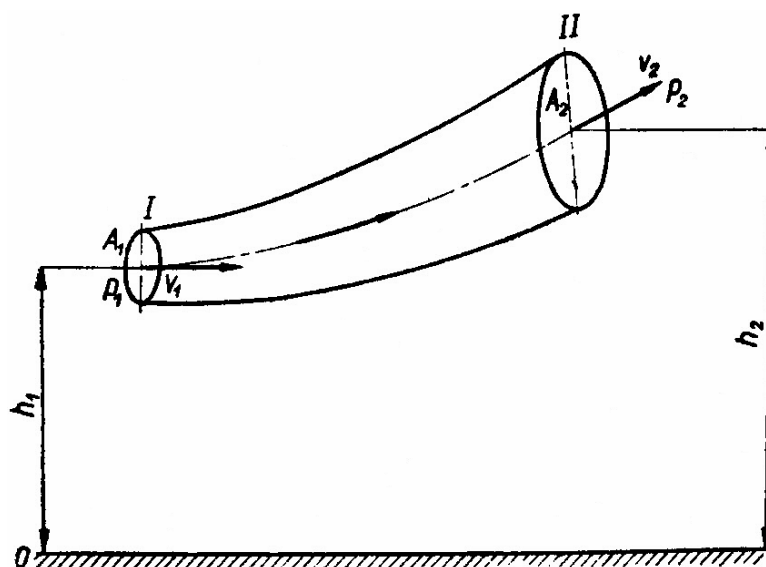


Rys. 4.5. Ilustracja ciągłości strugi [2]

Prawo zachowania energii (prawo Bernoulliego)

W ruchu ustalonym cieczy doskonałej całkowita energia 1 kg cieczy, która stanowi sumę energii kinetycznej energii ciśnienia i energii położenia jest jednakowa w każdym punkcie tej samej strugi.

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + g \cdot h = \text{const}$$



Rys. 4.6. Ilustracja prawa zachowania energii (prawa Bernoulliego)

Równanie Bernoulliego dla przepływu cieczy doskonałej:

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + g \cdot h_1 = \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + g \cdot h_2,$$

v_1, v_2 – prędkości w przekrojach I, II [m/s]

p_1, p_2 – ciśnienie w przekrojach I, II w [Pa]

ρ – gęstość cieczy w kg/m³,

h_1, h_2 – wysokość środków przekroju względem dowolnie obranego poziomu wyrównawczego.

C i ś n i e n i e d y n a m i c z n e, jeżeli struga cieczy ma kierunek poziomy to wysokość położenia jest stała i równanie Bernoulliego można zapisać w postaci:

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} = \text{const} \Rightarrow \frac{\rho \cdot v^2}{2} + p = \text{const}$$

$$\frac{\rho \cdot v^2}{2} - \text{ciśnienie dynamiczne}$$

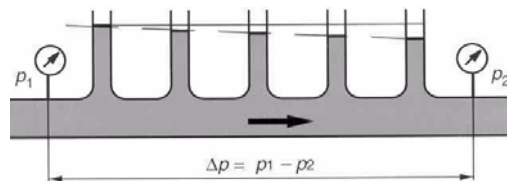
p – ciśnienie statyczne.

W poziomym ruchu ustalonym cieczy doskonałej suma ciśnienia dynamicznego i statycznego jest wielkością stałą. W szerokich miejscach poziomej rury, gdzie prędkość cieczy jest mała, ciśnienie dynamiczne jest też małe, a statyczne duże. Odwrotnie jest w wąskich miejscach rury.

Bezpośrednio przejawia się i oddziałuje na ścianki rury tylko ciśnienie statyczne.

Tarcie i straty przepływu

Przepływ cieczy hydraulicznej w przewodzie nie może odbywać się bez strat. Straty wynikają z tarcia cieczy o powierzchnię przewodu, tarcia wewnętrznego cieczy oraz lepkości. Tarcia towarzyszy wydzielanie się ciepła. Efektem tarcia jest spadek ciśnienia (rys. 4.7).



Rys. 4.7. Straty tarcia podczas przepływu cieczy [2]

Straty tarcia podczas przepływu cieczy hydraulicznej w przewodzie zależą od:

- 1) długości przewodu,
- 2) przekroju poprzecznego przewodu,
- 3) chropowatości powierzchni przewodu,
- 4) ilości zagięć przewodu,
- 5) lepkości cieczy.

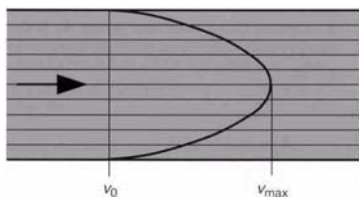
Straty przepływu występujące w układach hydraulicznych dzieli się na dwa rodzaje:

- straty miejscowe występujące w miejscach lokalnych zaburzeń przepływu, takich jak: zawory, dysze, złączki, kolanka, rozgałęzienia, nagłe zmiany przekroju przepływu itp.
- straty liniowe, występujące w przewodach, których długość jest wielokrotnie większa od średnicy.

Typy przepływu cieczy hydraulicznej

Zależnie od ułożenia linii prądu strugi cieczy hydraulicznej wyróżnia się:

- przepływ uwarstwiony (laminarny) – jeżeli linie prądu cieczy są wzajemnie do siebie równoległe, ten rodzaj ruchu występuje przy niewielkich prędkościach (rys. 4.8),
- przepływ burzliwy (turbulentny) – występuje przy większych prędkościach przepływu, charakteryzują go drobne ruchy poboczne cząstek i wzajemne się ich mieszanie (rys. 4.9).



Rys. 4.8. Przepływ laminarny [2]

Przepływ turbulentny:

Straty miejscowe przepływu:

$$\Delta P = P_{str} = \zeta \frac{\rho}{2} V^2 = \zeta \frac{\rho Q^2}{2 A^2},$$

ζ – tzw. współczynnik start przepływu,

Q – objętościowe natężenie przepływu,

A – pole przekroju przepływu.

Straty liniowe.

W przewodach rurowych, gdy długość ich jest dostatecznie duża w stosunku do średnicy, straty ciśnienia są proporcjonalne do długości przewodu.

$$\Delta P = P_{str} = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho}{2} V^2 = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho}{2} \frac{Q^2}{A^2}$$

λ - współczynnik strat liniowych,

l – długość przewodu,

d – średnica przewodu.

Wartość współczynnika strat liniowych można obliczyć ze wzoru:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}},$$

lecz najczęściej przy zastosowaniu przewodów hydraulicznych z rur ciągnionych, gdzie gładkość powierzchni jest dobra przyjmuje się $\lambda = 0,025$.

Zależnie od zmian w czasie prędkości miejscowej i ciśnienia rozróżniamy:

- przepływ zmienny (prędkość miejscowa i ciśnienie w każdym punkcie cieczy zmieniają się w czasie, zmienia się też strumień objętości),
- przepływ ustalony (prędkość miejscowa i ciśnienie w każdym punkcie cieczy nie zmieniają się w czasie, strumień objętości nie zmienia się).

W zależności od rodzaju sił wywołujących ruch cieczy:

- przepływ swobodny (występuje, gdy struga cieczy nie zwilża całego obwodu przewodu, w którym płynie, a więc gdy w przewodzie istnieje zwierciadło cieczy),
- przepływ wymuszony cieczy (mamy z nim do czynienia, gdy struga całkowicie wypełnia przewód).

Opory ruchu burzliwego są znacznie większe niż przepływu laminarnego. Średnią prędkość przepływu, po której przekroczeniu następuje przejście z ruchu laminarnego do burzliwego nazywamy prędkością krytyczną V_{kr} .

L i c z b a R e y n o l d s a . Ruch cieczy można scharakteryzować bezwymiarowym współczynnikiem Re zwanym liczbą Reynoldsa. Wartość Re dla rury o przekroju kołowym wynosi:

$$Re = \frac{vd\rho}{\mu},$$

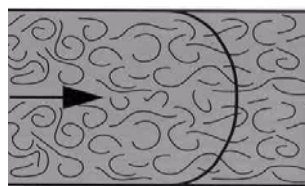
V – średnia prędkość przepływu [m/s],

d – średnica wewnętrzna rury w [m],

ρ – gęstość cieczy w [kg/m³],

μ – współczynnik lepkości dynamicznej w [Pa·s].

Dla prędkości krytycznej v_{kr} liczba Reynoldsa przybiera wartość graniczną Re_{gr} . Wartość graniczna liczby Reynoldsa jest w przybliżeniu jednakowa dla wszystkich cieczy.



Rys. 4.9. Przepływ turbulentny [2]

Po przekroczeniu wartości granicznej liczby Reynoldsa ciecz zaczyna poruszać się ruchem burzliwym.

Energia, jaką układ hydrauliczny przekazuje, np. na tłok siłownika, jest iloczynem siły na tłoku i jego przemieszczania. Odpowiada to iloczynowi ciśnienia w siłowniku i wpływającej objętości cieczy:

$$W = F_2 \cdot s_2 = p \cdot A_2 \cdot s_2 = p \cdot V.$$

Moc wyraża się zależnością: $P = Q \cdot p$,
gdzie: Q – objętościowe natężenie przepływu,
 p – ciśnienie cieczy roboczej.

4.1.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie są różnice pomiędzy napędem hydraulicznym, a napędem hydrokinetycznym?
2. Jaki jest wpływ temperatury na właściwości cieczy hydraulicznej?
3. Na czym polega zjawisko kawitacji?
4. Podaj definicję jednostki ciśnienia [Pa].
5. Zinterpretuj równanie ciągłości strugi.
6. Jakie znaczenie dla działania układów hydraulicznych ma prawo Pascala?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Uzasadnij tezę: „Kawitacja jest zjawiskiem szkodliwym dla pracy układów hydraulicznych”.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1.1. Poradnika dla ucznia oraz fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) przeprowadzić dyskusję z kolegami w grupie 3- 4 – osobowej,
- 3) zapisać rezultaty dyskusji na karcie ćwiczenia,
- 4) rezultaty dyskusji przedstawić w formie prezentacji.

Wyposażenie stanowiska pracy:

– literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2

1. Wyraż w [Pa] wartość ciśnienia $p = 18$ [bar].
2. Wyraż w [bar] wartość ciśnienia $p = 20 \cdot 10^5$ [Pa].

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1.1. Poradnika dla ucznia oraz fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) wykonać zadanie indywidualnie,
- 3) zapisać tok obliczeń w karcie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

– literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 3

Lepkość kinematyczna oleju hydraulicznego wynosi 30 [cSt], wyraż tę lepkość w [m²/s].

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1.1. Poradnika dla ucznia i fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) wykonać zadanie indywidualnie,
- 3) zapisać tok obliczeń w karcie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

– literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia.

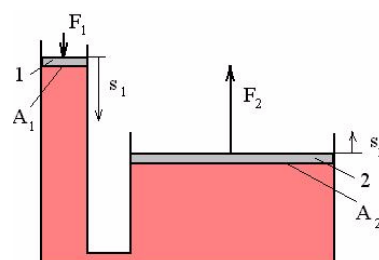
Ćwiczenie 4

Oblicz wartość siły F_2 prasy hydraulicznej,
jeżeli $F_1 = 10$ [N], $A_1 = 10^{-3}$ [m²],
 $A_2 = 10^{-2}$ [m²]

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1.1. Poradnika dla ucznia oraz fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) zadanie wykonać indywidualnie,
- 3) zapisać tok obliczeń w karcie ćwiczenia.



Wyposażenie stanowiska pracy:

– literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 5

Przewód, w którym płynie ciecz w pewnym miejscu zmniejsza średnicę o 15%. Oblicz, o ile procent zmieni się prędkość przepływu cieczy w miejscu przewężenia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.1.1. Poradnika dla ucznia oraz wskazanymi przez nauczyciela fragmentami literatury,
- 2) wykonać zadanie indywidualnie,
- 3) zapisać tok obliczeń w karcie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

– literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) scharakteryzować cechy układów hydraulicznych?

Tak Nie

☐ ☐

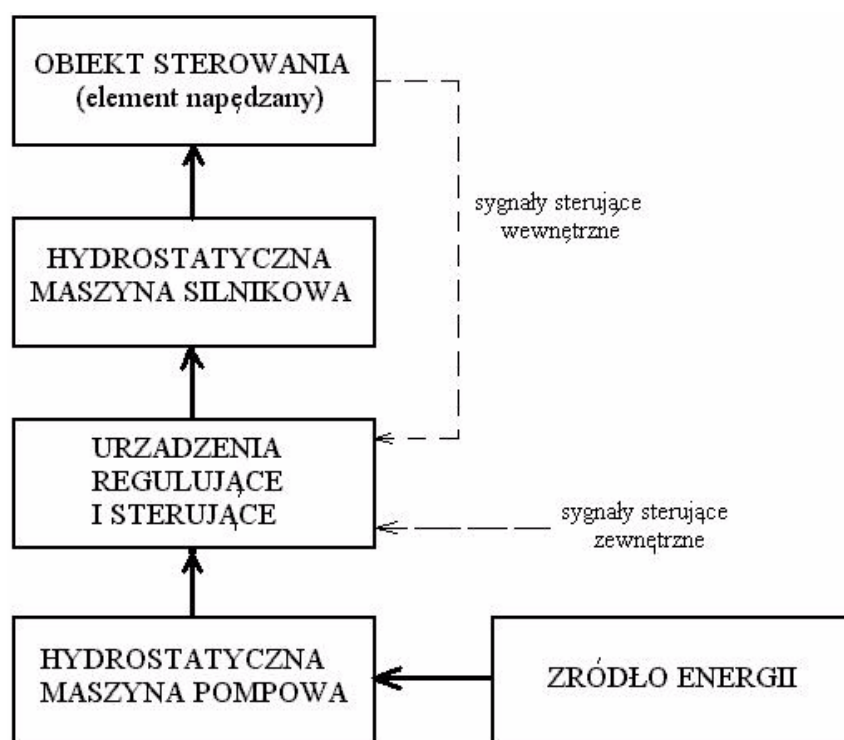
- | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 2) wyrazić w jednostkach układu SI wartości podstawowych wielkości fizycznych stosowanych do opisu zjawisk zachodzących w układach hydraulicznych? | ☐ | ☐ |
| 3) opisać parametry charakteryzujące ciecze hydrauliczne? | ☐ | ☐ |
| 4) opisać znaczenie praw hydrostatyki dla działania układów hydraulicznych? | ☐ | ☐ |
| 5) scharakteryzować straty występujące podczas przepływu cieczy hydraulicznej przez przewód? | ☐ | ☐ |
| 6) wyspecyfikować typowe obszary zastosowania układów hydraulicznych? | ☐ | ☐ |

4.2. Budowa elementów i układów hydraulicznych

4.2.1. Materiał nauczania

Układ hydrauliczny w zależności od funkcji składa się z następujących urządzeń:

- źródła energii,
- hydrostatycznej maszyny pompowej (źródło ciśnienia),
- urządzeń regulujących i sterujących,
- hydrostatycznej maszyny silnikowej (siłowniki i silniki hydrauliczne) (rys. 4.10).



Rys. 4.10. Struktura funkcjonalna układu hydraulicznego.

Zadania poszczególnych grup elementów są następujące:

- źródło energii – silnik elektryczny (lub spalinowy) dostarcza energię mechaniczną w celu napędzania hydrostatycznej maszyny pompowej,
- hydrostatyczna maszyna pompowa – zamienia energię mechaniczną dostarczoną przez źródło energii na energię hydrauliczną (energię sprężonego oleju),

C) urządzenia sterujące i regulujące:

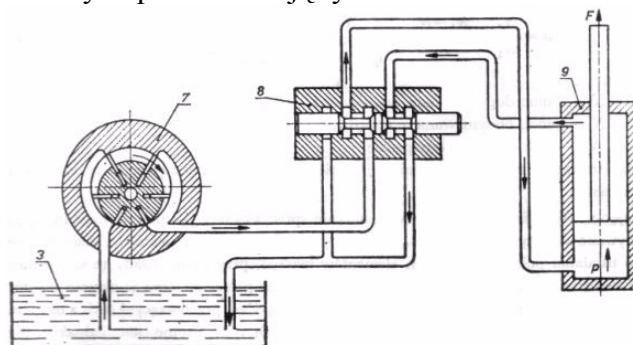
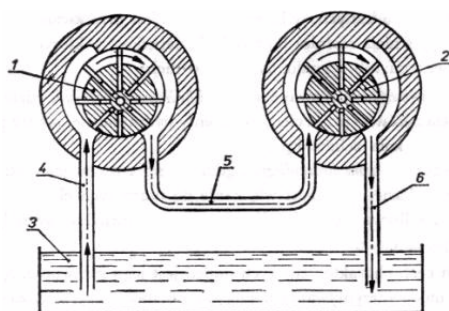
- 1) nastawiają oraz regulują wartości ciśnienia w poszczególnych gałęziach układu oraz ilość przepływającego oleju,
 - 2) kierują olej w odpowiednim momencie do odpowiedniego siłownika (silnika) i odprowadzają olej odpływający,
 - 3) przetwarzają informacje i sygnały wewnętrzne i zewnętrzne w celu realizacji zadań z pkt. 1 i 2,
- D) hydrostatyczna maszyna silnikowa zamienia energię hydrauliczną na energię mechaniczną (siłownik lub silnik hydrauliczny).

Ponadto w skład układu hydraulicznego wchodzi jeszcze inne elementy pełniące rolę pomocniczą nie wpływając bezpośrednio na sposób pracy urządzenia hydraulicznego (tzw. osprzęt):

- 1) elementy przewodzące i gromadzące ciecz roboczą; są to wszelkiego rodzaju przewody rurowe umożliwiające przepływ energii między poszczególnymi elementami napędu oraz zbiorniki służące do gromadzenia cieczy roboczej;
- 2) elementy umożliwiające zachowanie odpowiednich właściwości cieczy roboczej; zalicza się do nich filtry utrzymujące czystość cieczy oraz chłodnice i nagrzewnice zapewniające właściwą temperaturę cieczy;
- 3) elementy służące do gromadzenia energii hydraulicznej, zwane akumulatorami hydraulicznymi;
- 4) elementy pomiarowe: mierniki ciśnienia (manometry), temperatury, natężenia przepływu itp., służące do kontrolowania pracy napędu.

Do pracy napędu hydraulicznego niezbędna jest również odpowiednia ciecz robocza.

Zasadę działania najprostszych układów hydraulicznych przedstawiają rysunki 4.11 i 4.12.



Rys. 4.11. Schemat napędu o ruchu obrotowym **Rys. 4.12.** Schemat napędu hydrostatycznego o ruchu liniowym

- 1) pompa wyporowa łopatkowa, 2) silnik hydrauliczny, 3) zbiornik cieczy hydraulicznej, 4) rura ssawna, 5) rura łącząca pompę z silnikiem, 6) rura odpływowa silnika, 7) pompa hydrauliczna, 8) zawór sterujący, 9) siłownik hydrauliczny

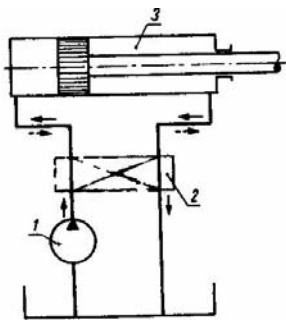
Energia mechaniczna jest doprowadzana do wału wejściowego pompy i w niej przekształcana na energię hydrauliczną. Strumień cieczy pod ciśnieniem doprowadzany jest przewodem rurowym do silnika hydraulicznego lub siłownika, gdzie jego energia jest przekształcana na energię mechaniczną (moment obrotowy i prędkość wału silnika lub siłę i prędkość tłoczyska siłownika).

Obieg otwarty i zamknięty

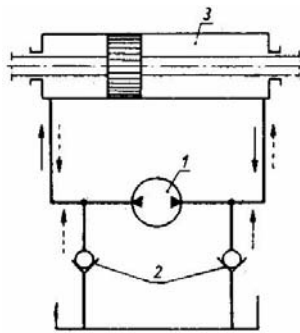
Ciecz robocza w układach hydraulicznych krążyć może w tzw. obiegu otwartym (rys. 4.13) lub obiegu zamkniętym (rys. 4.14. oraz rys. 4.15).

W obiegu otwartym ciecz hydrauliczna zasysana jest ze zbiornika przez pompę 1 i przez urządzenie sterujące 2 tłoczona jest do siłownika 3. Ciecz robocza wytłaczana z cylindra siłownika 3 odprowadzana jest do zbiornika innymi przewodami.

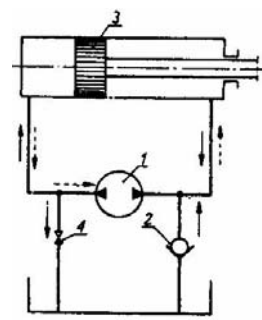
W obiegu zamkniętym pompa 1 zasysa ciecz roboczą ze zbiornika oraz przetłacza pomiędzy komorami siłownika (silnika). Kierunek przepływu cieczy roboczej zmieniany jest dzięki zmianie kierunku wirowania pompy.



Rys. 4.13. Obieg otwarty układu hydraulicznego [6]



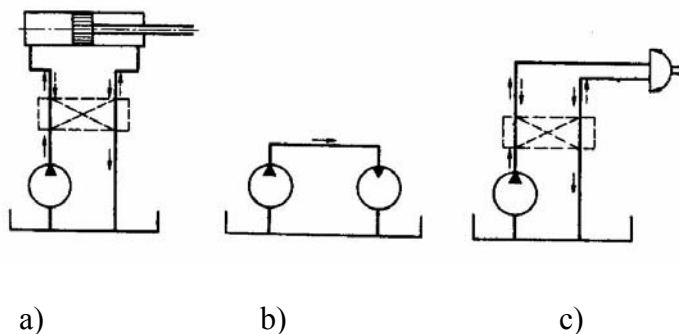
Rys. 4.14. Obieg zamknięty układu hydraulicznego [6]



Rys. 4.15. Obieg zamknięty o różnej powierzchni tłoka [6]

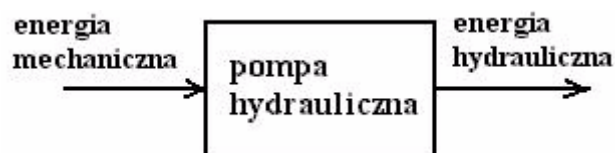
Hydrauliczne układy napędowe umożliwiają uzyskiwanie następujących postaci ruchu:

- a) ruch liniowy,
- b) ruch obrotowy,
- c) ruch wahliwy.



Rys. 4.16. Postaci ruchu hydraulicznych układów napędowych: a) liniowy, b) obrotowy, c) wahliwy [6]

Zadaniem pompy jest zamiana energii mechanicznej na energię hydrauliczną.

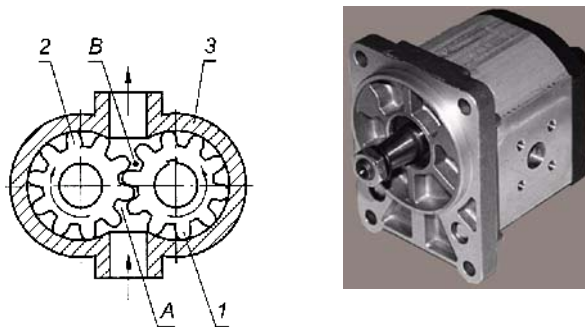


Rys. 4.17 Zasada pracy pompy hydraulicznej.

Ze względu na budowę pompy dzielimy na następujące grupy:

- zębate,
- łopatkowe,
- wielotłoczkowe,
- śrubowe,
- gerotorowe.

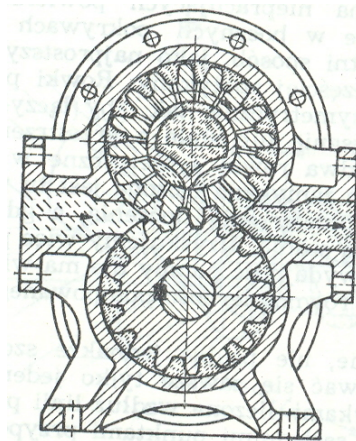
POMPY ZĘBATE.



a) b)
Rys. 4.18. Pompa zębata: a) zasada działania, b) widok

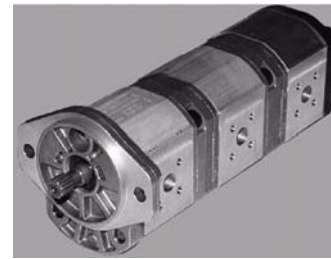
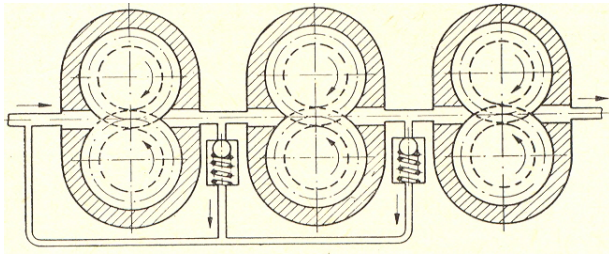
Pompa zębata zbudowana jest z dwóch zazębiających się kół. Do jednego z kół doprowadzony jest napęd mechaniczny.

W czasie wyzębienia się zębów w części A zwanej ssawną, objętość między zębami zwiększa się, wytwarza się podciśnienie, olej zostaje zassany. Następnie w przestrzeniach międzyzębnych olej jest przenoszony do części B, zwanej tłoczną. Tutaj następuje zazębianie się kół, przestrzeń między zębami obu kół maleje, wzrasta ciśnienie oleju, olej zostaje wytłoczony na zewnątrz. Podczas pracy pompy olej między zębami kół ulega sprężeniu do wysokiej wartości ciśnienia, łożyska są silnie przeciążone i łatwo się przegrzewają – jest to stan niekorzystny dla pompy w celu odciążenia łożysk stosuje się kanaliki odciążające (rys. 4.19).



Rys. 4.19. Odciążenie łożysk pompy zębatej [6]

W celu zwiększenia ciśnienia wyjściowego z pompy stosuje się pompy wielostopniowe, np. trójstopniowe (rys. 4.20).



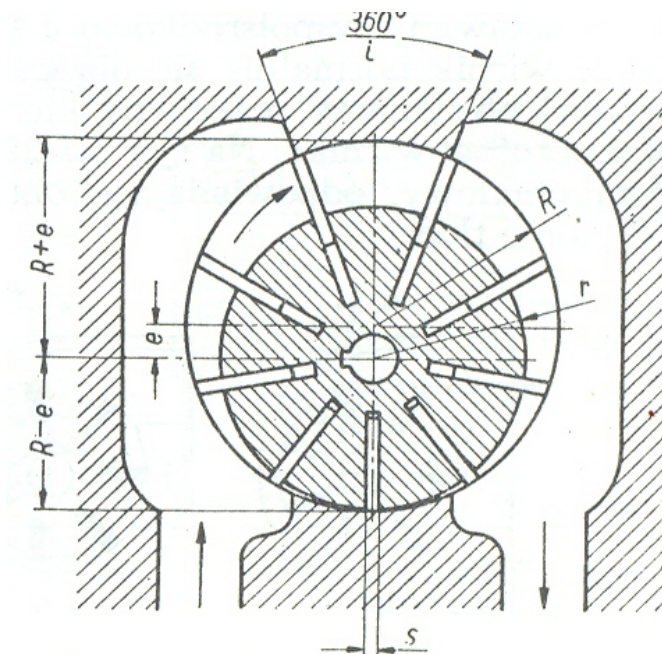
Rys. 4.20. Schemat pompy trójstopniowej [1]

Rys.4.21. Widok pompy trójstopniowej

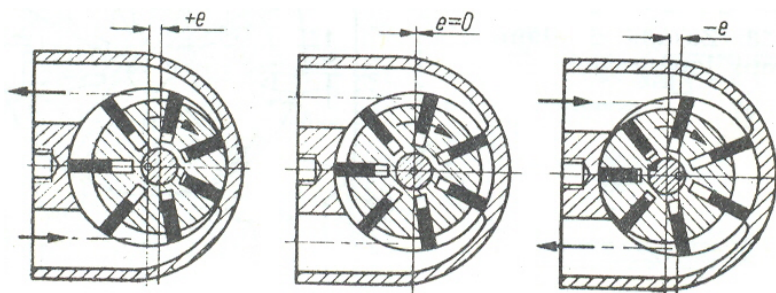
Pompy zębate stosowane są zwykle do zasilania układów hydraulicznych o ciśnieniach roboczych do 10 Mpa (pompy z kasowaniem luzów do 25 [Mpa]. Prędkości obrotowe dochodzą do 2000 [1/min] wydajności do 100 [l/min] Pompy zębate cechują się prostotą budowy, łatwością obsługi i napraw oraz niewielkimi wymiarami.

POMPY ŁOPATKOWE.

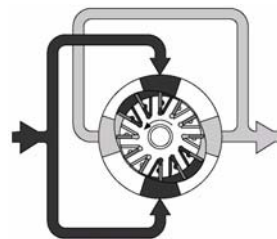
Pompy łopatkowe (rys. 4.22, 4.23, 4.24) zbudowane są z wirnika 1 i umieszczonych w nich promieniście łopatek 2. Wirnik względem obudowy 3 osadzony jest mimośrodowo. Podczas obrotu wirnika łopatki stale są dociskane do obudowy. Przestrzeń między łopatkami zmieniają swoją objętość. Podczas wysuwania łopatek olej zostaje zassany, przez następne pół obrotu łopatki wsuwają się, przestrzeń między nimi a obudową maleje, ciśnienie oleju rośnie, olej zostaje wytłoczony. Przez zmianę wielkości mimośrodu jest zmieniana wydajność pompy.



Rys. 4.22. Pompa łopatkowa pojedynczego działania: 1)wirnik, 2) łopatka, 3) obudowa, e- mimośród [6]



Rys.4.23. Zasada zmiany kierunku tłoczenia przez pompę łopatkową [6]

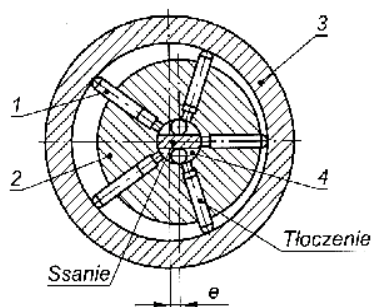


Rys. 4.24. Pompa łopatkowa podwójnego działania - zasada pracy

Pompa łopatkowa pojedynczego działania narażona jest na duże obciążenia. Korzystniejszą pod tym względem konstrukcją ma pompa łopatkowa podwójnego działania. Maksymalne ciśnienie w pompach pojedynczego działania wynosi 7[Mpa], a w pompach podwójnego działania wynosi 17,5 [Mpa].

POMPY WIELOTŁOZKOWE.

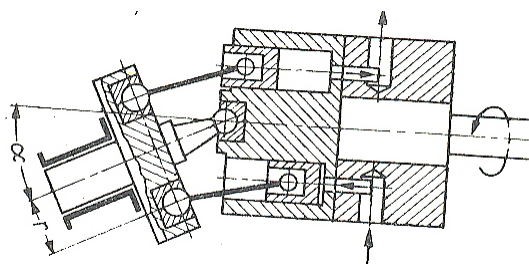
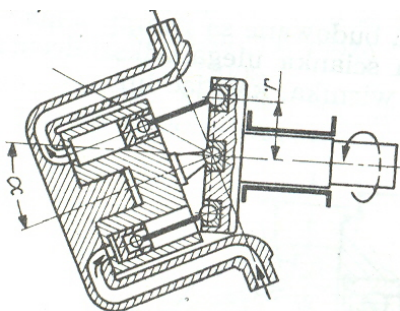
Pompy wielotłoczkowe stosowane są w układach pracujących przy wyższych ciśnieniach, gdyż umożliwiają zapewnienie większej szczelności niż pompy zębate i łopatkowe. Ze względu na równomierność strumienia wyjściowego oleju stosowane są w napędach obrabiarek. W pompach wielotłoczkowych elementami ruchomymi są tłoczki poruszające się w cylindrach.



Rys. 4.25. Pompa wielotłoczkowa promieniowa: e- mimośród [1]



Rys.4.26. Pompa wielotłoczkowa - widok



Rys. 4. 27. Pompa wielotłoczkowa osiowa: a) z wychylną tarczą, b) z wychylnym wirnikiem, H- skok tłoczków, α - kąt wychylenia tarczy (wirnika), 1- tłoczek, 2 - wirnik, 3 - tarcza, 4 - tarcza rozrządu [6]

Pompy wielotłoczkowe mogą być promieniowe (rys. 4.25, 4.26) i osiowe (4.27).

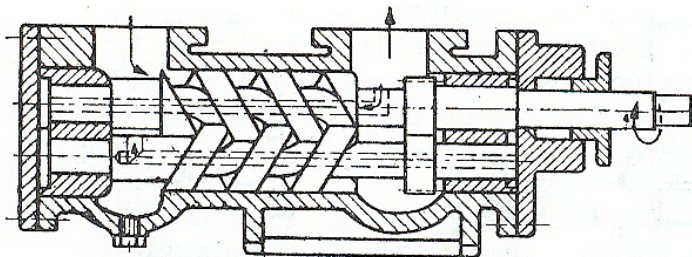
W pompach promieniowych ruch tłoczków odbywa się prostopadle do osi wirnika, a w osiowych równolegle do osi wirnika. W pompie promieniowej przez pół obrotu wirnika wysuwające się tłoczki zasysają olej poprzez układ rozrządu do objętości pod tłoczkami, przez

następne pół obrotu wsuwające się tłoczki wytłaczają olej. Pompa promieniowa jest pompą o zmiennej wydajności i maksymalnym ciśnieniu na wyjściu do 63 [Mpa].

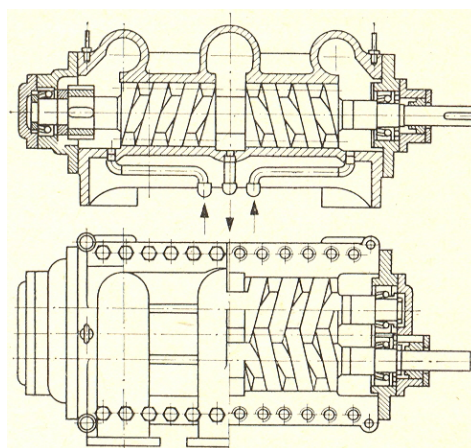
Pompy wielotłoczkowe osiowe budowane są jako pompy z wychylną tarczą bądź z wychylnym wirnikiem. W pompach osiowych poprzez zmianę kąta wychylenia tarczy jest zmieniana wydajność pompy. Maksymalne ciśnienie na wyjściu wynosi 45 [Mpa].

POMPY ŚRUBOWE.

Pompy śrubowe (rys. 4.28, 4.29) składają się z dwóch (lub więcej) śrub napędzanych wspólną przekładnią zębatą wykonujących obroty przeciwbieżne z taką samą prędkością obrotową. Zasysany olej przetłaczany jest wzdłuż wykonujących obroty przeciwbieżne z taką samą prędkością obrotową. Zasysany olej przetłaczany jest wzdłuż śrub jakby był „nieruchomą nakrętką”. W celu odciążenia wirników od sił osiowych doprowadza się ciśnienie do czopów śrub od strony przeciwnej śruby niż przestrzeń tłoczenia lub śruby ze zwojami lewymi, na jednej stronie śruby oraz prawymi na drugiej stronie śruby (rys. 4.29). Pompy śrubowe odznaczają się dużą równomiernością tłoczenia, dużą sprawnością, cichobieżnością, dużą wydajnością (do 12000 l/min) i dużymi ciśnieniami roboczymi (do 20 [Mpa]).



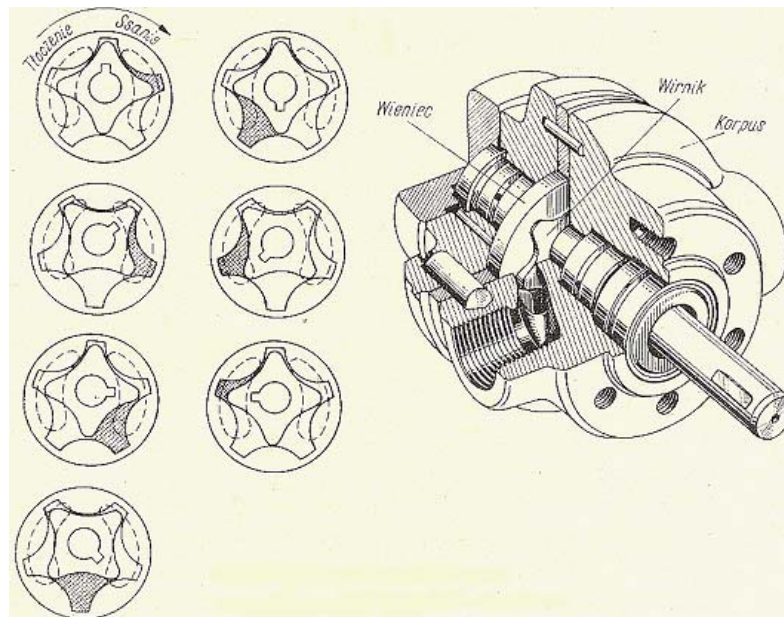
Rys. 4. 28. Pompa śrubowa [6]



Rys. 4.29. Bliźniacza pompa śrubowa [1]

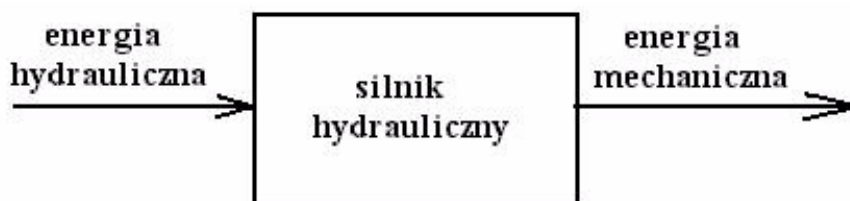
POMPY GEROTOROWE.

Pompa gerotorowa składa się z posiadającego zewnętrzne uzębienie wirnika wykonującego ruch wewnątrz uzębionego wewnętrznie wieńca posiadającego o jeden ząb mniej niż wirnik. Wirnik jest zamocowany mimośrodowo w stosunku do wieńca i ruch wirnika odbywa się w tym samym kierunku, lecz wolniej. Wszystkie zęby wirnika znajdują się w ciągłym styku z zębami wieńca. Pomiędzy wieńcem, a wirnikiem powstaje układ komór o objętościach zmieniających się w zależności od kąta obrotu wirnika, ale suma objętości komór pozostaje stała. Ważną cechą pomp gerotorowych jest niewielki rozmiar, wysoka sprawność, wydajność zmienna w szerokich granicach, a ciśnienie robocze osiąga 15 [Mpa].



Rys. 4.30. Pompa gerotorowa [1]

SILNIKI HYDRAULICZNE.



Rys. 4.31. Zasada pracy silnika hydraulicznego

Silniki hydrauliczne zamieniają energię sprężonej cieczy roboczej na ruch obrotowy wału silnika. Są one odwrotnością odpowiednich pomp hydraulicznych i dlatego nie będziemy omawiać ich budowy i zasad działania. W układach hydraulicznych najczęściej stosowane są silniki:

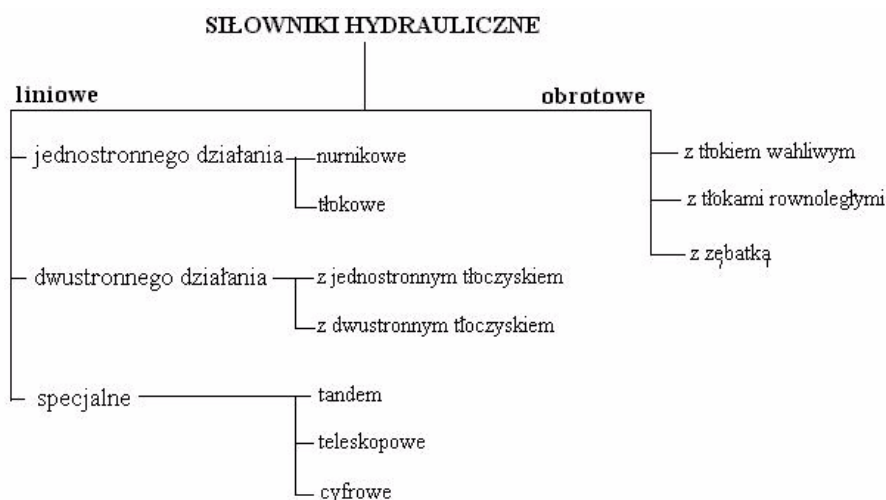
- 1) zębate,
- 2) łopatkowe,
- 3) tłoczkowe,
- 4) gerotorowe.

Najczęściej stosowane są silniki tłoczkowe ze względu na możliwość uzyskiwania bardzo małych stabilnych prędkości obrotowych (1 – 2 [obr/min]) oraz dużych momentów obrotowych (do 50 000 [Nm]).

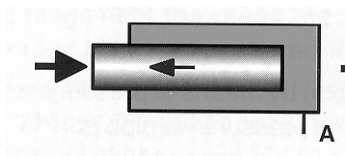
Siłowniki hydrauliczne.

Siłowniki są to urządzenia przekształcające energię cieczy hydraulicznych na energię mechaniczną. Są one łącznikiem pomiędzy układem hydraulicznym, a napędzaną maszyną.

Zamieniają energię hydrauliczną na przemieszczenie liniowe lub obrotowe elementu napędzanego. Wartość siły powstającej na tłoczysku siłownika o przekroju tłoka A wykonującego ruch w wyniku podania cieczy hydraulicznej o ciśnieniu p wynosi: $F = p \cdot A$.



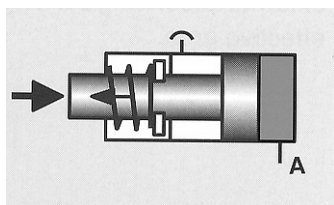
Rys. 4.32. Klasyfikacja siłowników hydraulicznych



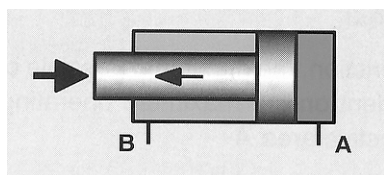
Rys. 4.33. Siłownik nurnikowy [2]

Siłownik nurnikowy (rys. 4.33) – przez sprężony olej wytwarzana jest tylko siła wypychająca nurnik. Wsuwanie nurnika następuje pod wpływem obciążenia zewnętrznego.

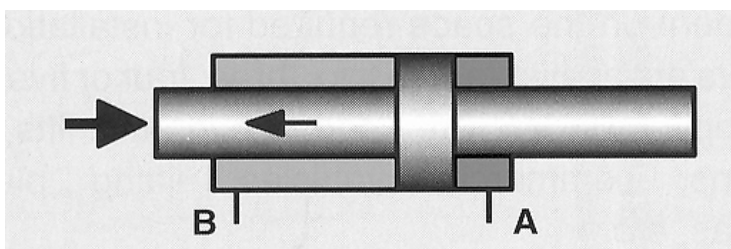
Siłownik tłokowy jednostronnego działania (rys. 4.34) – siła przepychająca tłoczysko wytwarzana jest przez sprężony olej, natomiast powrót tłoczyska następuje pod wpływem siły sprężyny.



Rys. 4.34. Zasada działania siłownika jednostronnego działania [2]



Rys. 4.35. Zasada działania siłownika dwustronnego działania z jednostronnym tłoczyskiem [2]

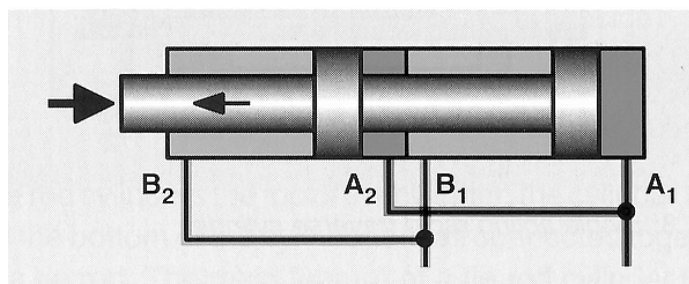


Rys. 4.36. Zasada działania siłownika dwustronnego działania z dwustronnym tłoczyskiem [2]

Siłownik dwustronnego działania z jednostronnym tłoczyskiem (rys. 4.35) – ruch tłoczyska następuje w wyniku podawania sprężonego oleju kolejno z obu stron tłoka, siła wysuwająca ma wartość większą niż siła wsuwająca tłoczysko.

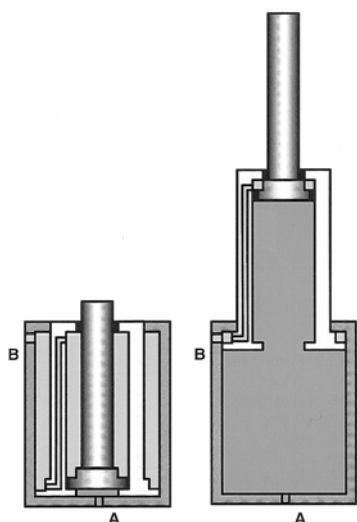
Siłownik dwustronnego działania z dwustronnym tłoczyskiem (rys. 4.36) – ruch tłoczyska następuje w wyniku podawania sprężonego oleju kolejno z obu stron tłoka, jeżeli przekroje tłoczysk z obu stron są jednakowe to siła wysuwająca jest równa sile wsuwającej tłoczysko.

Siłownik tandem (rys. 4.37) – na jednym tłoczysku znajdują się dwa tłoki, siła przekazywana na tłoczysko jest dwukrotnie większa niż w siłownikach dwustronnego działania

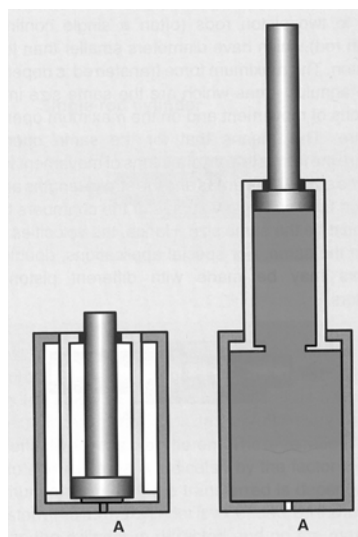


Rys. 4.37. Zasada działania siłownika tandem [2]

Na rys. 4.38 oraz 4.39 przedstawiono zasadę działania siłowników teleskopowych dwustronnego oraz jednostronnego działania.

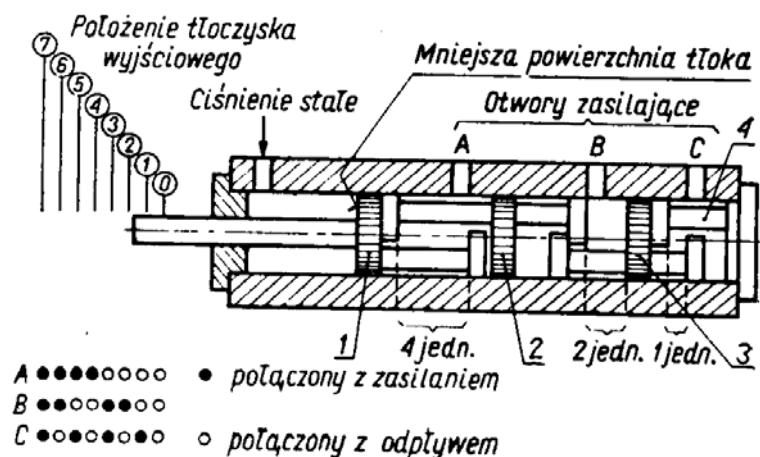


Rys.4.38. Zasada działania siłownika teleskopowego dwustronnego działania [2]



Rys. 4.39. Zasada działania siłownika teleskopowego jednostronnego działania [2]

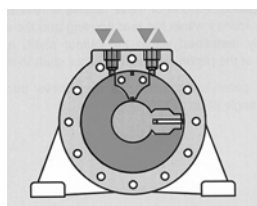
Siłowniki cyfrowe (rys. 4.40) – umożliwiają osiągnięcie przez tłoczysko określonych położeń pośrednich w zakresie skoku tłoczyska.



Rys. 4.40. Siłownik cyfrowy trójbitowy [6]

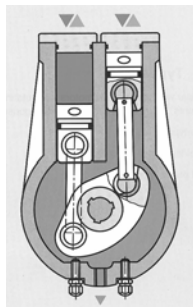
Tłoki 1, 2, 3 mają zderzaki w formie haczyków, ograniczające ich wzajemne przemieszczenia. Zderzak 4 jest nieruchomy. Tłok 1 po stronie tłocyska wyjściowego ma mniejszą powierzchnię, na którą stale działa ciśnienie przeciwdziałające ciśnieniom doprowadzanym do otworów A, B, C. W celu uzyskania jednego z siedmiu położów należy doprowadzić ciśnienie do odpowiednich otworów.

Siłownik z tłokiem obrotowym.



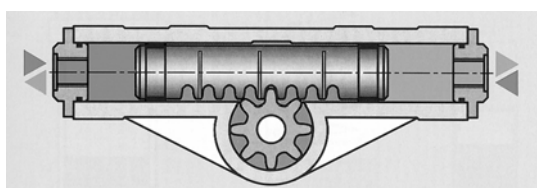
Rys. 4.41. Zasada działania siłownika z tłokiem obrotowym [2]

Siłownik z tłokami równoległymi.



Rys. 4.42. Zasada działania siłownika z równoległymi tłokami [2]

Siłownik z zębatką.



Rys. 4.43. Zasada działania siłownika z zębatką [2]

Elementy sterujące przepływem cieczy roboczej.

Elementami sterującymi przepływem płynów są zawory.

Podstawowy podział zaworów:

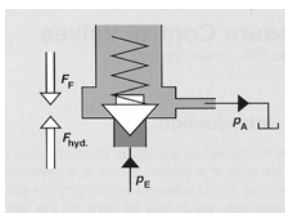
- a) zawory sterujące ciśnieniem – zawory bezpieczeństwa, zawory przelewowe, zawory redukcyjne,
- b) zawory sterujące natężeniem przepływu – dławiki,
- c) zawory sterujące kierunkiem przepływu – zawory rozdzielające, zawory zwrotne.

ZAWORY STERUJĄCE CIŚNIENIEM.

Zawory sterujące ciśnieniem stosowane są w układach hydraulicznych w celu ograniczenia ciśnienia cieczy roboczej w układzie lub określonej gałęzi układu. Stosowane są trzy podstawowe rodzaje zaworów sterujących ciśnieniem:

- zawory przelewowe,
- zawory bezpieczeństwa,
- zawory redukcyjne.

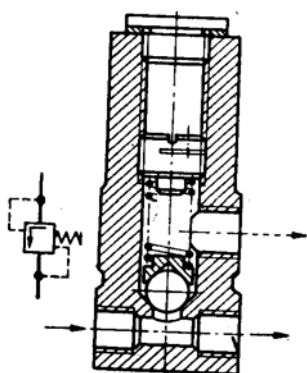
Zawór przelewowy stosuje się w układach, w których podczas normalnej pracy tylko część czynnika powinna dopływać do zbiornika, reszta musi być odprowadzona do zbiornika, lub do innej gałęzi układu. Zawór przelewowy otworzy przepływ cieczy hydraulicznej o ciśnieniu p_E do zbiornika (lub przewodu o niższym ciśnieniu p_A) wtedy, gdy $F_{hyd} > F_F + p_A \cdot A$. (rys. 4.44)



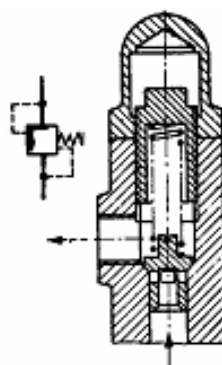
Rys.4.44. Zasada działania zaworu przelewowego [2]

Stosowane są różne odmiany konstrukcyjne zaworów przelewowych (rys. 4.45.):

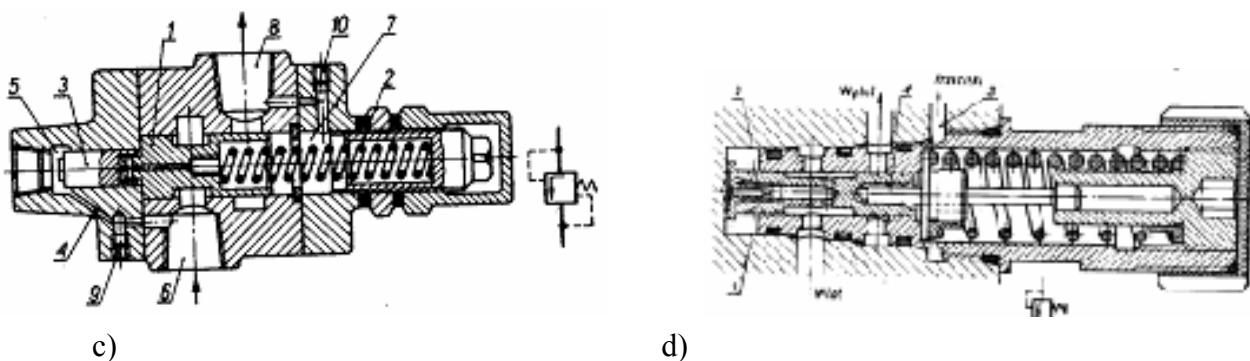
- kulkowe,
- grzybkowe,
- tłoczkowe,
- suwakowe.



a)



b)



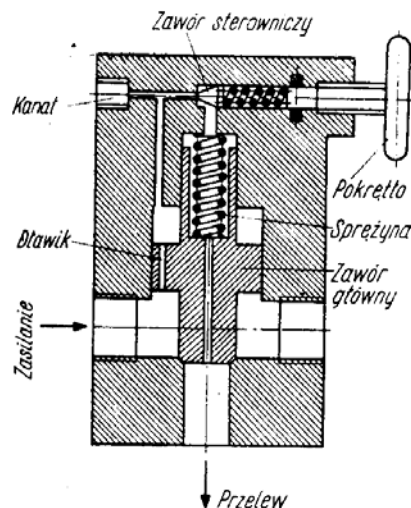
Rys. 4.45. Odmiany konstrukcyjne zaworów przelewowych [6]
a) kulkowy, b) grzybkowy, c) suwakowy, d) tłczkowy

Zawory przelewowe mogą być sterowane:

- bezpośrednio, tzn. siła F_F wytwarzana jest przez sprężynę dociskającą (patrz rys. 4.44)
- pośrednio, tzn. siła F_F wytwarzana jest za pomocą strumienia pomocniczego przez inne urządzenia.

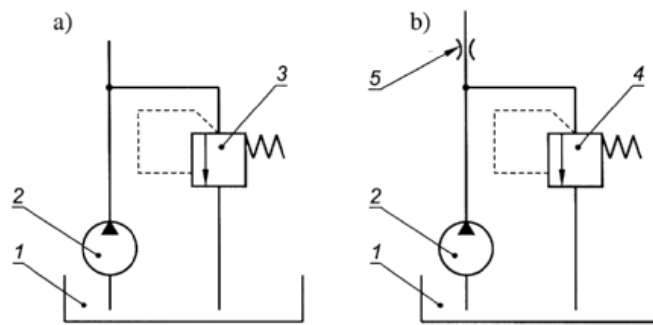
Bardzo ważną cechą zaworów przelewowych jest wysoka dokładność regulacji zadanego ciśnienia w układzie, pracy bez drgań i pulsacji ciśnienia.

Zawór bezpieczeństwa stosowany jest w przypadkach konieczności natychmiastowego zadziałania w momencie nagłego wzrostu ciśnienia. Budowa oraz zasada działania zaworu bezpieczeństwa jest analogiczna jak zaworu przelewowego, z tą różnicą, że zawór bezpieczeństwa musi otworzyć przepływ do zbiornika natychmiast po wzroście ciśnienia.



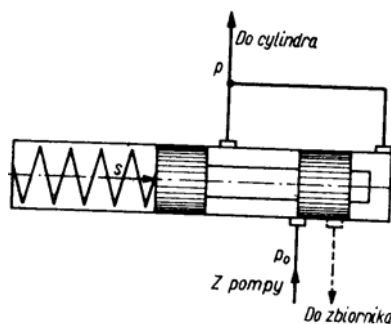
Rys. 4.46. Zawór bezpieczeństwa [1]

Wzrost ciśnienia cieczy w komorze pod zaworem głównym powoduje zwiększenie się ciśnienia w komorze nad zaworem głównym. Gdy określona wartość ciśnienia zostanie przekroczona to zawór unosi się do góry kierując ciecz roboczą do przelewu, ciśnienie pod zaworem maleje powodując zmniejszenie się ciśnienia nad zaworem i ułatwienie przesunięcia zaworu do góry i ułatwieniu wypływu oleju do przelewu. Niewielkie zmiany ciśnienia cieczy roboczej pod zaworem powodują jego zadziałanie.



Rys. 4.47. Podłączenie zaworów ciśnieniowych w układzie hydraulicznym: a) zaworu bezpieczeństwa, b) zaworu przelewowego: 1) zbiornik, 2) pompa, 3) zawór bezpieczeństwa, 4) zawór przelewowy, 5) dławik

Zawór redukcyjny stosowany jest w celu utrzymania stałej wartości ciśnienia za zaworem niezależnie od zmian ciśnienia przed zaworem.

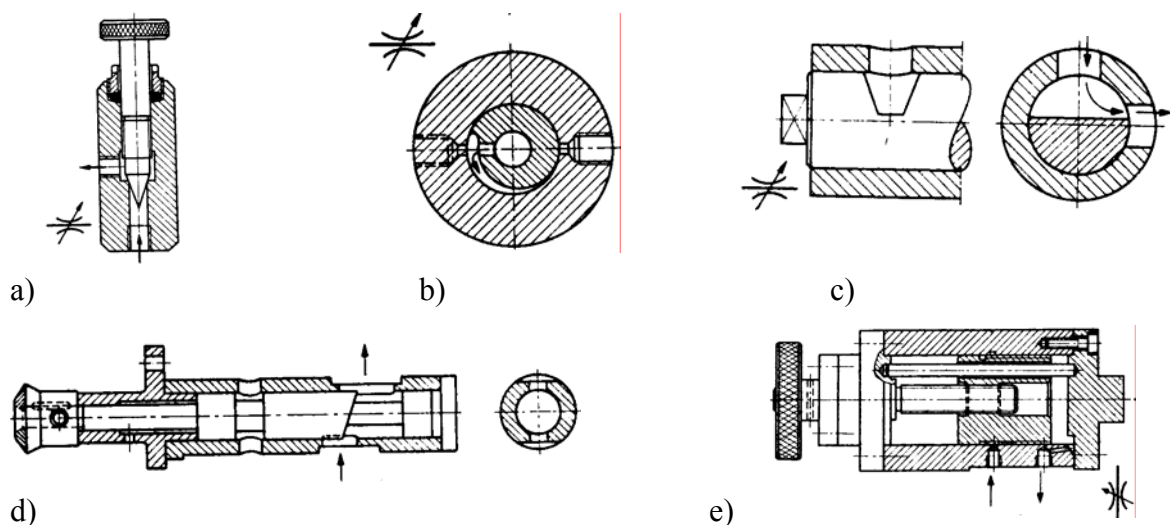


Rys. 4.48. Schemat konstrukcyjny hydraulicznego zaworu redukcyjnego [6]

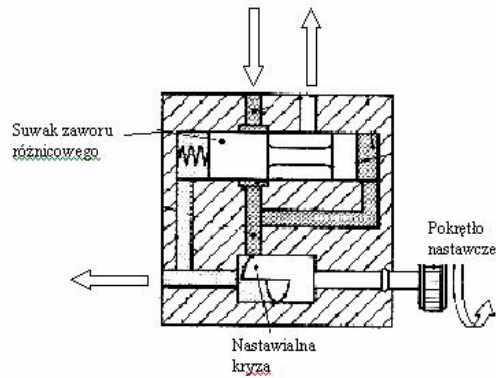
Tłoczek zaworu utrzymywany jest w położeniu otwarcia przez sprężynę. Ciecz bez przeszkód przepływa od pompy do cylindra. Jeżeli ciśnienie p wzrośnie do wartości granicznej wynikającej ze wstępnego napięcia sprężyny to tłoczek zostanie przesunięty w lewo zmniejszając dopływ oleju z pompy. Przy spadku ciśnienia p następuje działanie odwrotne.

ZAWORY STERUJĄCE NATĘŻENIEM PRZEPŁYWU.

Do zmiany (ustawiania) natężenia przepływu cieczy roboczej stosowane są zawory dławiące. Przykłady konstrukcji zaworów dławiących pokazane są na rys. 4.49.



Rys. 4.49. Przykłady konstrukcji zaworów dławiących [6]
a) igiełkowy, b) z rowkiem obwodowym, c) kurkowy, d) okienkowy, e) gwintowy



Rys. 4.50. Regulator przepływu

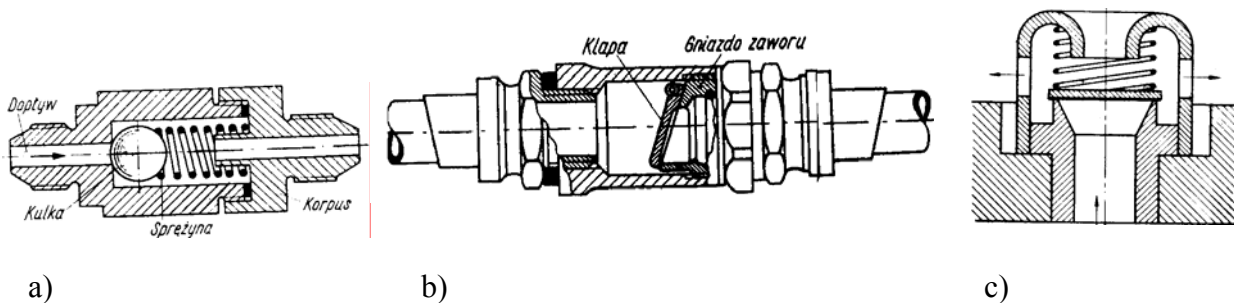
Dwudrogowym regulatorem przepływu (rys. 4.50) można wpływać na zmianę prędkości elementów wykonawczych. Zawór różnicowy utrzymujący stały spadek ciśnienia na nastawialnej kryzie połączony jest z zaworem dławiącym.

Regulatory prędkości zapewniają stałą prędkość ruchu tłoka mimo zmieniającego się obciążenia.

ZAWORY STERUJĄCE KIERUNKIEM PRZEPŁYWU:

Zawory odcinające – stosowane są w celu zamykania i otwierania przepływu czynnika przez dany przewód.

Zawory zwrotne – umożliwiają przepływ cieczy roboczej w jednym kierunku, a zapobiegają przepływowi w kierunku przeciwnym. Typowe rozwiązania zaworów zwrotnych przedstawione są na rys. 4.51.

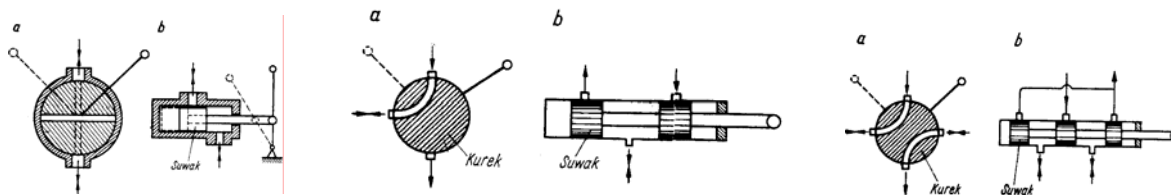


Rys. 4.51. Zawory zwrotne: a) kulkowy ze sprężyną, b) bez sprężyny, c) płytkowy [1]

Zawory rozdzielające – kierują cieczą roboczą do pracujących przestrzeni roboczych urządzeń hydraulicznych, umożliwiając jednocześnie swobodny odpływ oleju z przestrzeni niepracujących. Zawory rozdzielające doprowadzają cieczą roboczą do urządzeń w taki sposób, aby wykonywały one ruch w pożądanym kierunku. Zaletami zaworów rozdzielających są:

- prosta konstrukcja,
- niewielkie siły sterujące,
- wysoka przenoszona moc,
- niewielkie straty przepływu.

Najczęściej stosowane są zawory suwakowe oraz obrotowe. Zasadę działania zaworów rozdzielających przedstawiono na rysunku 4.52.



1)

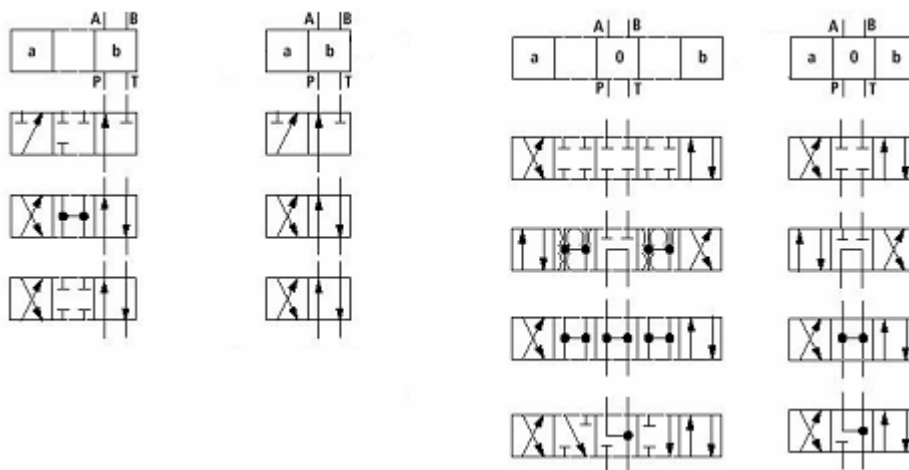
2)

3)

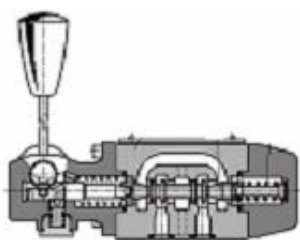
Rys. 4.52. Podstawowe rodzaje zaworów rozdzielających [1]

1) dwudrożny, 2) trójdrożny, 3) czterodrożny, a) obrotowy, b) suwakowy

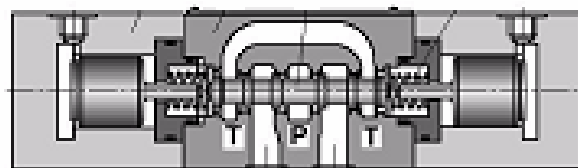
Z punktu widzenia funkcji pełnionej przez zawór rozdzielający w układzie hydraulicznym, istotna jest ilość dróg sterowanych (ilość kanłów uzyskujących pomiędzy sobą połączenia) oraz ilość położeń (pozycji, które może zajmować suwak umożliwiających realizację innego układu połączeń sterowanych dróg). Na rys. 4.53 zamieszczono przykładowe układy połączeń w zaworach rozdzielających.



Rys.4.53. Wybrane układy połączeń w zaworach rozdzielających



Rys. 4.54. Przykład zaworu sterowanego ręcznie (dźwignią)



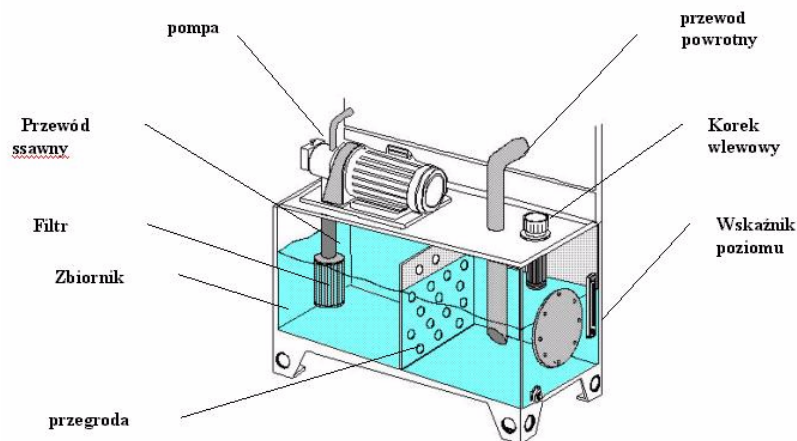
Rys. 4.55. Przykład zaworu sterowanego hydraulicznie

Przemieszczanie suwaka zaworów rozdzielających w układach hydraulicznych (czyli sterowanie zaworów) może być:

- a) ręczne,
- b) mechaniczne,
- c) hydrauliczne.

BUDOWA STACJI OLEJOWEJ.

Zadaniem stacji olejowej (agregatu hydraulicznego) jest wytworzenie i przygotowanie energii ciśnienia cieczy roboczej (energii hydraulicznej) wykorzystywanej przez urządzenie hydrauliczne (rys. 4.56).



Rys. 4.56. Schemat budowy stacji olejowej [7]

Ciecz robocza podawana do urządzenia hydraulicznego powinna spełniać następujące wymagania:

- nie zawierać zanieczyszczeń mechanicznych,
- nie zawierać pęcherzyków powietrza ani wody,
- posiadać odpowiednią temperaturę oraz lepkość,
- posiadać odpowiednie ciśnienie.

W skład stacji olejowej wchodzi zwykle następujące elementy i urządzenia:

- 1) zbiornik cieczy roboczej,
- 2) zespół silnik – pompa,
- 3) urządzenia do kontroli:
 - poziomu cieczy roboczej, – temperatury cieczy roboczej, – ciśnienia cieczy roboczej,
- 4) filtry,
- 5) chłodnice,
- 6) podgrzewacze,
- 7) zawory ograniczające ciśnienie,
- 8) zawory kontrolne,
- 9) akumulatory.

Od warunków pracy układu zależy, które z wymienionych elementów wystąpią w stacji olejowej.

W przedstawionej stacji olejowej nie występują: chłodnice, podgrzewacze oraz akumulatory.

Bardzo ważną rolę w stacji olejowej odgrywa zbiornik cieczy roboczej, gdyż umożliwia on:

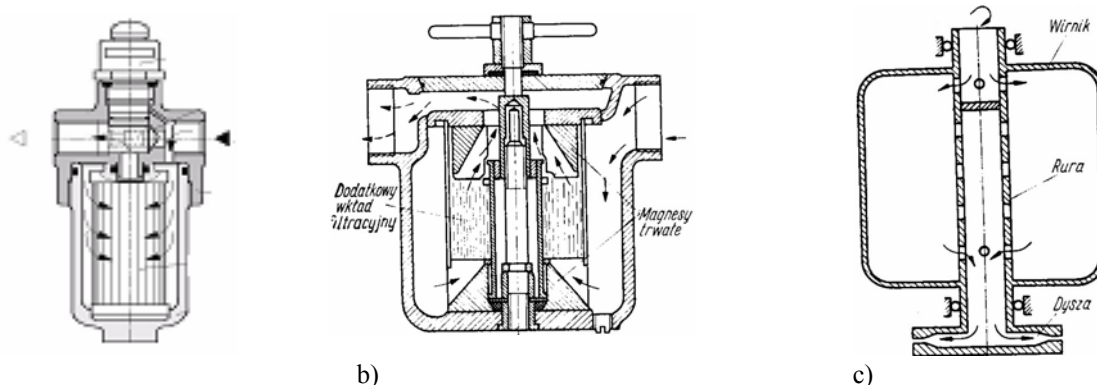
- 1) gromadzenie wymaganej ilości cieczy roboczej wpływającej/wypływającej do siłowników i silników hydraulicznych,
- 2) wymianę ciepła pomiędzy cieczą roboczą, a otoczeniem,
- 3) oddzielenie zanieczyszczeń mechanicznych i wody,
- 4) wydzielenie zawartego w cieczy roboczej powietrza.

Pojemność zbiornika cieczy roboczej powinna być 2 do 8 razy większa niż łączna wydajność pomp zainstalowanych w stacji olejowej. Zbiornik zaopatrzony powinien być w filtr wlewy oleju, wskaźniki poziomu oleju, filtr powietrzny (aby nie powstawało podciśnienie w zbiorniku).

FILTRY

W układach hydraulicznych występują zanieczyszczenia stałe oleju. Zanieczyszczenia te usuwane są za pomocą filtrów. Ze względu na zasadę działania filtry dzielimy na:

- 1) filtry mechaniczne,
- 2) filtry siłowe.



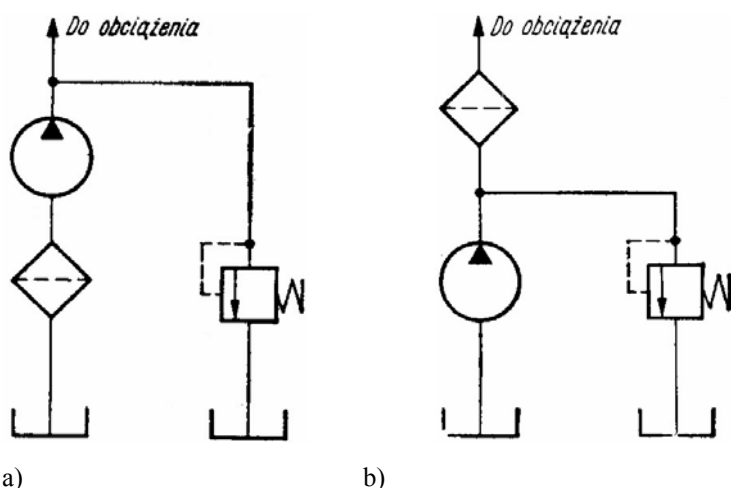
Rys. 4.57. Zasada działania filtrów: a) mechanicznego [2], b) magnetycznego [1], c) odśrodkowego [1]

W filtrach mechanicznych oczyszczanie odbywa się na zasadzie przepuszczania cieczy przez wkład filtrujący z odpowiednio dobranymi kanalikami zatrzymującymi zanieczyszczenia.

W filtrach siłowych wykorzystuje się działanie sił magnetycznych, elektrycznych, grawitacyjnych, odśrodkowych powodujących wydzielanie zanieczyszczeń ferromagnetycznych oraz cząsteczek zanieczyszczeń o większym ciężarze właściwym niż ciecz robocza.

W zależności od potrzeb pracującego układu filtry są instalowane (rys. 4.58):

- 1) na wlewie do zbiornika, na przewodzie powrotnym z układu,
- 2) na przewodzie ssawnym pompy, zainstalowany w tym miejscu filtr zabezpiecza pompę przed zanieczyszczeniami, ale zwiększa opory przy ssaniu – w przypadku zatkania filtra może nastąpić zapowietrzenie układu, a nawet zatarcie pompy,
- 3) na przewodzie tłocznym pompy.



Rys. 4.58. Sposoby instalowania filtrów w układach hydraulicznych [1]
a) na przewodzie ssawnym, b) na przewodzie tłocznym

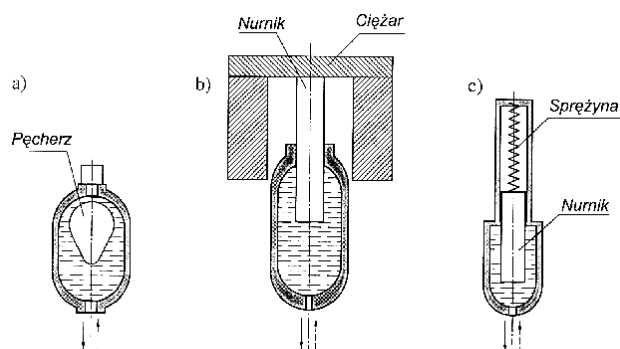
AKUMULATORY HYDRAULICZNE.

Akumulatory stosuje się najczęściej w układach, w których może wystąpić chwilowe zapotrzebowanie na energię hydrauliczną. Pozwala to na wyeliminowanie z układu pompy

o większej wydajności, która podczas normalnej eksploatacji układu pracowałaby w dużej mierze na przelew do zbiornika, a tylko w krótkich okresach czasu występowałoby zapotrzebowanie na pełną wydajność pompy. Zadaniem akumulatora jest gromadzenie energii hydraulicznej. Ze względu na konstrukcję dzielą się na trzy podstawowe grupy:

- gazowe,
- ciężarowe,
- sprężyste.

W zależności od konstrukcji energia jest gromadzona w postaci energii gazu, energii potencjalnej obciążnika lub energii ciała sprężystego.



Rys. 4. 59. Schemat budowy akumulatorów hydraulicznych: a) akumulator z przegrodą, pęcherzowy, gazowa, b) akumulator ze stałym ciężarem, nurnikowy, c) akumulator sprężynowy nurnikowy.

4.2.2. Pytania sprawdzające

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

1. Które elementy tworzą strukturę funkcjonalną układu hydraulicznego?
2. Jakie są zadania urządzeń sterujących w układach hydraulicznych?
3. Które parametry charakteryzują właściwości pomp hydraulicznych?
4. Jaki jest cel stosowania zaworów bezpieczeństwa w układach hydraulicznych?
5. Jak brzmi nazwa urządzenia, które należy zamontować w układzie hydraulicznym, aby zagwarantować przepływ cieczy roboczej w przewodzie tylko w jednym kierunku bez możliwości cofania?
6. Jaka jest zasada działania siłowników hydraulicznych?
7. Jakie są zadania stacji olejowej w układzie hydraulicznym?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Urządzenia hydrauliczne zaprezentowane w rozdziale 4.2. (silniki i siłowniki hydrauliczne, zawory redukcyjne, zawory bezpieczeństwa, zawory przelewowe, dławiki, zawory rozdzielające, zawory zwrotne) zakwalifikuj do grup tworzących strukturę funkcjonalną układów hydraulicznych.

Sposób wykonywania ćwiczeń

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.2.1. Poradnika dla ucznia oraz fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) przeprowadzić dyskusję z kolegami w grupie 3- 4 – osobowej,
- 3) zapisać rezultaty dyskusji w sprawozdaniu z ćwiczenia,
- 4) w formie prezentacji przedstawić wyniki dyskusji w grupach.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia
- karta ćwiczenia.

Ćwiczenie 2

Porównaj właściwości poszczególnych rodzajów pomp hydraulicznych.

Sposób wykonywania ćwiczeń

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.2.1. Poradnika dla ucznia oraz fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) zadanie wykonać w grupie 2-3-osobowej,
- 3) właściwości poszczególnych pomp zapisać w karcie ćwiczenia,
- 4) zaprezentować wyniki pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia,
- karty ćwiczeń z tabelami do wpisania właściwości poszczególnych pomp.

Ćwiczenie 3

Oblicz średnicę tłoka siłownika hydraulicznego dwustronnego działania z dwustronnym tłoczyskiem, który ma przemieszczać przedmiot o ciężarze 2000 [N]. Siłownik zasilany będzie cieczą hydrauliczną o ciśnieniu 7 [Mpa].

Sposób wykonywania ćwiczeń

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.2.1. Poradnika dla ucznia oraz fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) zadanie wykonać indywidualnie,
- 3) zapisać tok obliczeń w karcie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia,
- karta ćwiczenia.

Ćwiczenie 4

Podaj nazwy urządzeń, które powinny wchodzić w skład stacji olejowej układu hydraulicznego. Układ musi być zabezpieczony przed przeciążeniem, olej powracający jest zanieczyszczony, ale nie wymaga dodatkowego chłodzenia.

Sposób wykonywania ćwiczeń

Aby wykonać ćwiczenie powinienes:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.2.1. Poradnika dla ucznia oraz fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) wykonać zadanie indywidualnie,
- 3) zapisać nazwy urządzeń w karcie ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia,
- karta ćwiczenia.

4.2.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) scharakteryzować strukturę funkcjonalną układów hydraulicznych?	☐	☐
2) wyjaśnić zasadę działania pompy gerotorowej?	☐	☐
3) wyjaśnić rolę, jaką w układzie hydraulicznym spełniają siłowniki?	☐	☐
4) uzasadnić cele stosowania w układach hydraulicznych zaworów regulujących ciśnienie cieczy roboczej?	☐	☐
5) wyspecyfikować urządzenia wchodzące w skład stacji olejowej układu hydraulicznego?	☐	☐

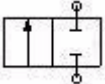
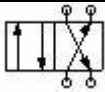
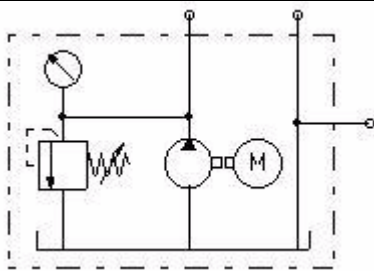
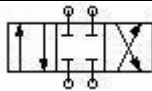
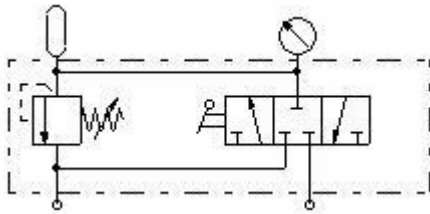
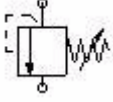
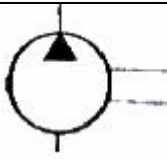
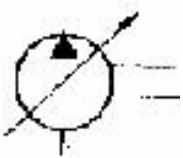
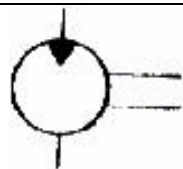
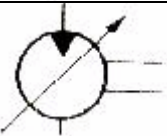
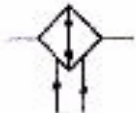
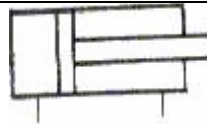
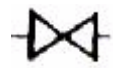
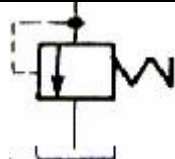
4.3. Zasady projektowania, montażu i eksploatacji układów hydraulicznych

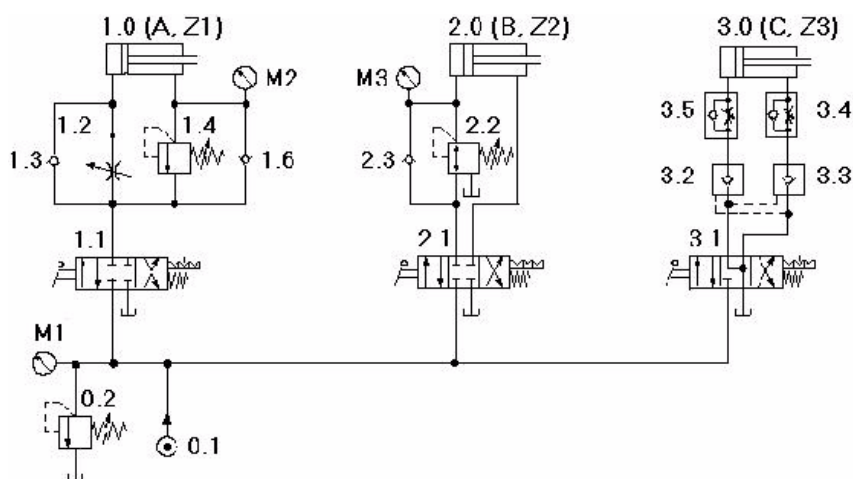
4.3.1. Materiał nauczania

Hydrauliczne układy wykonawcze składają się z określonej liczby elementów (urządzeń) hydraulicznych połączonych ze sobą tak, aby zapewniały poprawne działanie urządzenia zgodnie z jego przeznaczeniem. Wszystkie elementy wchodzące w skład układu hydraulicznego oraz połączenia pomiędzy nimi przedstawiane są w sposób symboliczny na schemacie układu hydraulicznego.

Symbole wybranych elementów układów hydraulicznych przedstawia tabela 4.3.

Tabela 4.3. Symbole wybranych elementów układów hydraulicznych

Nazwa	Symbol	Nazwa	Symbol
Przewód połączeniowy		Zawór rozdzielający 2/2	
Źródło energii hydraulicznej		Zawór rozdzielający 4/2	
Stacja olejowa		Zawór rozdzielający 4/3	
Zespół akumulatora hydraulicznego		Regulator przepływu	
Pompa hydrauliczna o stałej wydajności		Manometr	
Pompa hydrauliczna o zmiennej wydajności		Miejsce odprowadzenia przecieków wewnętrznych albo powrót	
Silnik hydrauliczny o stałej chłonności		Filtr	
Silnik hydrauliczny o zmiennej chłonności		Chłodnica	
Siłownik dwustronnego działania		Zawór odcinający	
Zawór bezpieczeństwa, przelewowy		Zawór dławiąco-zwrotny	



Rys. 4.60. Sposób oznaczania elementów na schematach układów hydraulicznych

Sposób oznaczania elementów układu przedstawiono na rys. 4.60:

- kolejne elementy wykonawcze (siłowniki) oznaczane są cyframi 1.0, 2.0,.....,
- pozostałe elementy współpracujące z danymi siłownikami oznaczane są odpowiednio 1.1, 1.2, 1.3....., 2.1, 2.2.....,
- źródło zasilania, np. stacja olejowa oznaczana jest numerem 0.1,
- 0.2, 0.3, urządzenia towarzyszące stacji olejowej (zawory bezpieczeństwa, akumulatory itp.)
- punkty pomiaru ciśnienia- manometry M1, M2.....

Poniżej zostaną przedstawione niektóre (podstawowe) rodzaje układów sterowania hydraulicznego:

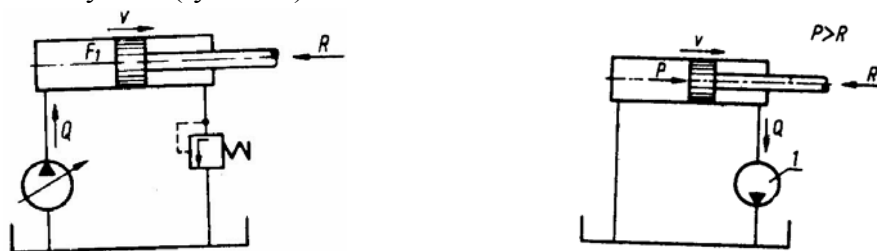
- układy nastawiające i regulujące prędkość ruchu tłoczyska siłownika (lub wału silnika),
- układy nawrotne (zmieniające kierunek ruchu tłoczyska),
- układy hamowania

UKŁADY NASTAWIAJĄCE I REGULUJĄCE PRĘDKOŚĆ.

Prędkość organów wykonawczych urządzeń hydraulicznych można nastawiać i regulować poprzez:

- a) zmianę wydajności pompy,
- b) stopniowanie (przyłączanie lub odłączanie pomp o stałej wydajności),
- c) zmianę chłonności silnika,
- d) dławienie,
- e) zastosowanie regulatorów przepływu (regulatory prędkości),
- f) zastosowanie układu kombinowanego (stopniowanie połączone z dławieniem).

Nastawianie oraz regulacja prędkości siłowników(silników) hydraulicznych odbywa się poprzez dawkowanie (dostarczanie) odpowiedniej ilości cieczy roboczej. Może to być dawkowanie na wlocie lub na wylocie (rys. 4.61).

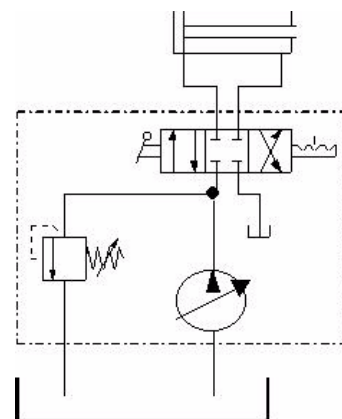


Rys. 4.61. Zasada dawkowania oleju do siłowników hydraulicznych: a) na wlocie, b) na wylocie [6]

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

Układy ze zmienną wydajnością pompy.

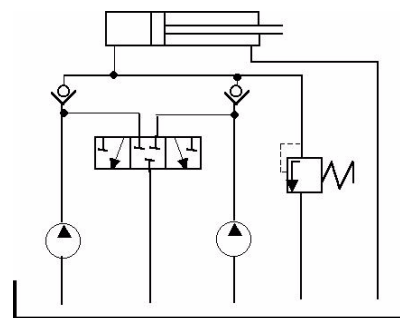
Na rys. 4.62 przedstawiono układ ze zmienną wydajnością pompy. Dawkowanie odbywa się na wlocie, a urządzeniem określającym ilość podawanej cieczy roboczej jest pompa. Ciecz robocza podawana przez pompę dostarczana jest do siłownika. Zawór przelewowy ma za zadanie zabezpieczenie układu przed ewentualnym przeciążeniem i w warunkach normalnej pracy układu pozostaje zamknięty. Dlatego w układzie nie ma strat hydraulicznych. Układy ze zmienną wydajnością pompy nadają się do realizacji ruchów szybkich urządzeń o dużych mocach.



Rys. 4. 62. Układ ze zmienną wydajnością pompy.

Układy ze stopniowaniem (przyłączanie lub odłączanie pomp o stałej wydajności)

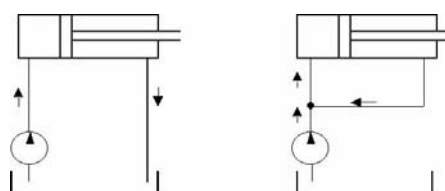
Pompy mają różne wydajności. Dzięki zaworowi rozdzielającemu można z siłownikiem łączyć poszczególne pompy i dzięki temu dawkować olej do siłownika uzyskując określone wartości prędkości.



Rys. 4. 63. Układ ze stopniowaniem

Układ ze zmianą chłonności silnika.

Zmiana prędkości odbywa się przy stałej ilości cieczy roboczej dopływającej do silnika, a zmianie ulega ilość cieczy roboczej pochłaniana przez silnik na jeden obrót lub na przesunięcie tłoczyska o jednostkę długości.

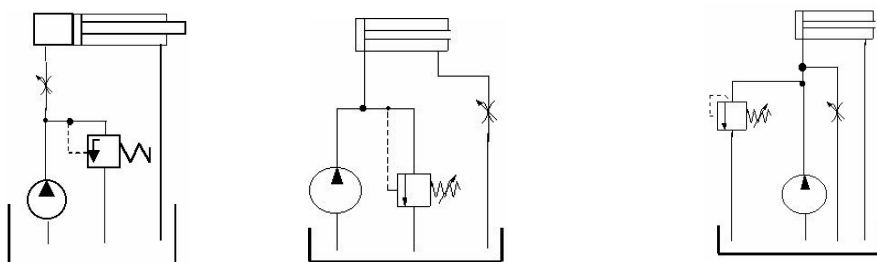


Rys. 4. 64. Zasada zmiany prędkości tłoczyska poprzez zmianę chłonności siłownika.

W przypadku silnika hydraulicznego zmiana chłonności odbywa się poprzez zmianę mimośrodów lub kąta pochylenia tarczy. W przypadku siłowników hydraulicznych zmiana taka jest możliwa tylko w sposób stopniowy i przy specjalnej konstrukcji siłowników. Na rys. 4.64. przedstawione zostały dwie możliwości włączania w obieg siłownika z tłoczyskiem różnicowym. Układy z dławieniem.

Dawkowanie cieczy roboczej za pomocą dławienia polega na przepuszczaniu jej przez dławik. Dławik może być włączany:

- a) na wlocie do siłownika,
- b) na wylocie,
- c) na odgałęzieniu.



a) b) c)
Rys. 4.65. Układy z dławieniem: a) na wlocie , b) na wylocie , c) na odgałęzieniu

Układ z dławikiem włączonym na wlocie - część cieczy roboczej podawanej przez pompę poprzez dławik dostaje się do komory siłownika powodując ruch tłoczyska siłownika z określoną prędkością, pozostała część cieczy roboczej powraca do zbiornika przez zawór przelewowy. Nadwyżka ciśnienia podawanego przez pompę (w stosunku do ciśnienia w siłowniku) jest przyczyną strat energetycznych oraz wydzielania ciepła w dławiku. Włączenie dławika na wlocie ma jeszcze tę wadę, że nie wytwarza w siłowniku przeciwcisnienia co ujemnie wpływa na równomierność ruchu tłoczyska siłownika.

Układ z dławikiem włączonym na wylocie siłownika - ciśnienie w komorze siłownika jest równe ciśnieniu wytwarzanemu przez pompę i ustalone przez zawór przelewowy odprowadzający nadmiar cieczy roboczej do zbiornika ($p_1 = \text{constans}$). Do zalet włączania dławika na wylocie zaliczyć należy:

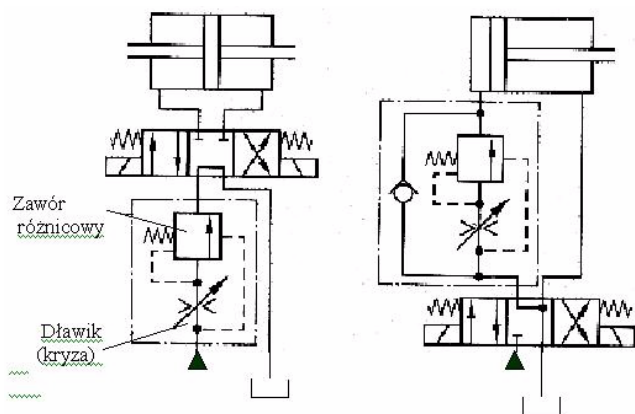
- powstawanie przeciwcisnienia,
- odprowadzenie cieczy roboczej nagrzanej w dławiku wprost do zbiornika,
- ograniczenie możliwości zapowietrzenia siłownika w przypadku zmniejszenia prędkości ruchu tłoczyska.

Układ z dławikiem włączonym na odgałęzieniu - pompa wytwarza takie ciśnienie, jakie panować powinno w komorze siłownika. Zawór przelewowy zabezpiecza układ przed przeciążeniem i normalnie jest całkowicie zamknięty. Część cieczy roboczej podawanej przez pompę dopływa do siłownika, a pozostała część poprzez dławik wypływa do zbiornika. Ujemnymi cechami włączenia dławika na odgałęzieniu jest brak przeciwcisnienia oraz zależność prędkości od rzeczywistej wydajności pompy (od obciążenia oraz stanu zużycia pompy).

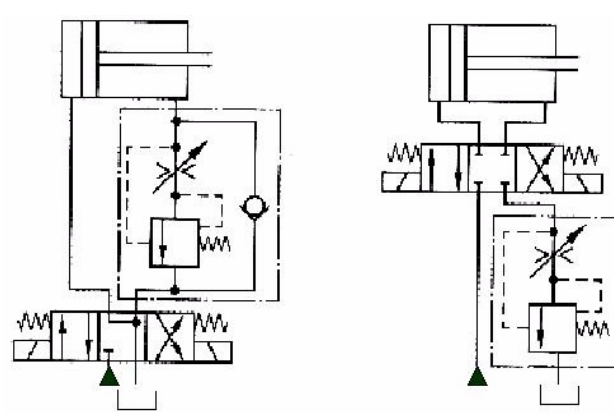
Natomiast do zalet należy zaliczyć mniejsze straty energetyczne, ponieważ pompa wytwarza tylko takie ciśnienie, które jest niezbędne do pokonania aktualnego obciążenia tłoczyska siłownika. Układ ten stosowany jest w urządzeniach dużej mocy oraz przy niewielkim zakresie prędkości.

Układ z regulatorem przepływu.

Zastosowanie regulatora przepływu umożliwia utrzymanie stałej wartości natężenia przepływu cieczy roboczej, a w związku z tym uniezależnia prędkość ruchu tłoczyska siłownika od zmian obciążenia. Regulator składa się z dławika 1 i zaworu różnicowego 2, utrzymującego stałą różnicę ciśnień. Dokładność utrzymania stałego spadku ciśnienia ma bezpośredni wpływ na stałość prędkości ruchu tłoczyska siłownika przy zmiennym obciążeniu. Regulator przepływu może być włączony na wlocie (rys. 4.66) w przewód zasilający zawór rozdzielający lub w przewód doprowadzony bezpośrednio do siłownika lub na wylocie (rys. 4.67).



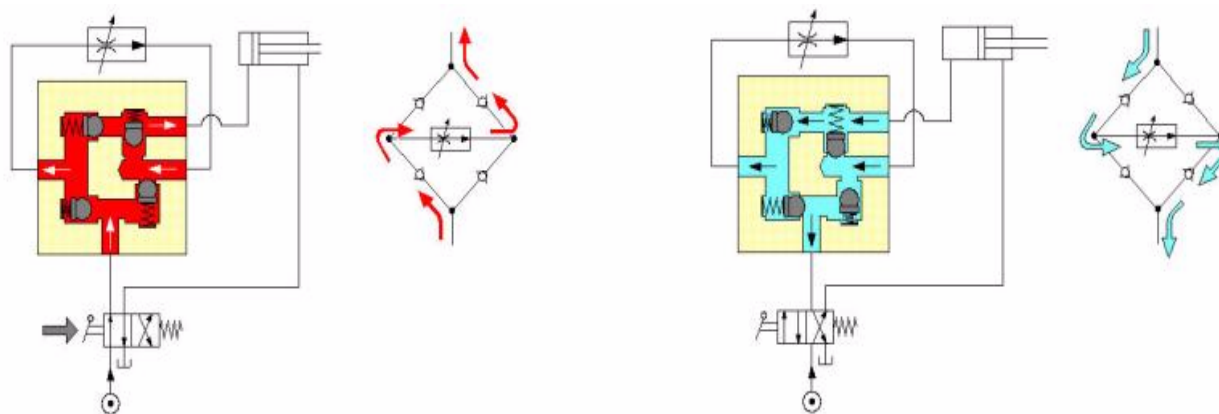
Rys. 4.66. Układy z regulatorem przepływu włączonym na wlocie



Rys. 4.67. Układy z regulatorem przepływu włączonym na wylocie

Układy z kombinowanym nastawianiem prędkości polegają na połączeniu nastawiania stopniowego z dławieniem przepływu cieczy roboczej doprowadzanej do komory siłownika. Dzięki temu możliwe jest nastawianie wartości prędkości w zakresach mieszczących się pomiędzy poszczególnymi stopniami – można uzyskiwać ciągłą zmianę prędkości w szerokim zakresie zmian.

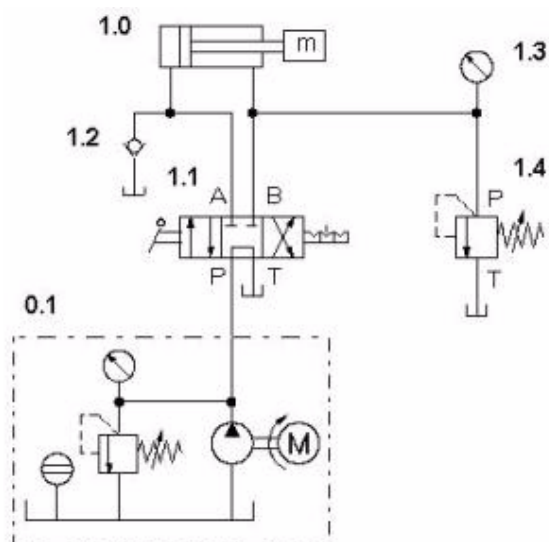
Układy zapewniające jednakową prędkość w obu kierunkach ruchu – stosuje się tzw. hydrauliczny układ Graetza, którego zasadę działania pokazano na rys. 4.68. Strumień cieczy roboczej dawkuje do siłownika podczas wysuwania oraz wsuwania tłoczyska są takie same, gdyż przepływają przez ten sam regulator przepływu.



Rys. 4.68. Zasada działania hydraulicznego układu Graetza [7]

UKŁADY HAMOWANIA RUCHU TŁOCZYSKA SIŁOWNIKA.

Przesterowanie zaworu rozdzielającego do położenia środkowego (zamykającego dopływ i odpływ cieczy roboczej w siłowniku) może prowadzić do chwilowych niebezpiecznych wzrostów ciśnień spowodowanych bezwładnością ruchomych elementów. Aby tego uniknąć do komory wylotowej siłownika podłącza się zawór przelewowy zapobiegający nadmiernemu wzrostowi ciśnienia.



Rys. 4.69. Układ hamowania ruchu tłoczyska siłownika

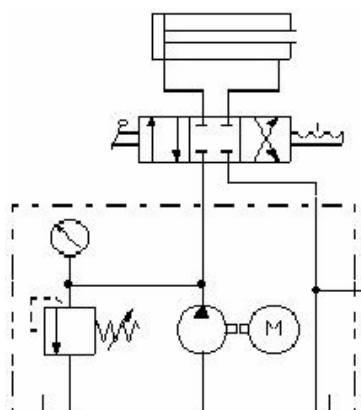
UKŁADY ZMIANY KIERUNKU RUCHU ORGANU WYKONAWCZEGO (UKŁADY NAWROTNE).

Zmiana kierunku ruchu, czyli nawrót elementu napędzanego odbywać się może w dwojaki sposób:

- w wyniku sterowania ręcznego,
- po dojściu tego elementu do zderzaka (czujnika położenia) ruchomego lub stałego.

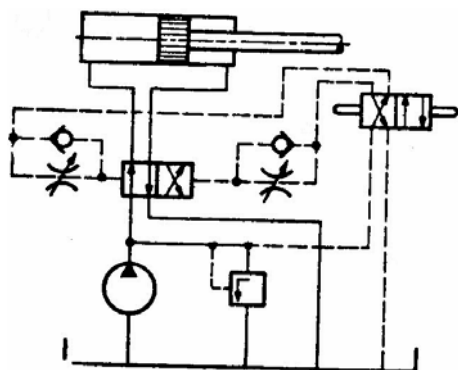
Układy ręcznego sterowania zmiany kierunku ruchu.

Wysuwanie tłoczyska siłownika następuje wtedy, gdy zawór 4/3 za pomocą dźwigni przesterowany jest w lewe położenie. Przesterowanie zaworu w położenie środkowe powoduje odcięcie dopływu cieczy roboczej z cylindra i silne hamowanie ruchu tłoczyska, dzięki czemu można uzyskać zatrzymanie tłoczyska. Po przesterowaniu zaworu w położenie prawe następuje wsuwanie tłoczyska siłownika.



Rys. 4.70. Układ ręcznego sterowania zmiany kierunku ruchu tłoczyska

Układy sterowania zmiany kierunku ruchu za pomocą pilota.



Rys. 4.71. Układ sterowania zmiany kierunku ruchu za pomocą pilota [6]

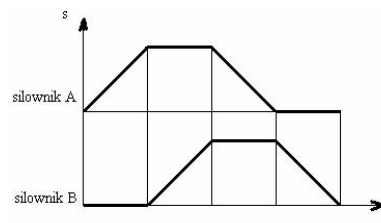
PROJEKTOWANIE UKŁADÓW HYDRAULICZNYCH.

Projektowanie układów hydraulicznych wiąże się z realizacją wielu różnorodnych czynności. Ogólne zasady projektowania układów hydraulicznych.

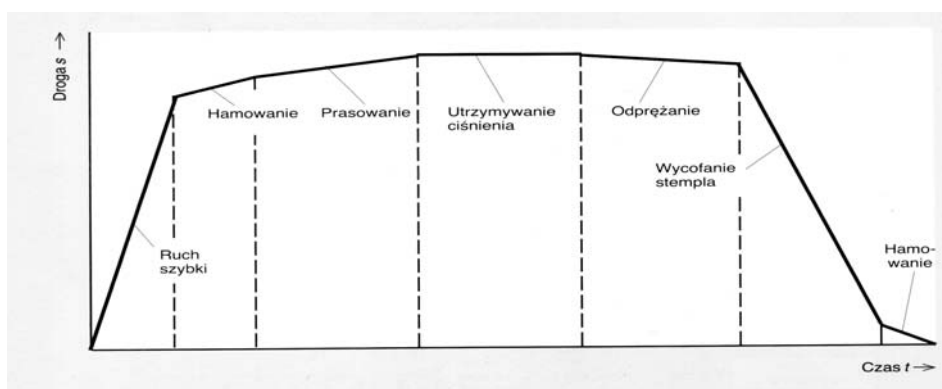
Punktem wyjściowym procesu projektowania jest jednoznaczne i możliwie szczegółowe sformułowanie zadania. Poprawne sformułowanie zadania powinno zawierać opis ruchów siłowników lub silników oraz wartości sił lub momentów istniejących w czasie wykonywania ruchu. Treści zadań przedstawiane są w postaci:

- diagramu krokowego (rys. 4.72),
- wykresu droga- czas (rys. 4.73),
- wykresu stanów (rys. 4.74).

Diagram przedstawia ruchy dwóch siłowników A i B. Jak widać jako pierwszy rozpoczyna ruch siłownik A wysuwa się do pozycji krańcowej, a następnie zaczyna wysuwać się siłownik B. Po jego całkowitym wysunięciu, następuje wsuwanie siłownika A, a następnie powrót do pozycji wyjściowej siłownika B.



Rys. 4.72. Przykład diagramu krokowego



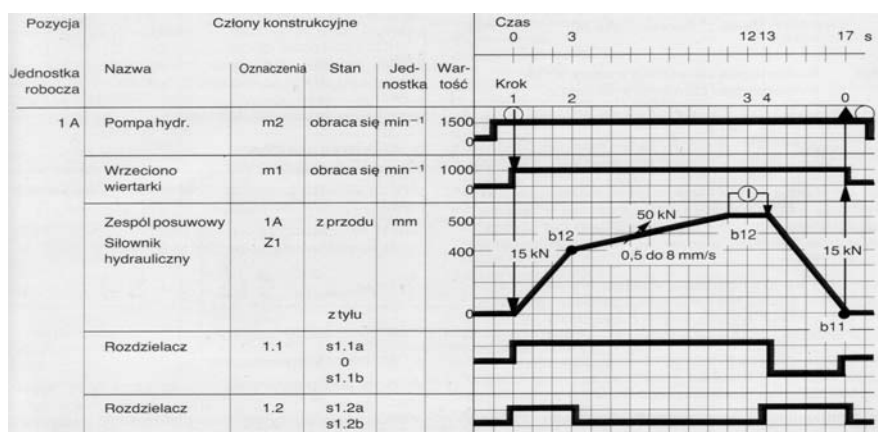
Rys. 4.73. Przykład wykresu droga – czas [3]

Na wykresie „czas droga” dodatkowo można określić szybkości poszczególnych faz ruchu. Poniżej przedstawiono przykład prasy do tworzyw sztucznych, gdzie przebieg ruchów wygląda następująco:

1. Stempel prasy w ruchu szybkim, a więc w możliwie najkrótszym czasie, dochodzi do materiału poddawanego tłoczeniu, zostaje przyhamowany i następnie w ciągu czasu określonego

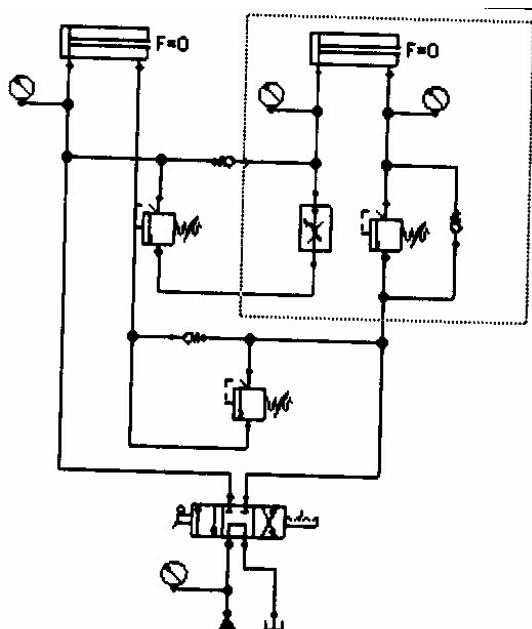
procesem tłoczenia działa z narastającą siłą na masę tworzywa. Po osiągnięciu określonej wartości siły powinno nastąpić zatrzymanie ruchu posuwowego, ale siła powinna być jeszcze krótkotrwale utrzymana. Po zakończeniu procesu utwardzanie następuje kontrolowane odprężanie i stempel powraca do swego położenia wyjściowego. Następuje wtedy czasowo zdefiniowana przerwa, potrzebna do wypchnięcia wypraski i wprowadzenia nowego materiału poddawanego prasowaniu.

Kolejnym sposobem przedstawienia stanu jednostek roboczych jest „wykres stanów”. Przedstawia on kolejność działania rozpatrywanych jednostek roboczych jako wykres i technicznych powiązań sterowniczych. Przykład takiego wykresu stanów widzimy na rys. 4.74.



Rys. 4.74. Przykład wykresu stanów [3]

2. Projektowanie układów hydraulicznych rozpoczyna się od ustalenia ogólnego schematu urządzenia zgodnego z założeniami projektu.



Rys. 4.75. Przykładowy schemat układu hydraulicznego

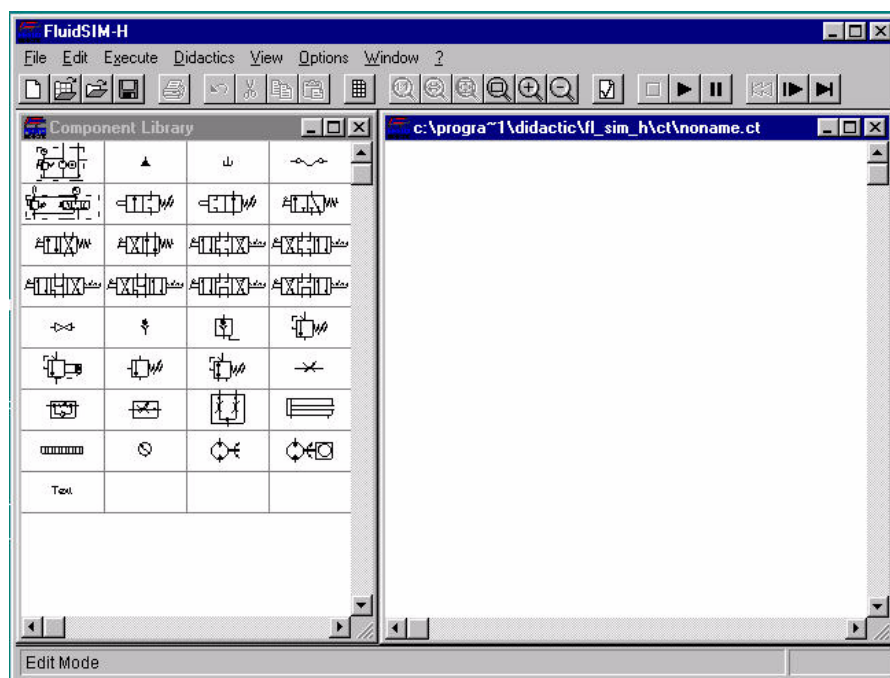
3. W następnej kolejności należy wstępnie zaprojektować rozmieszczenie poszczególnych głównych elementów w urządzeniu, takich jak: pompa, zbiornik, zawory, siłowniki, silniki hydrauliczne itp.

4. Określenie ciśnienia cieczy roboczej krążącej w układzie (można wykonać stosowne obliczenia lub dobrać na podstawie tabel).
5. Dobór z katalogu siłownika (lub silnika).
6. Wybór elementów sterujących: kierunkiem przepływu, wartością ciśnienia, natężeniem przepływu. Chodzi o zagwarantowanie przepływu cieczy roboczej od zbiornika cieczy roboczej do siłowników i silników (przepływ mocy) oraz przepływ sygnałów, czyli przyjmowanie i przetwarzanie wszelkich informacji zewnętrznych i wewnętrznych niezbędnych do oddziaływania na urządzenia i elementy znajdujące się w obwodzie przepływu mocy.
7. Dobranie zespołu zasilającego układ hydrauliczny składającego się z pompy, zbiornika i osprzętu.
8. Ostatnim etapem jest przeprowadzenie bilansu cieplnego i obliczeń termicznych układu. Podczas pracy urządzenia hydraulicznego wydzielą się ciepło jako efekt nieuniknionych strat energii. Od ilości ciepła wytwarzającego się w układzie i warunków oddawania tego ciepła Otoczeniu zależy wysokość temperatury cieczy roboczej, jaka ustali się w czasie pracy urządzenia. Wytworzone ciepło przenoszone jest po całym układzie przez ciecz roboczą. Wszystkie elementy Układu hydraulicznego oddają ciepło do otoczenia, jednak największą jego część oddaje zbiornik. Gdyby powierzchnia zbiornika okazała się za mała, a jego zamiana na większy była niemożliwa w układzie należy umieścić chłodnicę oleju.

Projektowanie układów hydraulicznych to proces złożony i pracochłonny, dlatego też obecnie wspomagany jest komputerowo. W trakcie zajęć można skorzystać na przykład z komputerowego programu FLUID SIM H, który umożliwia tworzenie schematów układów hydraulicznych oraz symulację ich działania.

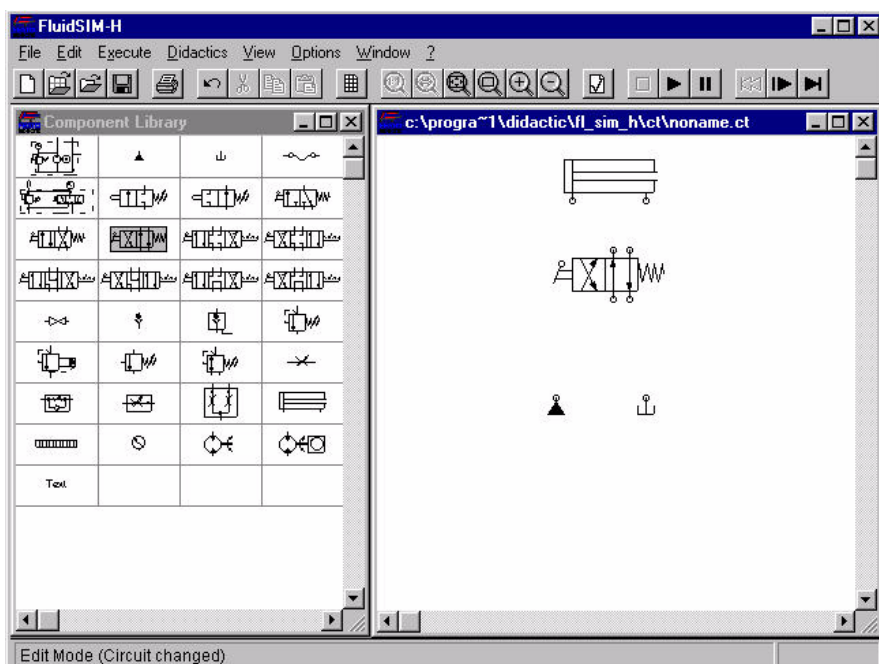
Zasadę korzystania z programu FLUID SIM H przedstawiamy poniżej:

1. Tworzenie schematu układu hydraulicznego rozpoczynamy od otworzenia okna rysowania schematów – pasek tytułowy powinien być podświetlony i zawierać nazwę, pod którą będzie zapisany plik zawierający utworzony schemat, obok okna rysowania schematów powinna znajdować się biblioteka komponentów, czyli zbiór symboli elementów hydraulicznych wykorzystywanych do rysowania schematów (rys. 4.76).



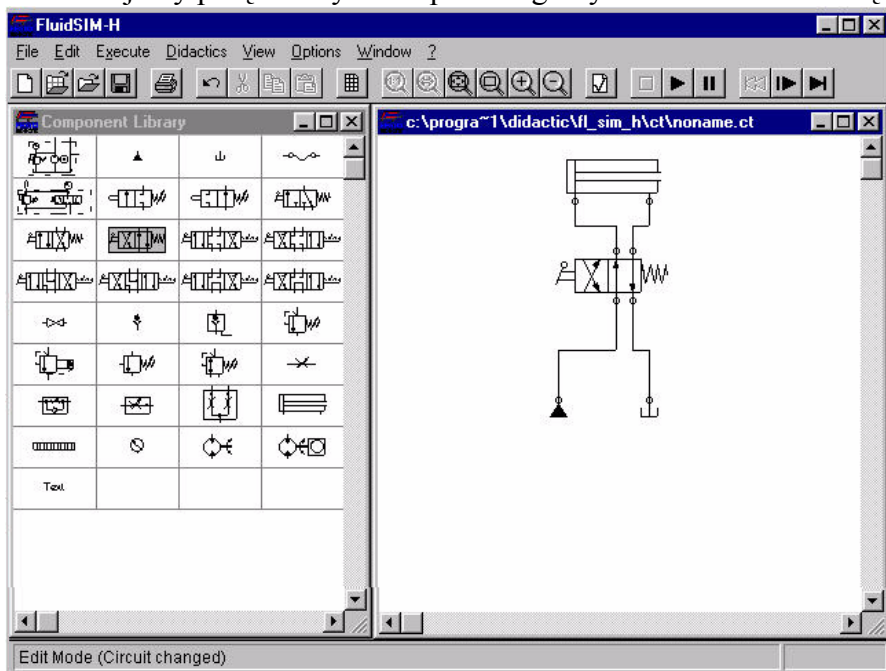
Rys. 4.76. Widok okna rysowania schematów oraz biblioteki komponentów programu FLUID SIM H

2. Metodą „zaznacz – przeciągnij – puść” lokujemy w polu rysowania schematów poszczególne symbole elementów hydraulicznych zawartych w bibliotece komponentów (rys. 4.77).



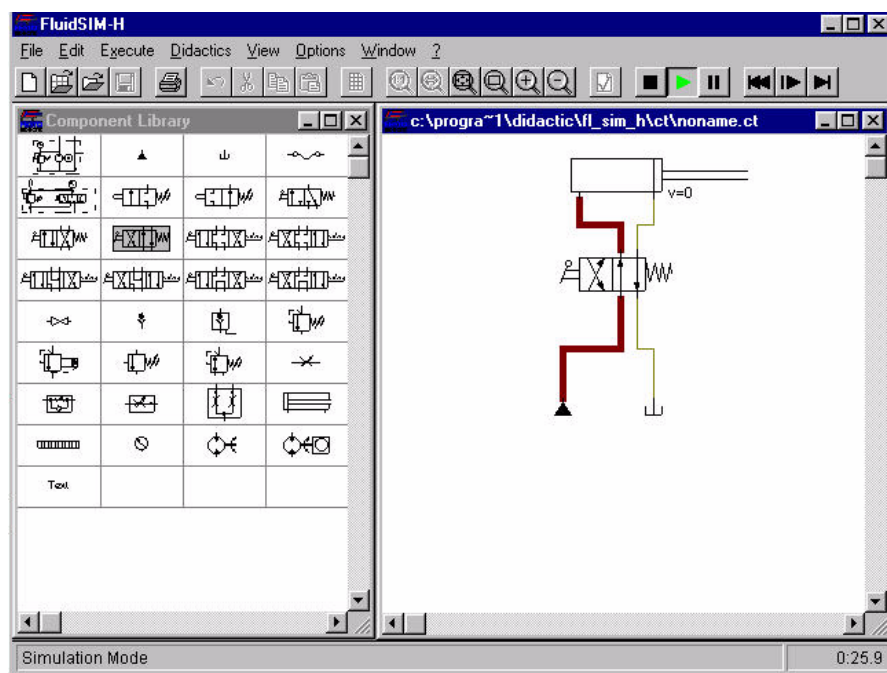
Rys. 4.77. Sposób umieszczania symboli elementów hydraulicznych w polu rysowania schematów

3. Dokonujemy połączeń symboli poszczególnych elementów tworzących układ (rys. 4.78)

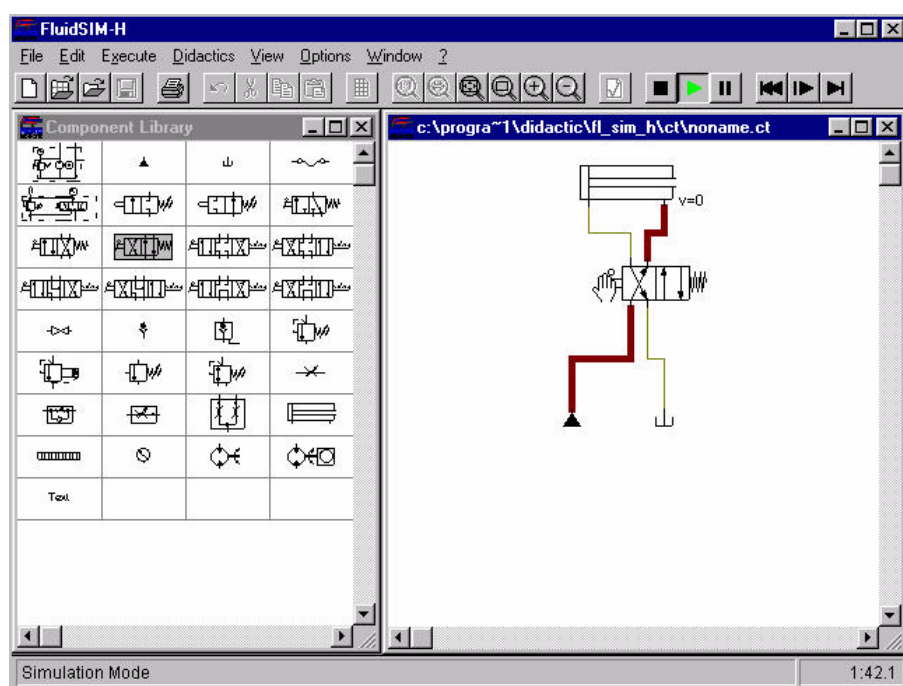


Rys. 4.78. Dokonywanie połączeń elementów wchodzących w skład układu

4. Po dokonaniu połączeń przechodzimy w tryb symulacji w celu dokonania sprawdzenia poprawności działania utworzonego układu (rys. 4.79 i 4.80).



Rys. 4.79. Symulacja działania układu – wysunięcie tłoczyska siłownika



Rys. 4.80. Symulacja działania układu - wsunięcie tłoczyska siłownika

Dobór podstawowych elementów układów hydraulicznych należy poprzedzić wykonaniem stosownych obliczeń umożliwiających określenie parametrów tych elementów. Kolejnym krokiem jest wybór konkretnego elementu w oparciu o katalogi producentów. Poniżej przedstawiono sposób wykonywania obliczeń podstawowych parametrów elementów stosowanych w układach hydraulicznych.

OBLICZANIE SIŁOWNIKA HYDRAULICZNEGO.

Celem obliczeń jest określenie pola powierzchni tłoka siłownika.

$$A = F / p,$$

A – pole powierzchni tłoka siłownika,

F – siła obciążająca tłoczysko siłownika,

P – wstępnie założona wartość ciśnienia cieczy w układzie (określona empirycznie w oparciu o opracowane tabele ciśnień w układach hydraulicznych stosowanych w różnych gałęziach przemysłu).

Z katalogu dobieramy siłownik o polu przekroju tłoka większym od obliczonego.

II. OBLICZANIE ZESPOŁU ZASILAJĄCEGO.

Celem obliczeń jest określenie wydajności pompy w zależności od chłonności siłownika.

$$Q_{sil} = A_{sil} \cdot v \quad Q_p = V_g \cdot n \cdot \eta_v,$$

Q_{sil} – chłonność siłownika,

A_{sil} – powierzchnia tłoka siłownika,

v – prędkość ruchu tłoczyska siłownika,

Q_p – wydajność pompy,

n – prędkość obrotowa pompy,

η_v – sprawność objętościowa pompy (zawarta w katalogu),

V_g – geometryczna objętość robocza pompy.

Korzystając z katalogu, dla obliczonej wydajności pompy, należy dobrać pompę o odpowiedniej wartości geometrycznej objętości roboczej oraz prędkości obrotowej silnika pompy.

Dla przyjętej pompy obliczamy jej moc: $P_{an} = F \cdot v / \eta_c$,

η_c – sprawność całkowita układu (dobierana z tabeli dla określonego rodzaju pompy).

III. OBLICZANIE ZAWORU STERUJĄCEGO.

Wybór wielkości zaworu zależy od natężenia przepływu Q oraz spadku ciśnienia Δp – parametry te zawarte są w katalogu.

IV. OKREŚLENIE POTRZEBNEJ MOCY HYDRAULICZNEJ POMPY.

Moc hydrauliczna pompy powinna spełniać warunek $P_p < P_{an}$ i wyznaczamy ją z zależności

$$P_p = Q_p \cdot P_p / \eta_t, \text{ gdzie } P_p = F/A_{sil} + \Delta p_v,$$

Δp_v – wartość empiryczna zależna od prędkości przepływu, rodzaju i długości przewodów.

V. OBLICZENIE PRZEKROJÓW PRZEWODÓW RUROWYCH.

$$D_{rury} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_p}{3,14 \cdot v_{max}}}$$

V_{max} – maksymalna prędkość przepływu cieczy zależna od rodzaju przewodu, (0,5 – 1 dla przewodów ssawnych, 3 dla przewodów spływowych, 5 dla przewodów ciśnieniowych).

VI. OBLICZENIE OBJĘTOŚCI ZBIORNIKA CIECZY ROBOCZEJ.

$$V_{zbiornika} = (3 \text{ do } 5) \cdot Q_p \text{ [l/min]}.$$

VII. OBLICZENIE UKŁADU CHŁODZENIA.

Moc układu chłodzenia $P_k = x \cdot P_p$, gdzie: x – współczynnik empiryczny zależny od rodzaju układu

Hydraulicznego (0,1 do 0,3 dla układu standardowego, 0,2 do 0,5 dla układu z akumulatorem hydraulicznym, 0,5 do 0,9 dla układu z serwowystemem).

MONTAŻ UKŁADÓW HYDRAULICZNYCH (rys. 4.81).

- Podstawą montażu układów hydraulicznych jest schemat.
- Wszystkie elementy i urządzenia używane do montażu powinny być starannie oczyszczone i zabezpieczone przed zabrudzeniem. Wszelkie otwory powinny być chronione zatyczkami, aż do momentu ich ostatecznego połączenia i innymi elementami lub przewodami.
- Wszelkie połączenia powinny być wykonywane niezwykle starannie, aby uniknąć nieszczelności i wycieków.
- Należy korzystać z instrukcji montażu producentów urządzeń hydraulicznych.
- Bezpieczeństwo i niezawodność działania układu hydraulicznego w dużej mierze zależą od właściwego wykonania sieci przewodów rurowych.

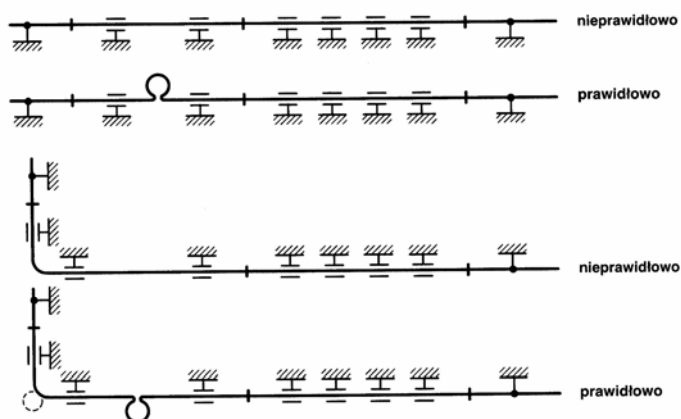
Ogólnie przewody dzieli się na:

- sztywne, służące do łączenia elementów nie zmieniających położenia względem siebie,
- giętkie, służące do łączenia elementów ruchomych względem siebie.

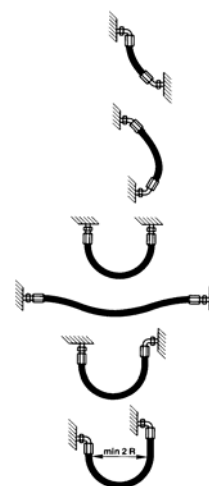
Montowanie przewodów układu hydraulicznego powinno przebiegać w warunkach uniemożliwiających początkowe zanieczyszczenie układu (czyste otoczenie, ochrona przed pyłem i innymi zanieczyszczeniami). Końcówki przewodów powinny być zabezpieczone zatyczkami, aż do momentu ich rzeczywistego podłączenia. Przed wykonaniem przyłączenia należy sprawdzić czystość przyłączy i powierzchni przyłączeniowej.

Z a s a d y m o n t a ż u p r z e w o d ó w r u r o w y c h.

1. Ustalić trasę przewodów rurowych.
2. Umieścić konstrukcje wsporcze oraz zaciski mocujące.
3. Uwzględnić położenie elementów zmniejszających drgania i wydłużenia termiczne przewodów rurowych (wkładki gumowych, kompensatorów, przewodów elastycznych, wydłużalników).
4. Przejścia przez przegrody powinny posiadać elastyczne oprawy z gumowymi elementami sprężystymi.
5. Montować przewody bez naprężeń.
6. Przewody rurowe należy montować z lekkim spadkiem w kierunku zbiornika.
7. Unikać styku przewodów rurowych z innymi elementami mogącymi powodować korozję.
8. Przewody powinny być układane w sposób prosty i przejrzysty. Podczas ich montażu należy uwzględnić ewentualność rozbudowy systemu w przyszłości



Rys. 4.81. Przykład montażu hydraulicznych przewodów rurowych [3]



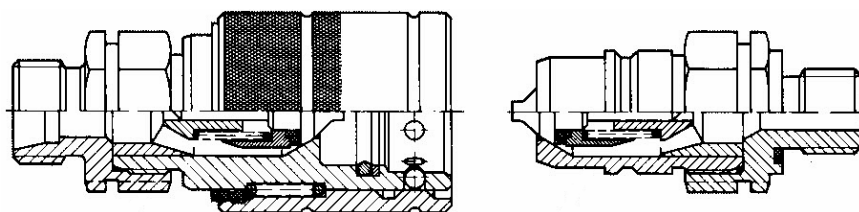
Rys. 4.82. Przykłady prawidłowego ułożenia przewodów giętkich [3]

Zasady montażu przewodów giętkich.

Przewody giętkie stosowane są do: eliminowania wibracji, dopuszczenia możliwości wzajemnych przesunięć łączonych elementów, kompensowania niedokładnie ustalonych odległości łączonych elementów. Prawidłowe ułożenie przewodów giętkich zwiększa ich trwałość rys. 4.82. Podczas montażu przewodów należy:

1. unikać skręcania przewodów giętkich podczas ich łączenia,
2. instalować przewody bez naprężeń rozciągających (z wyjątkiem powstających pod wpływem siły ciężkości przewodu),
3. nie stosować promieni zagięcia mniejszych od dopuszczalnych,
4. dobierać długości przewodów tak, aby zachować wymagany minimalny odcinek prosty,
5. chronić przewody przed wpływami zewnętrznymi (szczególnie elementami konstrukcyjnymi z ostrymi krawędziami).

Łączenie przewodów hydraulicznych między sobą oraz przyłączanie ich do elementów hydraulicznych odbywa się za pomocą łączników hydraulicznych bądź złączy. Łączniki umożliwiają rozłączanie elementów, złącza łączą połączenie nierozłączne.



Rys. 4.83. Łącznik szybkozłączny [3]

Uruchamianie układów hydraulicznych.

A. Przygotowanie do uruchomienia.

1. Sprawdzenie zbiornika cieczy roboczej – przed waniem cieczy roboczej należy sprawdzić, czy w zbiorniku nie ma zanieczyszczeń mechanicznych, wody lub innych cieczy, plam i zabrudzeń; w razie potrzeby należy zbiornik oczyścić (nie stosować czyszczywa pozostawiającego włókna).
2. Sprawdzenie przewodów rurowych – od czystości wnętrza przewodów rurowych w dużym stopniu zależy sprawne działanie oraz trwałość poszczególnych elementów układu hydraulicznego.
3. Sprawdzenie wypoziomowania i współosiowości zespołu pompa – silnik, gdyż istnienie poprzecznych, bądź wzdłużnych przesunięć silnika względem pompy jest powodem szybkiego zużycia obu tych urządzeń.
4. Napełnienie komory gazowej akumulatora hydraulicznego (jeżeli występuje w układzie) – komorę gazową napełnić azotem do żądanej wartości ciśnienia (po stronie cieczowej układ powinien znajdować się w stanie bezciśnieniowym).
5. Wlewanie cieczy roboczej – ciecz roboczą należy wlewać do zbiornika przez filtr wlewowy o dokładności filtrowania nie mniejszej, niż dokładność filtra zastosowanego w układzie.

B. Uruchomienie.

1. Nastawianie ciśnienia – należy odciążyć wszystkie zawory ograniczające ciśnienie, zawory redukujące ciśnienie oraz regulatory ciśnienia.
2. Uruchamianie pomp:
 - a) napełnić pompę cieczą roboczą (jeżeli takie jest zalecenie producenta), aby uniknąć pracy elementów ruchomych pompy bez smarowania,
 - b) na chwilę włączyć silnik napędzający pompę i sprawdzić kierunek wirowania; po upewnieniu się o prawidłowości kierunku wirowania włączyć pompę, sprawdzić szczelność układu oraz prawidłowość przepływu,

- c) zawór ograniczający ciśnienie powoli nastawiać na ciśnienie robocze i zabezpieczyć nastawę,
- d) odpowietrzyć układ.

Jeżeli w układzie jest kilka pomp to każdą z nich należy uruchamiać w podobny sposób.

Poszczególne pompy należy obserwować do czasu, aż będą tłoczyć ciecz roboczą w sposób ciągły i równomierny. Jeżeli w czasie uruchamiania pompy zasysają lub otrzymują ciecz roboczą zapowietrzoną, to praca ich jest głośniejsza – dźwięki podobne do wystrzałów lub hałas ciągły oraz wzrasta temperatura. Jeżeli po upływie kilku minut pompy nadal nie będą pompowały cieczy bez powietrza to należy ustalić i usunąć przyczynę tego stanu.

3. Uruchamianie elementów sterujących i odbiorników:

Uruchomienia należy dokonać przy małym natężeniu przepływu i niskim ciśnieniu.

Dzięki temu można uniknąć uszkodzeń układu będących wynikiem błędnych połączeń elektrycznych i hydraulicznych. Po stwierdzeniu prawidłowej kolejności łączeń, wysterowania odbiorników i urządzeń zabezpieczających można zwiększyć ciśnienie oraz natężenie przepływu do przewidzianych wartości. Należy ciągle sprawdzać:

- poziom i temperaturę cieczy roboczej w zbiorniku,
- przecieki wszystkich elementów układu,
- temperaturę korpusów pomp i silników hydraulicznych,
- stopień zanieczyszczenia zainstalowanych filtrów.

4. Nastawianie pozostałych elementów:

- a) zawory ograniczające ciśnienie nastawić na zadaną wartość i zabezpieczyć nastawę,
- b) nastawić i zabezpieczyć regulatory ciśnienia pomp,
- c) nastawić zawory redukujące ciśnienie, przyłączające i odłączające ciśnienie,
- d) wyregulować czujnik poziomu cieczy roboczej w zbiorniku,
- e) nastawić przełączniki ciśnienia,
- f) ustawić właściwą wartość regulatora temperatury i wyregulować punkty przełączania w układzie kontroli temperatury.

5. Pozostałe czynności kontrolne:

- czy zamocowanie przewodów jest wystarczające również przy zmiennym obciążeniu ciśnieniem,
- czy punkty zamocowania rur i przewodów zostały prawidłowo rozmieszczone,
- czy przewody giętkie nie ocierają się również przy obciążeniu ciśnieniem.

Podane powyżej zasady uruchamiania urządzeń hydraulicznych nie obejmują całości zagadnień z tym związanych – nie uwzględniono układów:

- a) z zaworami proporcjonalnymi,
- b) z serwowaworami,
- c) szybkobieżnych maszyn i urządzeń.

Obsługa techniczna układów hydraulicznych.

Obsługa techniczna układów hydraulicznych polega na wykonywaniu następujących czynności:

1. uzupełnianiu cieczy roboczej (dodawać taką samą ciecz roboczą jaką układ jest napełniony),
2. wymiany cieczy roboczej (wymienić należy ciecz z całego układu hydraulicznego, przepłukać zbiornik, wlewanie cieczy roboczej powinno odbywać się poprzez filtr dokładniejszy niż filtry stosowane w układzie),
3. oczyszczania filtrów (kontrolować stan wskaźników zanieczyszczenia filtrów, wymieniać wkłady filtrów na nowe),
4. kontroli stanu wyregulowania zaworów ograniczających ciśnienie i redukujących ciśnienie.
5. usuwaniu przecieków w instalacji (wymiana uszczelek),

6. zachowaniu czystości układu,
7. obsłudze technicznej zbiorników ciśnieniowych (akumulatorów),
8. wymianie części ulegających zużyciu.

Najczęściej popełniane błędy przy uruchamianiu układów hydraulicznych:

1. zaniedbanie sprawdzenia czystości zbiornika cieczy roboczej,
2. napełnienie zbiornika nie filtrowaną cieczą roboczą,
3. nie sprawdzenie poprawności wykonania połączeń rurowych,
4. zaniedbanie odpowietrzenia elementów układu,
5. nastawienie zaworów ograniczających ciśnienie ze zbyt małym nadmiarem ponad ciśnienie robocze,
6. nastawienie regulatorów ciśnienia pomp hydraulicznych na wartość wyższą lub równą wartości, na którą nastawiono zawór ograniczający ciśnienie,
7. nie dotrzymanie wymaganego czasu przepłukiwania układu z serwozaworami,
8. nie zareagowanie na emitowanie przez pompę nadmiernego hałasu (kawitacja, nieszczelności przewodu ssawnego, nadmiar powietrza w cieczy roboczej),
9. nadmierne poprzeczne obciążenie tłoczek siłowników,
10. uszkodzenie uszczelnień siłowników,
11. nieprecyzyjne zamocowanie wyłączników krańcowych,
12. brak napełnienia pomp i silników hydraulicznych cieczą roboczą przed uruchomieniem.

4.3.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jaka jest zasada nastawiania i regulacji prędkości tłoczek siłowników hydraulicznych?
2. Na czym polega dawkowanie cieczy roboczej na wlocie siłownika hydraulicznego?
3. Na czym polega dawkowanie cieczy roboczej na wylocie siłownika hydraulicznego?
4. Jakie są zalety nastawiania i regulacji prędkości tłoczyska siłownika hydraulicznego poprzez dawkowanie cieczy roboczej na wlocie?
5. Jaki jest cel stosowania hydraulicznego układu Graetza?
6. Jaki jest cel stosowania diagramu krokowego?

4.3.3. Ćwiczenia

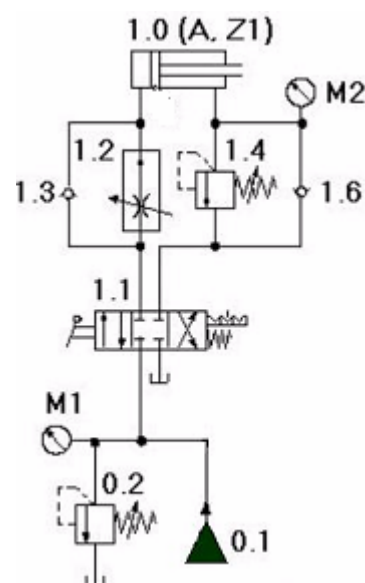
Ćwiczenie 1

Wymień wszystkie elementy wykorzystane do budowy układu hydraulicznego, którego schemat przedstawiono obok.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.3.1. Poradnika dla ucznia oraz fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) przeprowadzić dyskusję z kolegami w grupie 3–4 – osobowej,
- 3) zapisać nazwy elementów na karcie ćwiczenia.



Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia ,
- karta ćwiczenia.

Ćwiczenie 2

Porównaj właściwości poszczególnych hydraulicznych układów nastawiających i regulujących prędkość elementu wykonawczego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.3.1. Poradnika dla ucznia oraz fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) pracować indywidualnie,
- 3) własności zapisać w karcie ćwiczenia.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia ,
- karty ćwiczenia.

Ćwiczenie 3

Dobierz z katalogu siłownik hydrauliczny jednostronnego działania z jednostronnym tłoczyskiem, który ma zacisnąć w uchwycie przedmiot z siłą 2000 [N]. Siłownik zasilany będzie cieczą hydrauliczną o ciśnieniu 7 [Mpa].

Sposób wykonywania ćwiczeń

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.3.1. Poradnika dla ucznia oraz fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) pracować indywidualnie,
- 3) obliczyć średnicę tłoka siłownika,
- 4) założyć skok siłownika i z katalogu dobrać siłownik.

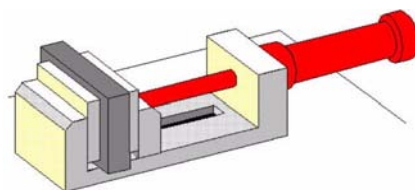
Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia ,
- katalog siłowników hydraulicznych.

Ćwiczenie 4

Przedmiot w imadle zaciskany jest dzięki wysunięciu tłoczyska siłownika dwustronnego działania. Prędkość ruchu wysuwającego musi być tak dobrana, aby przedmiot zaciskany nie uległ zgnieceniu. Odmocowanie przedmiotu następuje w wyniku wsunięcia tłoczyska.

1. Narysuj schemat układu hydraulicznego realizującego opisane powyżej zadanie.
2. Zamodeluj i dokonaj symulacji pracy układu za pomocą programu FLUID SIM H



3. Zmontuj i uruchom układ na stanowisku ćwiczeniowym.
4. Sprawdź poprawność działania układu.

Sposób wykonywania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w rozdziale 4.3.1. Poradnika dla ucznia oraz fragmentami literatury wskazanymi przez nauczyciela,
- 2) narysować diagram krokowy cyklu pracy siłownika,
- 3) określić, jak zagwarantować odpowiednią prędkość wysuwania tłoczyska siłownika,
- 4) w karcie ćwiczenia zapisać nazwy elementów, które zastosujesz do budowy układu,
- 5) narysować schemat połączeń elementów układu,
- 6) zamodelować i zasymulować pracę układu za pomocą programu FLUID SIM H,
- 7) połączyć elementy układu na stanowisku ćwiczeniowym,
- 8) uruchomić zmontowany układ i sprawdzić poprawność jego działania,
- 9) wykonać zadanie w grupie 2 – 3 – osobowej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zgodna z rozdziałem 6 Poradnika dla ucznia ,
- zestaw elementów hydraulicznych oraz stanowisko do montażu układów hydraulicznych,
- stanowisko komputerowe z programem do projektowania i symulacji układów hydraulicznych FLUID SIM H..

4.3.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) scharakteryzować zasady działania hydraulicznych układów nastawiających i regulujących prędkość?	☐	☐
2) wyjaśnić strukturę i działanie hydraulicznego układu nawrotnego?	☐	☐
3) dobrać zbiornik cieczy roboczej dla określonego układu hydraulicznego?	☐	☐
4) wyspecyfikować działania realizowane w procesie projektowania układów hydraulicznych?	☐	☐
5) scharakteryzować zasady montażu przewodów rurowych układów hydraulicznych zaworów?	☐	☐
6) wyliczyć czynności obsługi technicznej układu hydraulicznego?	☐	☐

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem pytań testowych.
4. Test zawiera 8 pytań. Do każdego pytania dołączone są 4 odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonania zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi na któreś z pytań będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później, udzielaj odpowiedzi na pozostałe pytania i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Na rozwiązanie testu masz 15 min.
Powodzenia!

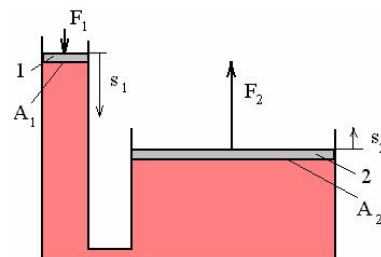
Zestaw zadań testowych

1. Napęd hydrostatyczny to napęd wykorzystujący do przenoszenia ruchu

- a) energię kinetyczną cieczy.
- b) energię ciśnienia cieczy.
- c) sprzężenie mechaniczne członów układu napędowego.
- d) energię strumienia medium płynącego przez przewód.

2. Określ zależność pomiędzy wartościami sił F_1 i F_2 działającymi po obu stronach prasy hydraulicznej.

- a) $F_1 = F_2$.
- b) $F_1 > F_2$.
- c) $F_1 = F_2 \cdot A_1/A_2$.
- d) $F_1 = F_2 \cdot A_2/A_1$.



3. Przewód, w którym płynie ciecz w pewnym miejscu zmniejsza średnicę o 10%.

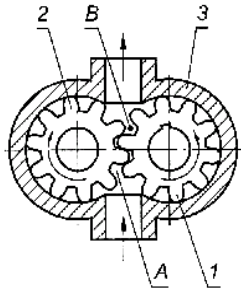
Jak zmieni się prędkość przepływu cieczy w miejscu przewężenia?

- a) nie zmieni się,
- b) będzie większa,
- c) będzie równa 0,6 prędkości przed przewężeniem,
- d) będzie równa 0,9 prędkości przed przewężeniem.

4. Zadaniem hydrostatycznej maszyny silnikowej wchodzącej w skład układu hydraulicznego jest:

- a) nastawianie oraz regulacja wartości ciśnienia cieczy roboczej w poszczególnych gałęziach układu hydraulicznego,
- b) zamiana energii mechanicznej dostarczonej przez źródło energii na energię hydrauliczną (energię sprężonej cieczy roboczej),
- c) zamiana energii hydraulicznej na energię mechaniczną,
- d) kierowanie cieczy roboczej do siłownika.

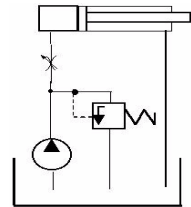
5. Podany schemat konstrukcyjny przedstawia pompę



- a) zębatą.
- b) tłoczkową.
- c) łopatkową.
- d) gerotorową.

6. Określ sposób dawkowania cieczy roboczej do siłownika w układzie hydraulicznym, którego schemat pokazano obok.

- a) Dawkowanie na odgałęzieniu.
- b) Dawkowanie na wlocie.
- c) Dawkowanie na wylocie.
- d) Dawkowanie na wlocie i na wylocie.

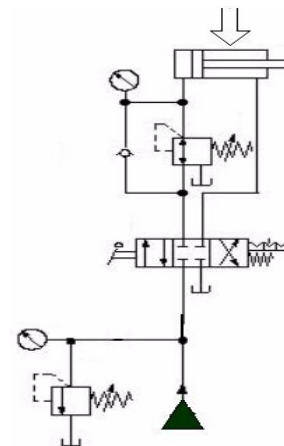


7. Zawór przelewowy zaliczany jest do grupy elementów.

- a) sterujących natężeniem przepływu.
- b) sterujących kierunkiem przepływu.
- c) do pomiaru natężenia przepływu.
- d) sterujących ciśnieniem.

8. Element oznaczony strzałką na schemacie układu hydraulicznego, zgodnie z zasadami oznaczania na schematach elementów, powinien posiadać oznaczenie

- a) 1.0.
- b) 2.1.
- c) 0.1.
- d) M1.



KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

Analizowanie działania układów hydraulicznych

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Lipski J., Zwolak E., Białas W.: Hydrauliczne urządzenia środków transportu. WKŁ, Warszawa 1980
2. The Hydraulics Trainer, Volume 1: Basic Principles and Components of Fluid Technology: Mannesmann Rexroth AG, 1991
3. Vademecum hydrauliki, tom 3: Projektowanie i konstruowanie układów hydraulicznych. Mannesmann Rexroth AG, 1992
4. Stryczek S.: Napęd hydrostatyczny – elementy. WNT, Warszawa 1990
5. Szydelski Z.: Napęd i sterowanie hydrauliczne. WkiŁ, Warszawa 1993
6. Zieliński A.: Napęd i sterowanie hydrauliczne obrabiarek. WNT, Warszawa 1972
7. FLUID SIM H. Program do symulacji układów hydraulicznych i ultra – hydraulicznych
8. PN – EN 982: 1998 – Bezpieczeństwo maszyn. Wymagania dotyczące układów hydraulicznych, pneumatycznych i ich elementów. Hydraulika