SZKOŁA POLICEALNA dla dorosłych

www. samochodowka.edu.pl

Kierunek kształcenia w zawodzie:

TECHNIK POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

Przedmiot:

Budowa i naprawa pojazdów samochodowych

dr inż. Janusz Walkowiak

UKŁAD HAMULCOWY

PLAN WYKŁADU

1. Mechanika ruchu pojazdu podczas hamowania
2. Rodzaje, budowa, zasada działania układów hamulcowych
3. Układy wspomagające proces hamowania
4. Hamulce pomocnicze

UKŁAD HAMULCOWY

UKŁAD HAMULCOWY JEST GŁÓWNYM UKŁADEM MAJĄCYM DECYDUJĄCY WPŁYW NA BEZPIECZEŃSTWO RUCHU DROGOWEGO.

Zadaniem układu hamulcowego jest zmniejszenie prędkości lub zatrzymanie pojazdu.

UKŁAD HAMULCOWY - wymagania

Hamulce w pojazdach muszą spełniać poniższe wymagania:

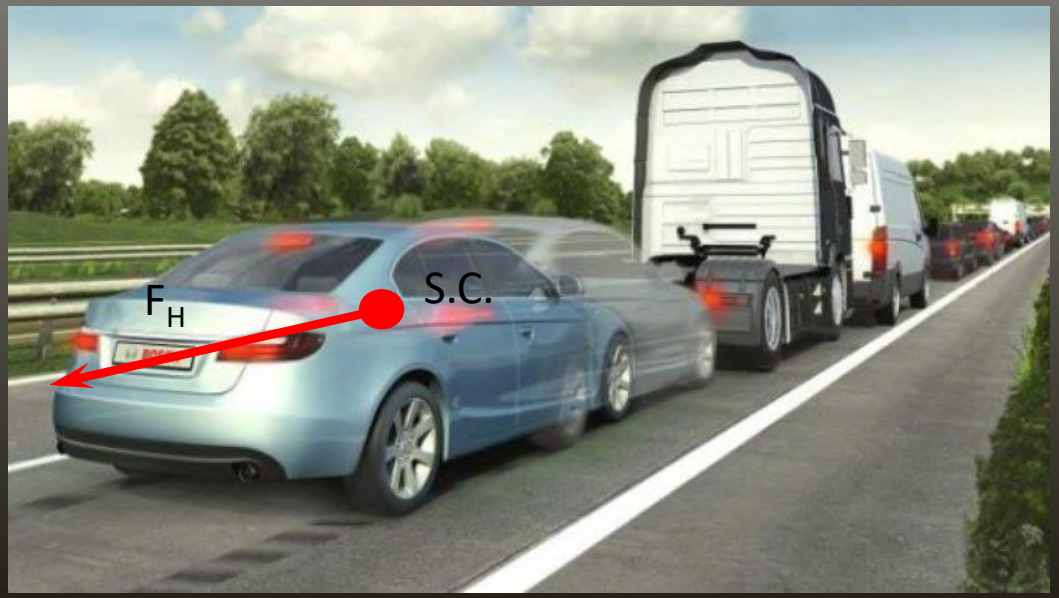
- krótka droga hamowania
- krótki czas odpowiedzi
- szybkie narastanie ciśnienia w układzie
- równoczesne działanie
- reakcja układu proporcjonalna do nacisku przez kierowcę na pedał hamulca
- duża niezawodność
- mała wrażliwość na brud i korozję
- odporność na ścieranie
- niskie koszty eksploatacji
- duża trwałość układu

MECHANIKA RUCHU SAMOCHODU PODCZAS HAMOWANIA

Podczas hamowania wypadkowa wszystkich sił działających na pojazd ma zwrot przeciwny do kierunku jazdy.

PROCES HAMOWANIA WYSTĘPUJE W PRZYPADKU:

- ***ODŁĄCZENIA UKŁADU PRZENIESIENIA NAPĘDU OD SILNIKA***
- ***HAMOWANIE SILNIKIEM***
- ***WŁĄCZENIE HAMULCÓW CIĄGŁEGO DZIAŁANIA (SILNIKOWYCH LUB ZWOLNICY)***
- ***URUCHOMIENIA HAMULCÓW***



Moment hamujący i siła hamowania

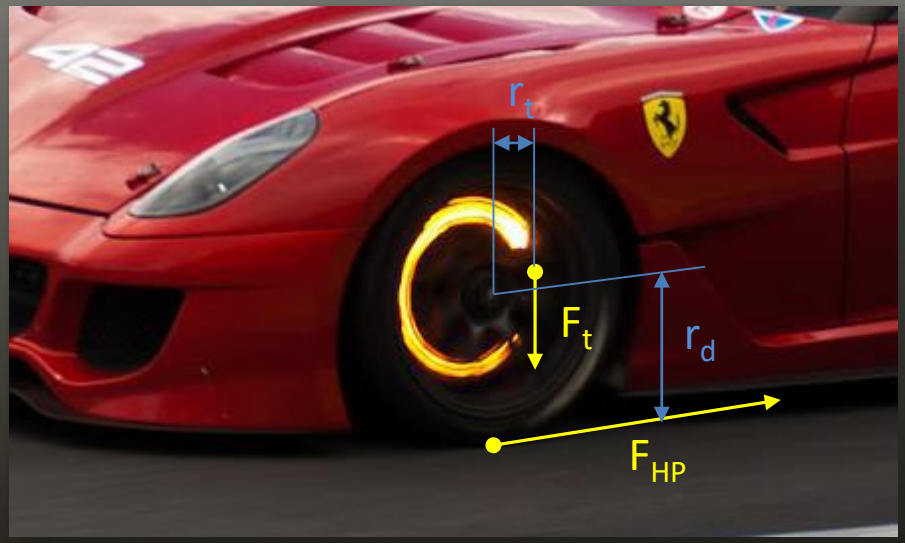
SIŁA HAMOWANIA F_H – jest styczna do koła i wynosi:

$$F_H = \frac{M_H}{r_d} [kN]$$

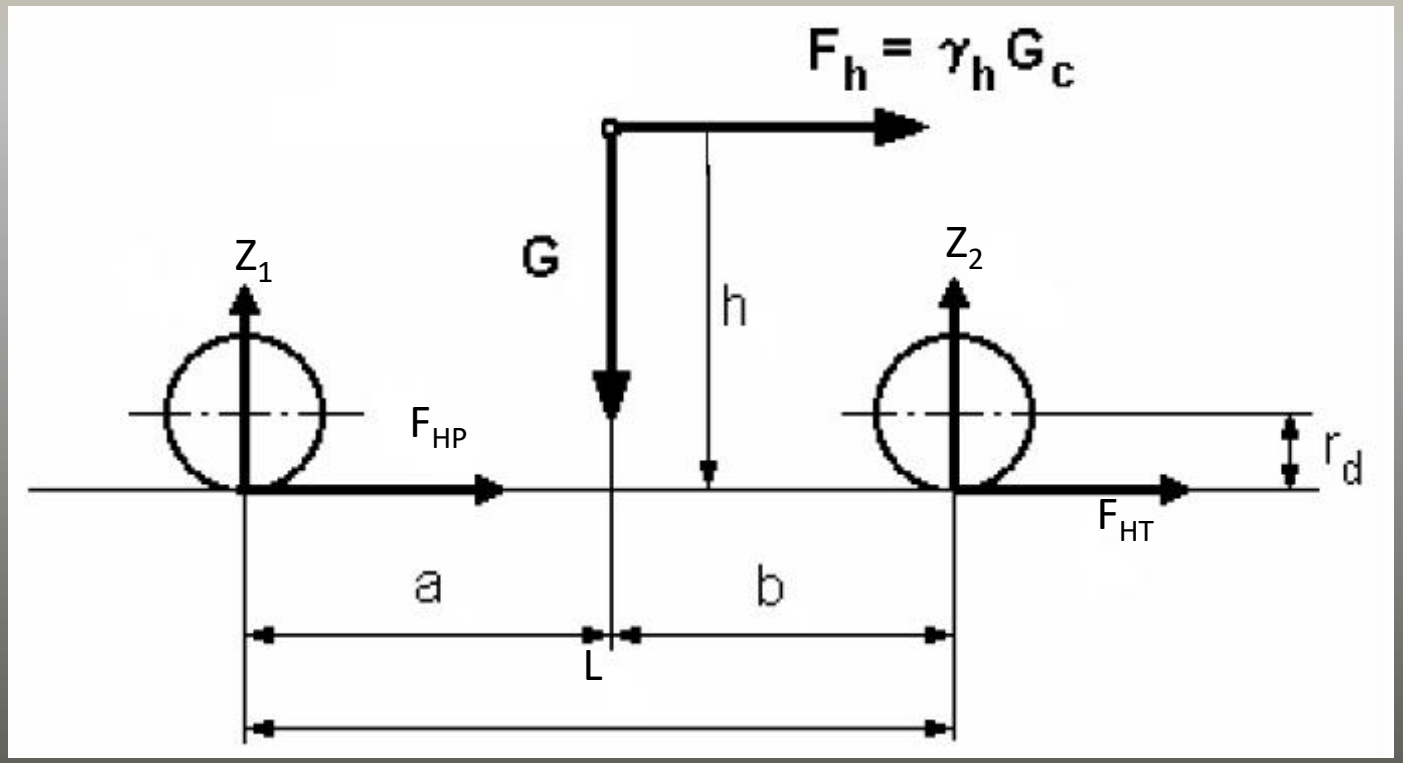
gdzie: M_H – moment hamujący [kN*m]
r_d – promień dynamiczny [m]

Siła hamowania całego pojazdu jest sumą sił hamowania działających na wszystkie koła:

$$F_H = F_{HP} + F_{HT} \ [kN]$$



Układ sił działających na pojazd podczas hamowania



F_h – całkowita siła hamowania $F_h = m_c \cdot a_H$

F_{HP} – siła hamowania kół przednich

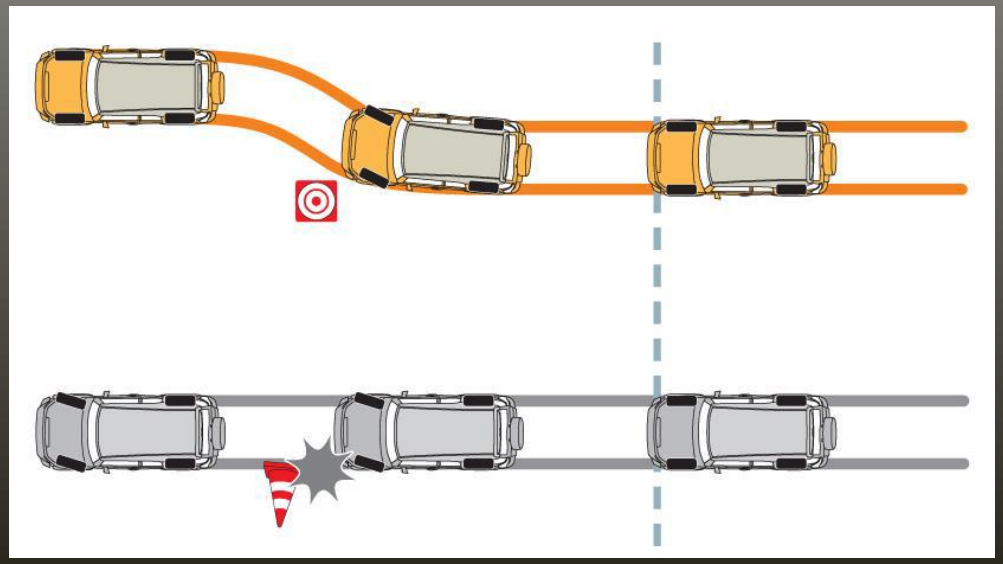
F_{HT} – siła hamowania kół tylnych

Układ sił działających na pojazd podczas hamowania

Siła hamowania jest ograniczona przyczepnością kół do nawierzchni (podobnie jak siła napędowa)

Najbardziej efektywne hamowanie podczas niewielkiego poślizgu kół (około 15-30%) w stosunku do prędkości obrotowej wynikającej z swobodnej prędkości jazdy.

Urządzeniem zapobiegającym blokowaniu się kół podczas hamowania jest układ ABS (Anti-lock Braking System)

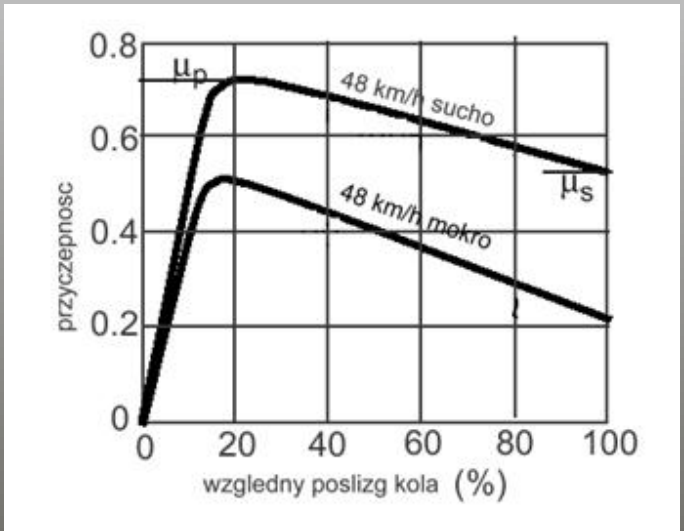


Hamowanie z układem ABS

Hamowanie bez układu ABS

Opóźnienie hamowania

Maksymalna siła hamowania musi spełniać warunek: $F_H \leq T$,lub: $F_H \leq \mu \cdot G$



gdzie: G – ciężar całego pojazdu [kN]
T – siła przyczepności
μ - współczynnik przyczepności kół do nawierzchni

Opóźnienie hamowania to ujemne przyspieszenie, źródło siły bezwładności F_b skierowanej zgodnie z ruchem pojazdu i przeciwdziałającej hamowaniu:

$$F_b = m \cdot a_H = \frac{G}{g} \cdot a_H \quad [N]$$

gdzie: a_H – opóźnienie hamowania [m/s^2]
m – masa samochodu
g – przyspieszenie ziemskie g=9,81 [m/s^2]

Wzór nie uwzględnia mas wirujących układu napędowego – które możemy pominąć dla przybliżonych obliczeń- podobnie hamownie silnikiem.

Bilans sił podczas hamowania

Bilans sił podczas hamowania ma następującą postać: $F_b = X + F_t + F_p + F_w$

gdzie: X – reakcja styczna drogi działająca na koła pojazdu [kN]
F_t – siła oporu toczenia [kN]
F_p – siła oporu powietrza [kN]
F_w – siła oporu wzniesienia [kN]

Można zastosować dalsze uproszczenia dla tego typu obliczeń zakładając ze siła oporu wzniesienia F_w=0 oraz opór powietrza F_p=0 z uwagi na jego niewielką wartość w stosunku do siły bezwładności F_b i reakcji jezdni X.

Wobec powyższego bilans sił podczas hamowania będzie wynosił: $F_b = X$

ponieważ: $F_H = X$ $\quad F_b = \frac{G}{g} \cdot a_H$ $\quad oraz: F_H \leq \mu \cdot G$

$$F_H = \frac{G}{g} \cdot a_H \leq \mu \cdot G$$

Stąd warunek ograniczający maksymalną wartość opóźnienia hamowania: $a_H \leq \mu \cdot G$

Przeciętna wartość współczynnika przyczepności μ na ogół jest mniejsza od 1 ,na suchej nawierzchni betonowej może osiągnąć 1,19.

Bilans sił podczas hamowania

A zatem dla uproszczonych obliczeń możemy przyjąć dla takiej nawierzchni μ=1

czyli: $a_H \leq g \quad \rightarrow \quad a_H = 9{,}81 \left[\frac{m}{s^2}\right]$

Graniczne wartości opóźnienia hamowania a_{Hgran} na drodze o danym współczynniku μ można uzyskać pod warunkiem pełnego wykorzystania przyczepności wszystkich kół bez straty przyczepności.

Graniczne wartości sił przyczepności są różne i niezależne od obciążenia.

Dla samochodów osobowych maksymalne wartości przyspieszeń są mniejsze niż średnie opóźnienia hamowania, które od prędkości początkowej 80km/h do zatrzymania wynosi 5,8m/s²

Na przebieg procesu hamowania mają wpływ:

- kierowca
- pojazd (stan techniczny układu hamulcowego)
- droga (jej właściwości związane z przyczepnością)

WYZNACZANIE DROGI HAMOWANIA

- Drogę hamowania wyznacza się poprzez porównanie energii kinetycznej pojazdu przez rozpoczęciem hamowania E_k do pracy wykonanej w trakcie hamowania L_H:

$$E_k = L_H$$

- Energia kinetyczna pojazdu E_k w ruchu postępowym (bez mas wirujących) równa się:

$$E_k = \frac{m \cdot {v_0}^2}{2} = \frac{G \cdot {v_0}^2}{2g} \qquad [J]$$

gdzie: v_0 – prędkość pojazdu w chwili rozpoczęcia hamowania [m/s^2]

Proces hamowania

PRACA HAMOWANIA L_H:

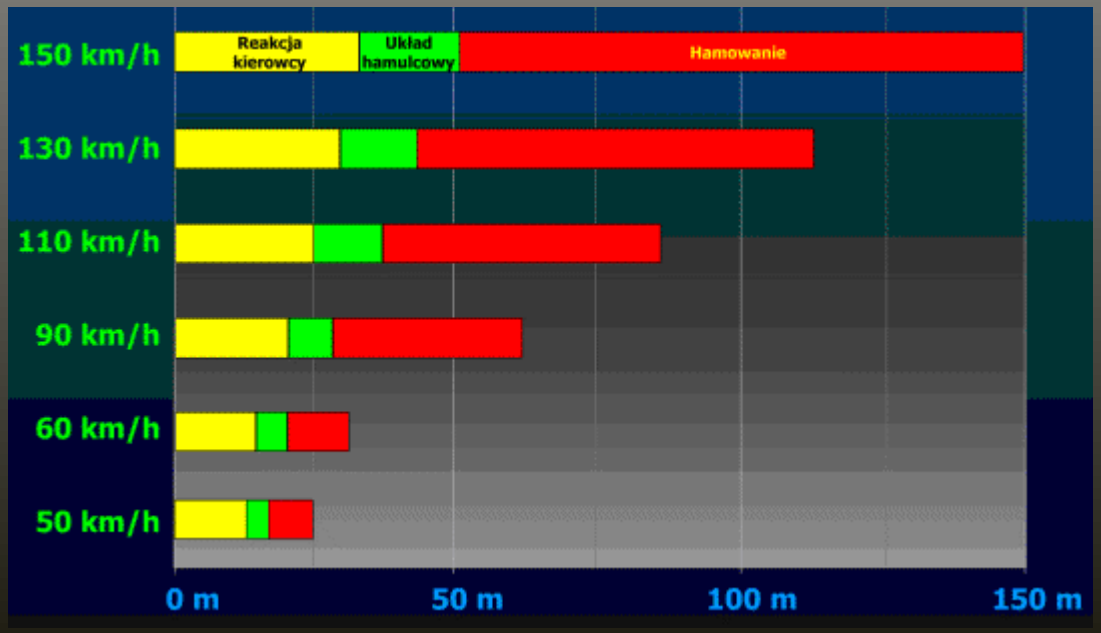
$$L_H = F_H \cdot S_H = \frac{G}{g} \cdot a_H \cdot s_H \qquad [J]$$

Po porównaniu: $E_k = L_H \longrightarrow \frac{G \cdot v^2}{2g} = \frac{G}{g} \cdot a_H \cdot s_H$

Obliczenia s_H drogi hamowania:

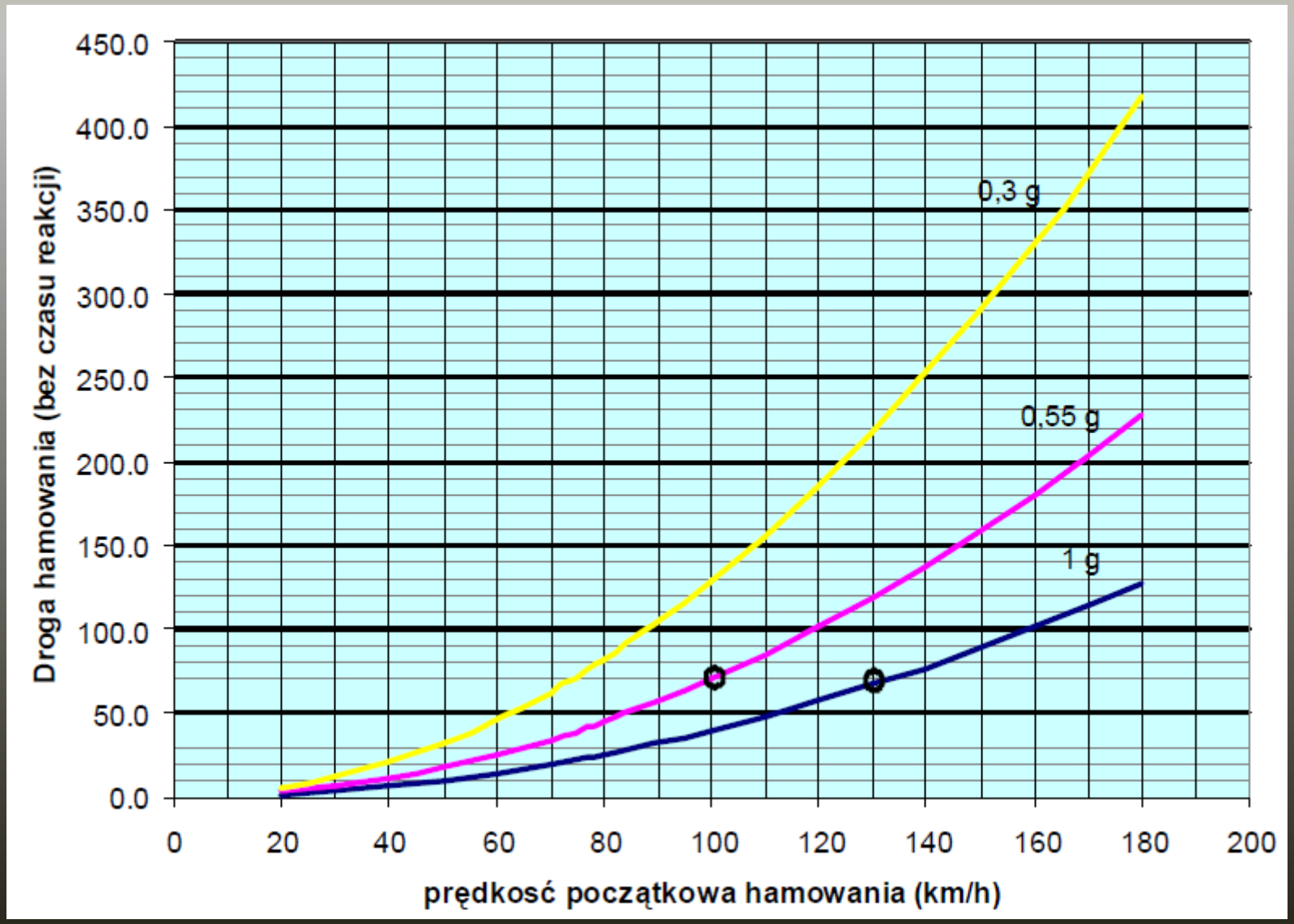
$$s_H = \frac{{v_0}^2}{2a_H}$$

Droga hamowania zależy od kwadratu prędkości z jaką porusza się pojazd w chwili rozpoczęcia hamowania uzależnionego od przyczepności kół do nawierzchni.



Proces hamowania

Zmiana drogi hamowania w zależności od prędkości i opóźnienia



Proces hamowania

CZAS HAMOWANIA wyprowadzamy w następujący sposób:

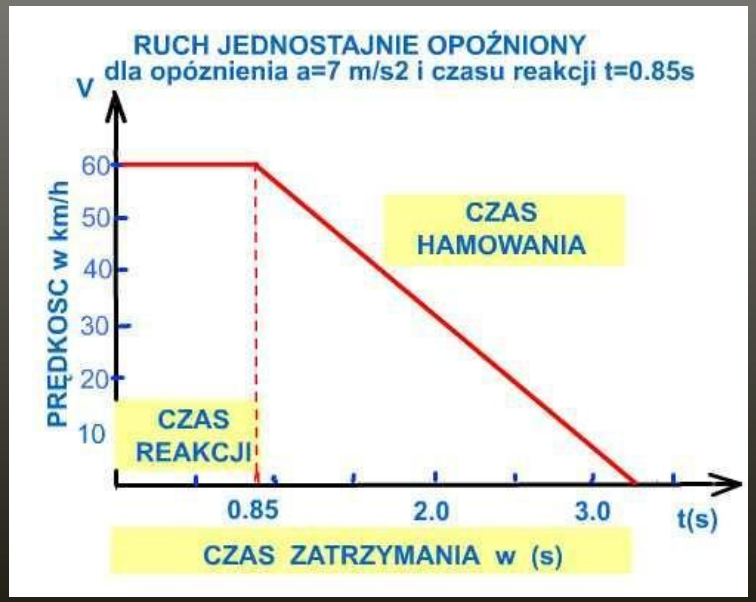
$$v_{śr} = \frac{v_0 + v_k}{2} \quad [m/s]$$

gdzie: v_k – prędkość końcowa pojazdu [m/s^2], może być v_k=0 przy zatrzymaniu pojazdu

Wtedy: $$v_{śr} = \frac{v_0}{2} \quad [m/s]$$

Czas hamowania t_H będzie wówczas wynosił:

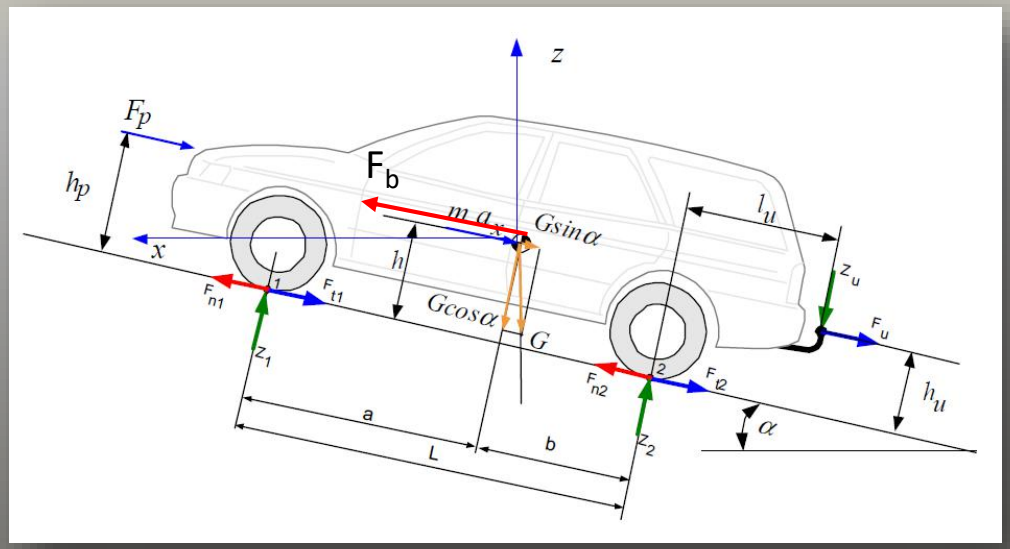
$$t_H = \frac{s_H}{v_{śr}} = \frac{\frac{v_0}{2a_H}}{\frac{v_0}{2}} = \frac{v_0}{a_H}$$



Rozpatrując siły działające na hamujący pojazd można wyznaczyć reakcje normalne:

$$\sum M_B = 0: \; Z_1 \cdot L - F_B \cdot h - G \cdot b$$

$$\sum M_A = 0: \; Z_2 \cdot L - F_B \cdot h - G \cdot a$$



tak więc:

$$Z_1 = \frac{G \cdot b}{L} + \frac{F_B \cdot h}{L} \qquad [kN]$$

$$Z_2 = \frac{G \cdot a}{L} - \frac{F_B \cdot h}{L} \qquad [kN]$$

Reakcje normalne są uzależnione od:

- rozkładu ciężaru pojazdu na poszczególne osie oraz ciężkości G,
- współczynnika środka masy (a, b i h)
- siły F_b

Proces hamowania

Reakcje styczne działające na przednią i tylną oś:

$$Z_{1\,st} = \frac{G \cdot b}{L} \quad [kN]$$

$$Z_{2\,st} = \frac{G \cdot a}{L} \quad [kN]$$

Po podstawieniu do poprzednich wzorów otrzymujemy:

$$Z_1 = Z_{1\,st} + Z_d \qquad Z_2 = Z_{2\,st} - Z_d$$

gdzie: Z_d – siła dociążająca oś przednią i odciążającą oś tylną podczas hamowania

W trakcie hamowania reakcje normalne działające na koła poszczególnych osi Z_1 i Z_2 różnią się od reakcji statycznych $Z_{1\,st}$ i $Z_{2\,st}$ o wartość Z_d.

Również siła bezwładności podczas hamowania dociąża przednie koło ($+Z_d$) i odciąża koła tylne ($-Z_d$).

Proces hamowania

Reakcje normalne na osiach są równe naciskom odpowiedniej osi na podłoże:

$$Z_1 = G_1 \qquad oraz: \qquad Z_2 = G_2 \qquad [kN]$$

Podstawiamy do wcześniej wyznaczonych warunków określających maksymalną siłę hamowania przedniej i tylnej osi:

$$F_{H1} \leq \mu \cdot G_1 \qquad oraz: \qquad F_{H2} \leq \mu \cdot G_2 \qquad [kN]$$

Otrzymujemy wzory: $F_{H1} \leq \mu \left(\frac{G \cdot b}{L} + \frac{F_B \cdot h}{L} \right)$,oraz: $F_{H2} \leq \mu \left(\frac{G \cdot a}{L} - \frac{F_B \cdot h}{L} \right)$

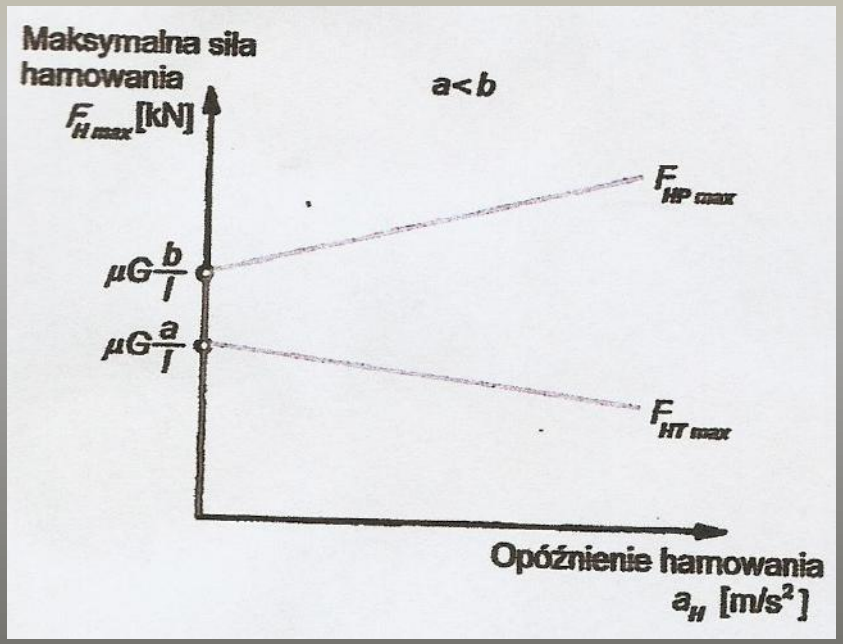
Uwzględniając, że: $F_B = \frac{G}{g} \cdot a_H$

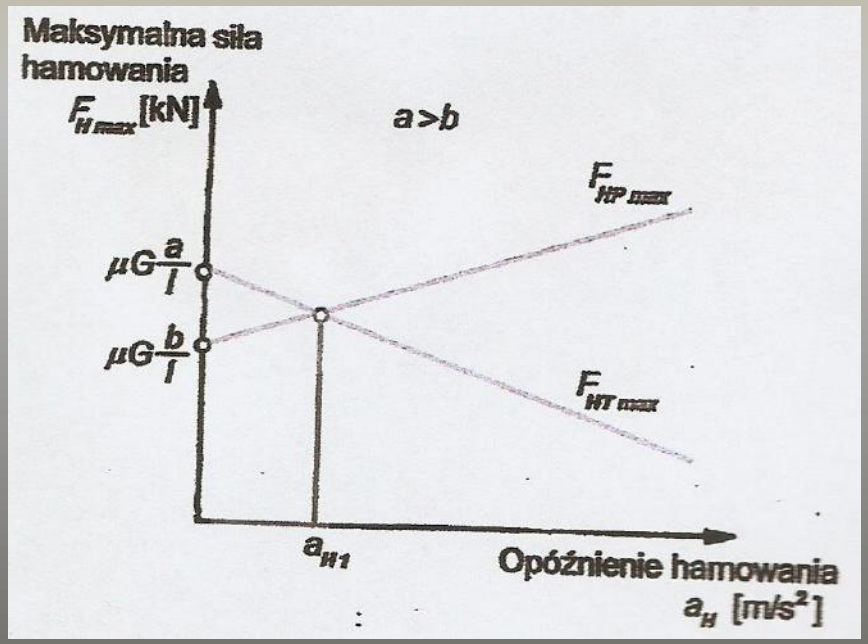
otrzymujemy zależność:

$$F_{H1\,max} = \frac{\mu \cdot G}{L} \left(b + \frac{a_H \cdot h}{g} \right) \qquad [kN]$$

$$F_{H2\,max} = \frac{\mu \cdot G}{L} \left(a - \frac{a_H \cdot h}{g} \right) \qquad [kN]$$

Proces hamowania





Wykres maksymalnych sił hamowania kół przedniej i tylnej osi w funkcji opóźnienia hamowania a_H:
a- w przypadku gdy środek masy pojazdu leży bliżej osi przedniej (a<b)
b- w przypadku gdy środek masy pojazdu leży bliżej osi tylnej (a>b)

Maksymalna siła hamowania na kołach przedniej i tylnej osi zależy od:

- ciężaru pojazdu
- rozstawu osi
- współczynnika przyczepności
- od opóźnienia hamowania
- od położenia środka masy

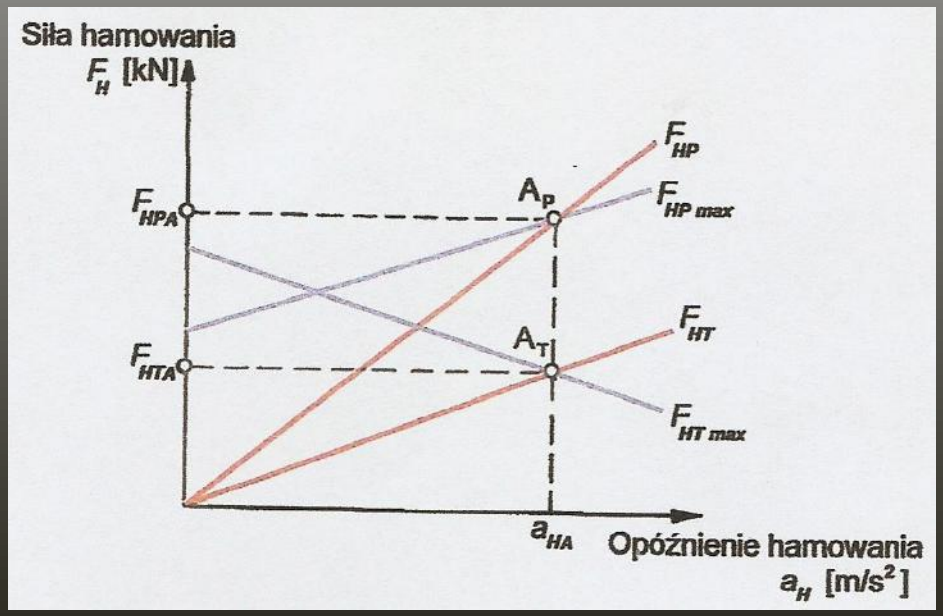
WNIOSEK

W zależności od rodzaju pojazdu układ hamulcowy powinien zapewnić różne siły hamowania kół osi przedniej i tylnej.

Stosunek sił lub momentów hamujących kół przedniej i tylnej osi nazywa się współczynnikiem rozdziału momentów hamujących d_r:

$$d_r = \frac{F_{H1}}{F_{H2}} = \frac{M_{H1}}{M_{H2}}$$

Wykres sił hamowania dla współczynnika $d_r>1$ czyli siła hamowania kół osi przedniej jest większa niż siła hamowania kół osi tylnej:



Rodzaje układów hamulcowych

1. Roboczy (zasadniczy)

Uruchamiany za pomocą pedału hamulca.

2. Awaryjny (pomocniczy)

Uruchamiany niezależnie w przypadku awarii hamulca roboczego (niezależny obwód).

3. Postojowy

Ma na celu utrzymanie pojazdu w miejscu postoju.

4. Dodatkowy (np. zwolnica)

Umożliwia długotrwałe działanie np. na spadku drogi.

Podział ze względu na sposób uruchamiania

- mechaniczne
  - hydrauliczne
    - hydropneumatyczne
      - pneumatyczne
        - elektropneumatyczne
          - elektryczne

Podział układów hamulcowych wg ich konstrukcji

BĘBNOWE

TAŚMOWE

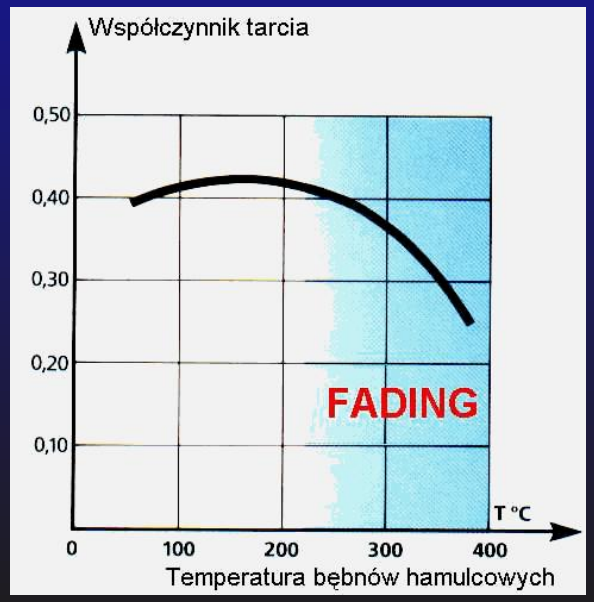
TARCZOWE

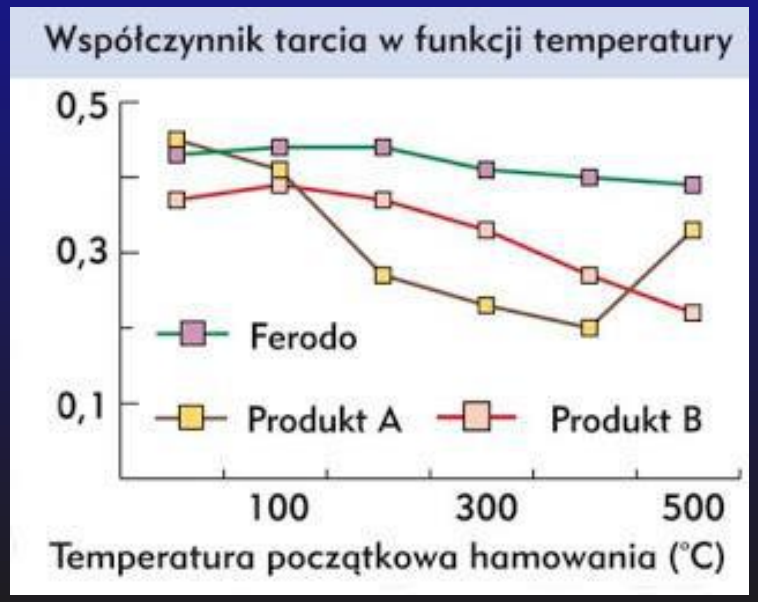
BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA UKŁADU HAMULCOWEGO

Cierne mechanizmy hamulcowe wytwarzają moment hamujący wskutek tarcia odpowiednich powierzchni współpracujących elementów- zamieniając energię ruchu (kinetyczną) na ciepło.

Skuteczność hamulców (ciernych) zależy od współczynnika tarcia elementów ciernych o bęben lub tarczę hamulcową. Istotna jest również temperatura na ich styku.

Wykres zmian współczynnika tarcia współpracujących elementów w funkcji temperatury okładziny.

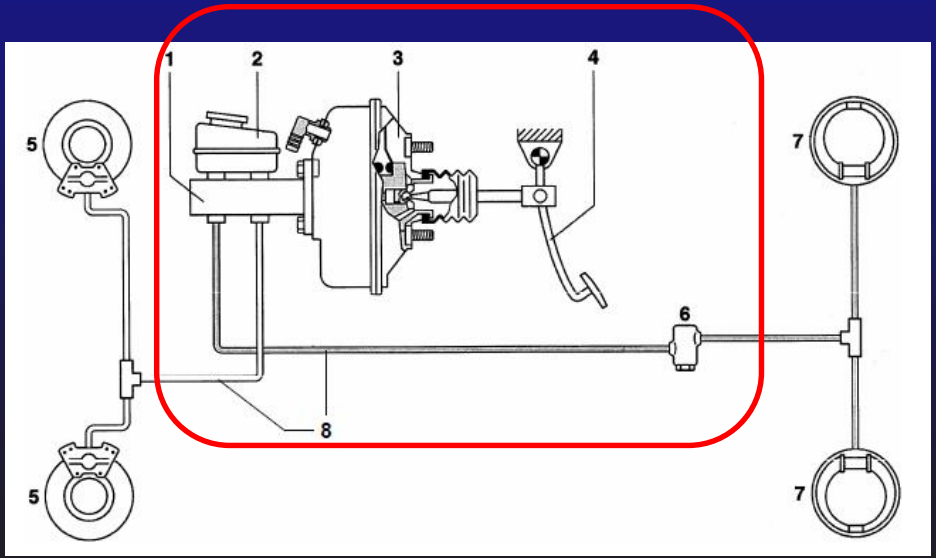




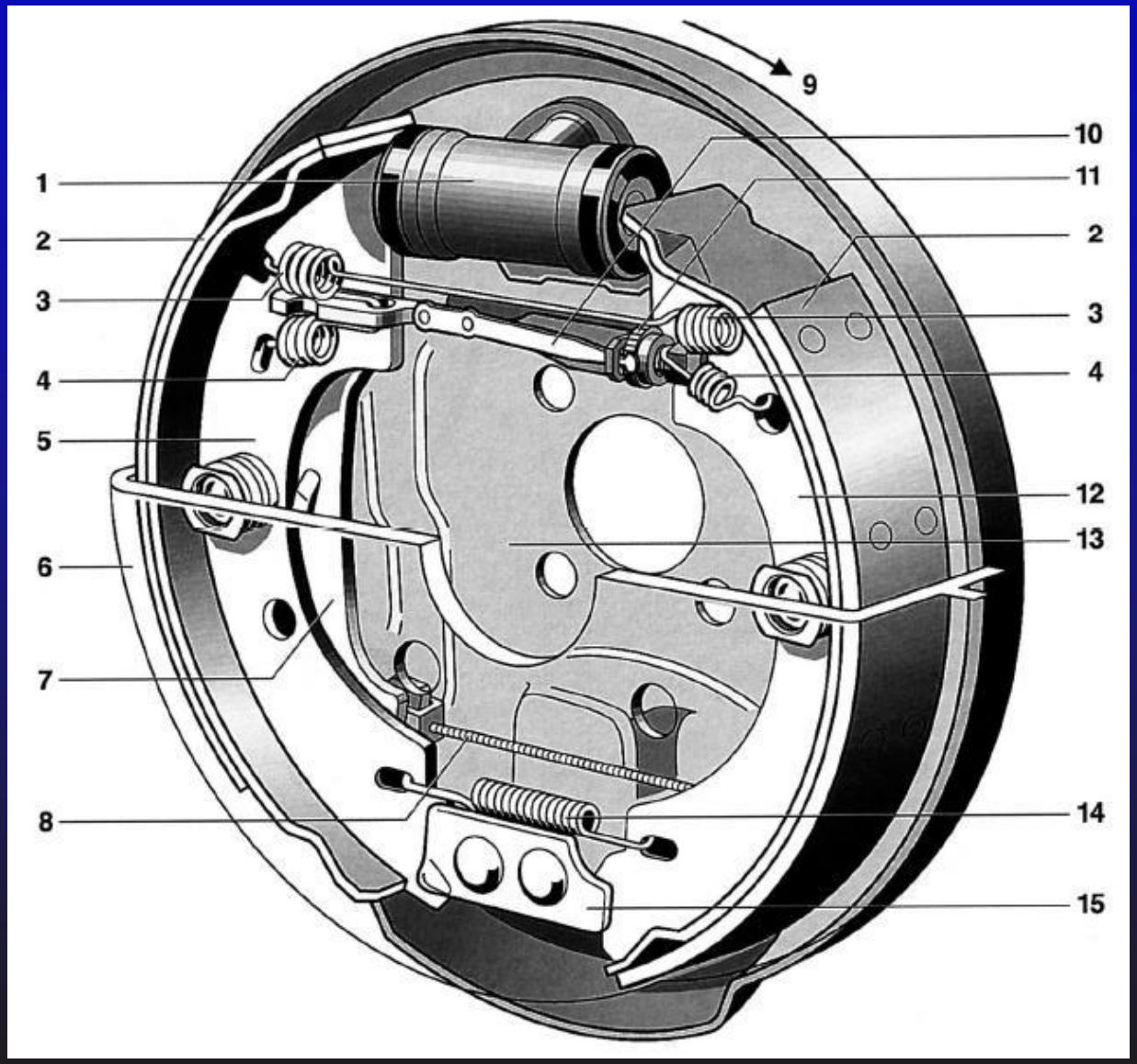
Zespoły układu hamulcowego

- mechanizm hamulcowy
  - hamulce bębnowe
  - hamulce tarczowe (rys.)
  - hamulce taśmowe

- mechanizm uruchamiający hamulce

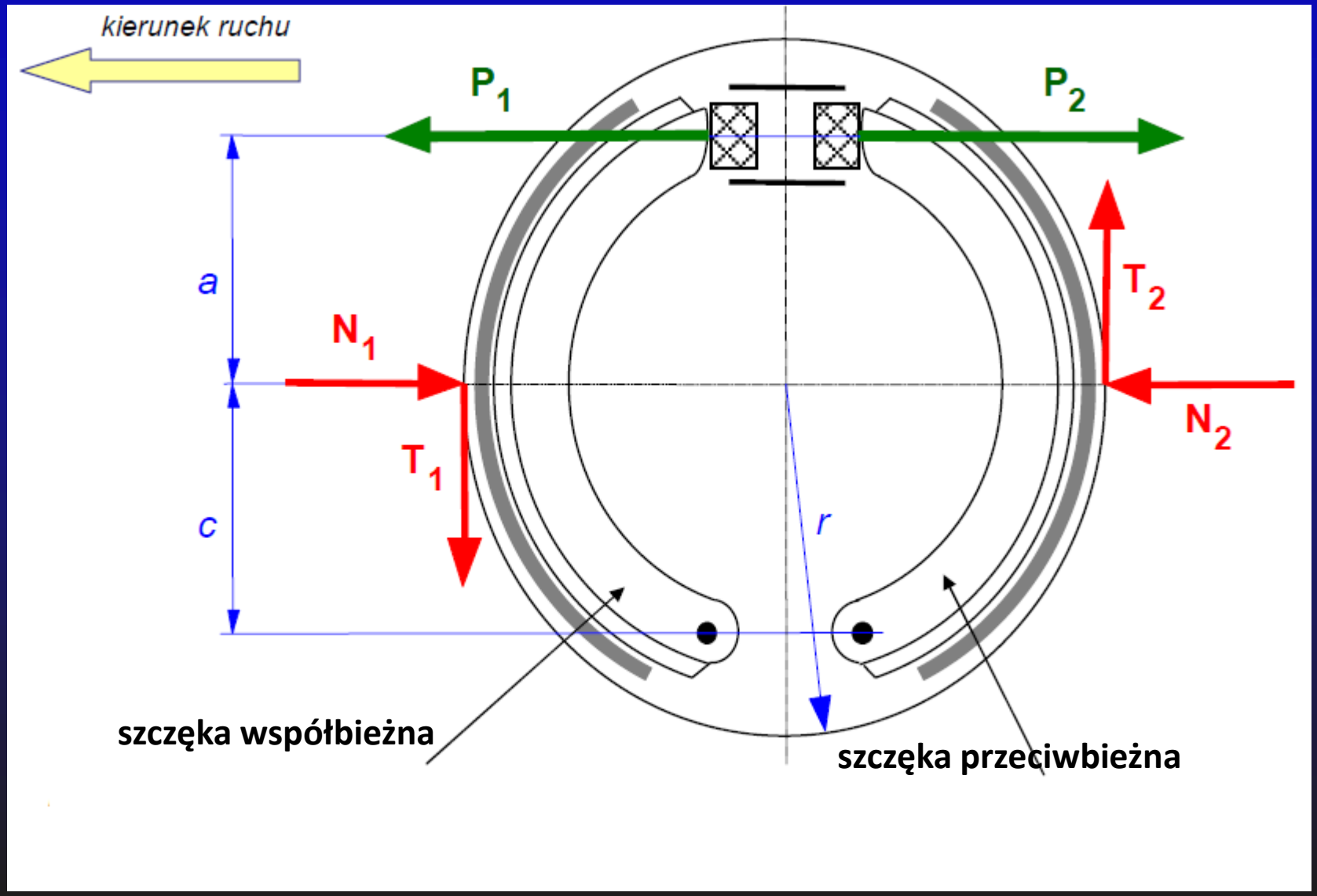


1. Hamulce bębnowe



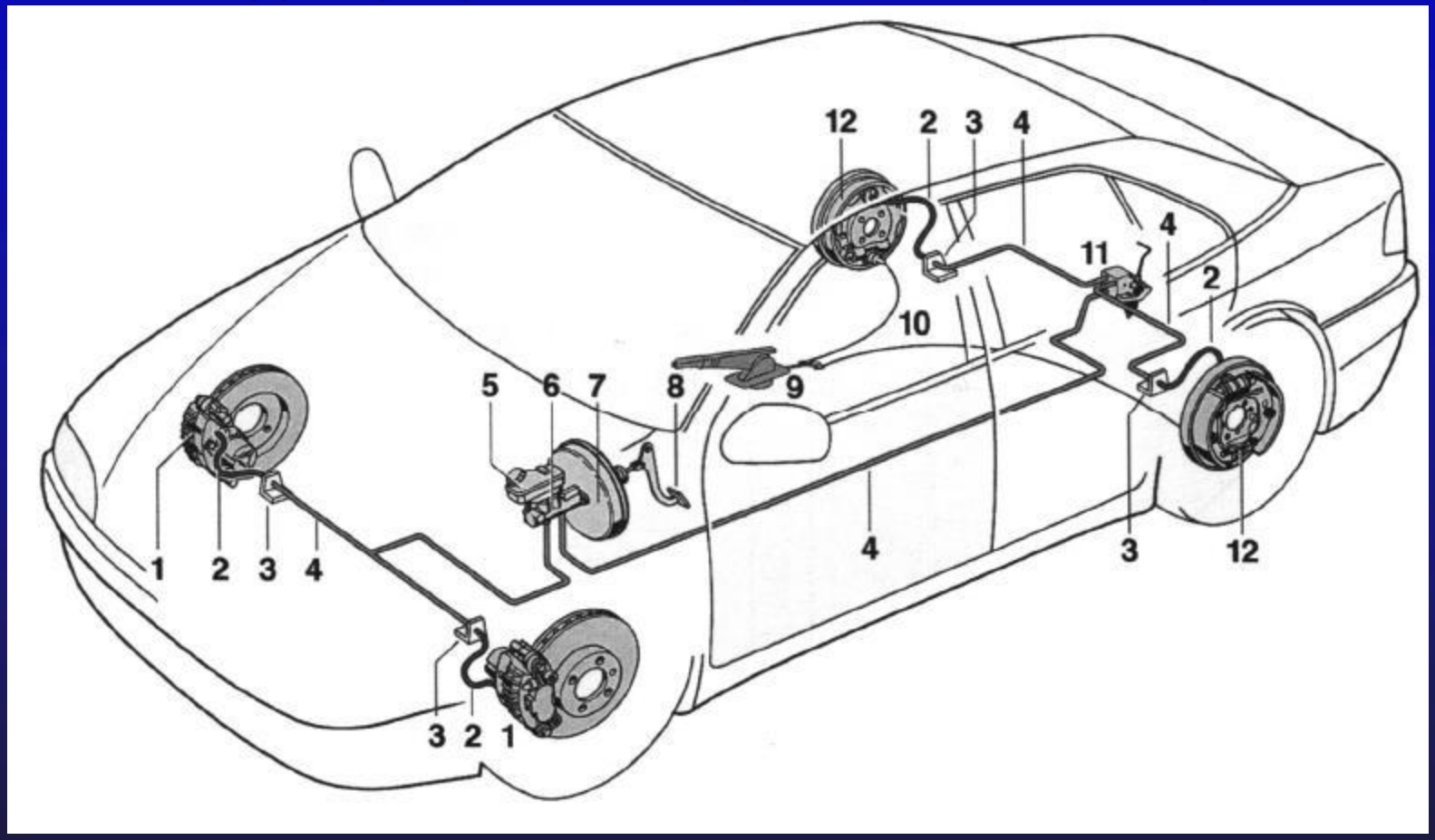
1. cylinderek rozpieracza
2. okładzina cierna
3. sprężyna ściągająca szczęki
4. sprężyna mechanizmu regulacyjnego
5. szczęka hamulcowa tylna
6. bęben hamulcowy
7. dźwignia hamulca awaryjnego
8. linka hamulca awaryjnego
9. kierunek obrotów bębna
10. mechanizm regulacyjny z elementem termicznym
11. nakrętka regulacyjna
12. szczęka hamulcowa przednia
13. tarcza kotwiczna
14. sprężyna ściągająca szczęki
15. podpora szczęk

1. Hamulce bębnowe



1. Hamulce bębnowe

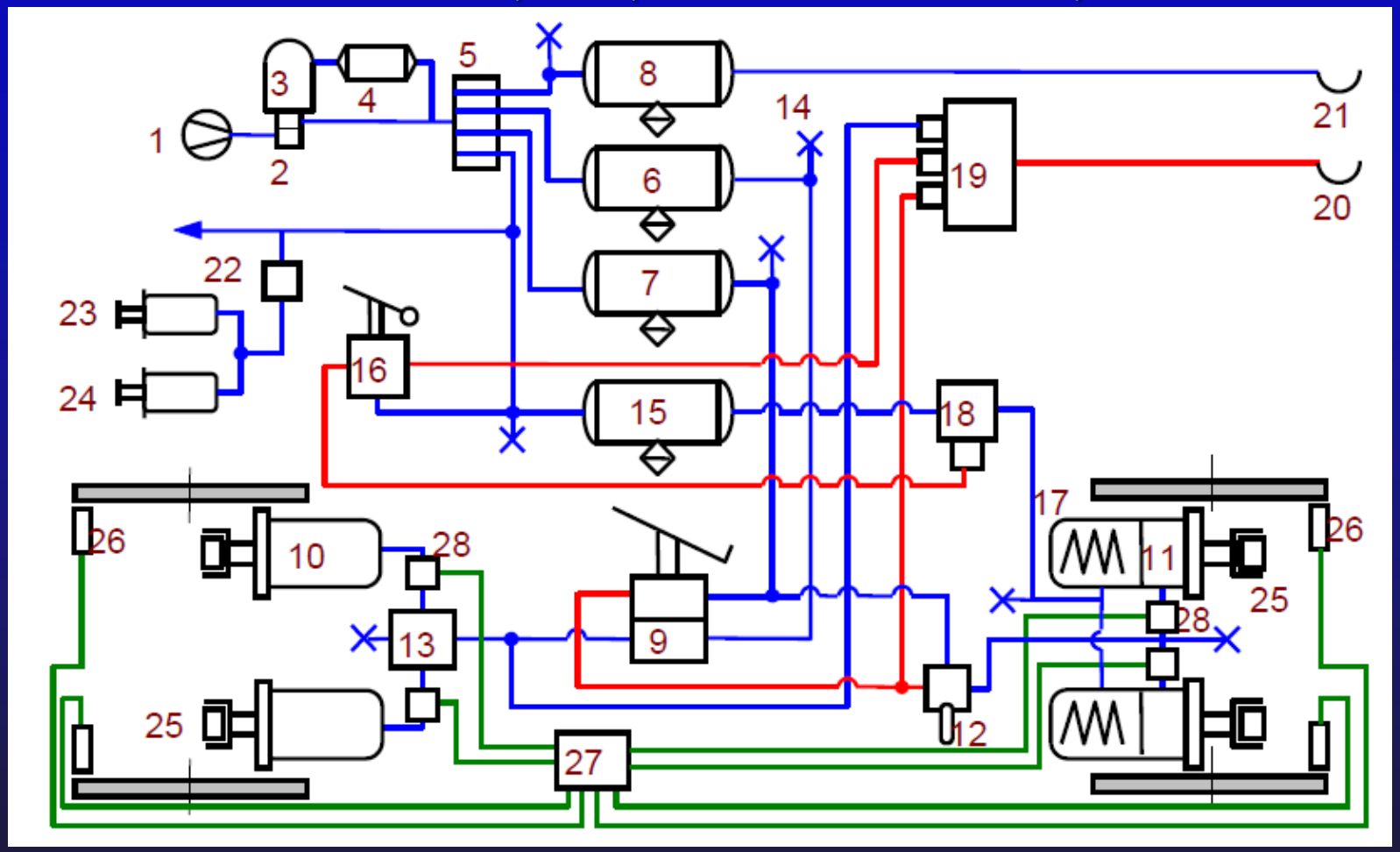
Typowy hydrauliczny układ hamulcowy



1- zespół hamulca przedniego, 2- elastyczne przewody hamulcowe, 3- łącznik, 4- sztywne przewody hamulcowe, 5- zbiornik płynu hamulcowego, 6- pompa hamulcowa, 7- układ wspomagania, 8- pedał hamulca, 9- dźwignia hamulca ręcznego, 10- cięgna hamulca ręcznego, 11- korektor, 12- zespół hamulca tylnego

1. Hamulce bębnowe

Pneumatyczny układ hamulcowy

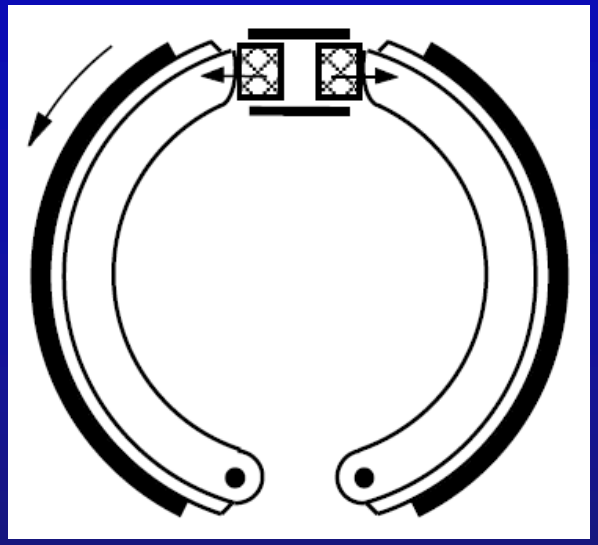


1- sprężarka, 2- regulator ciśnienia, 3- osuszacz z filtrem powietrza, 4- zbiornik regeneracyjny osuszacza, 5- zawór zabezpieczający, 6,7,8,15- zbiorniki powietrza, 9- główny zawór hamulcowy, 10,11- siłowniki, 12- korektor, 13- zawór korygujący, 14- złącze kontrolne, 16- ręczny zawór, 17- siłowniki sprężynowe, 18- zawór przekaźnikowy, 19- zawór sterujący, 20- złącze sterujące, 21- złącze zasilające, 22- zawór trójdrożny, 23,24- siłowniki sterowania hamulcem silnikowym, 25- trzpień siłownika, 26,27,28- elementy układu ABS

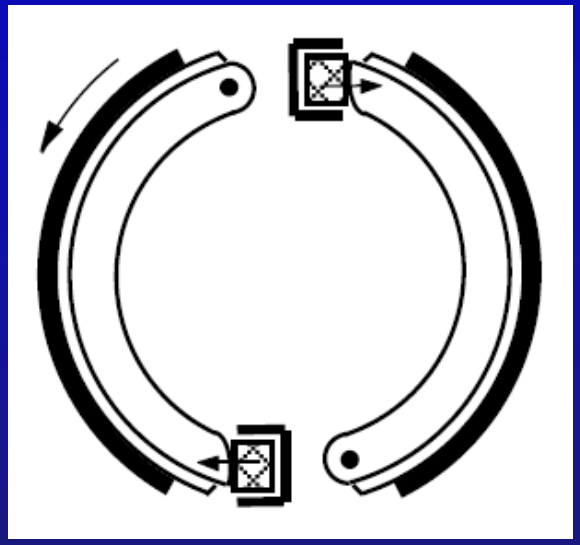
1. Hamulce bębnowe

Systemy rozpierania

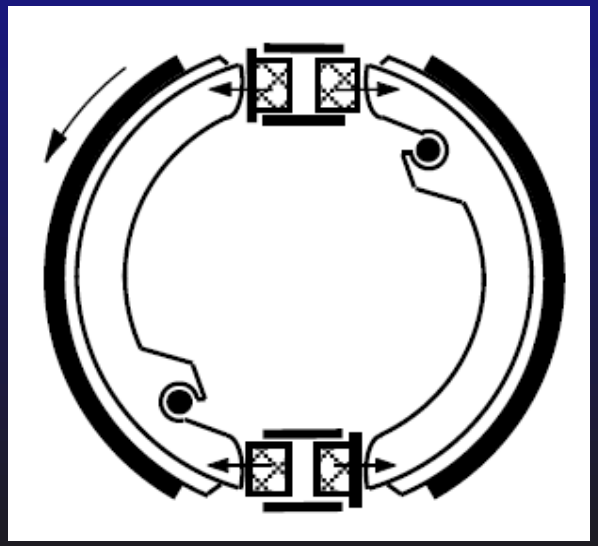
1. SIMPLEX



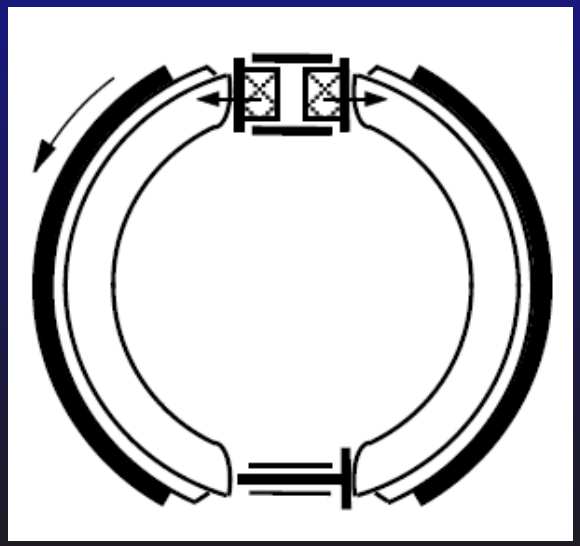
2. DUPLEX



3. DUO-DUPLEX



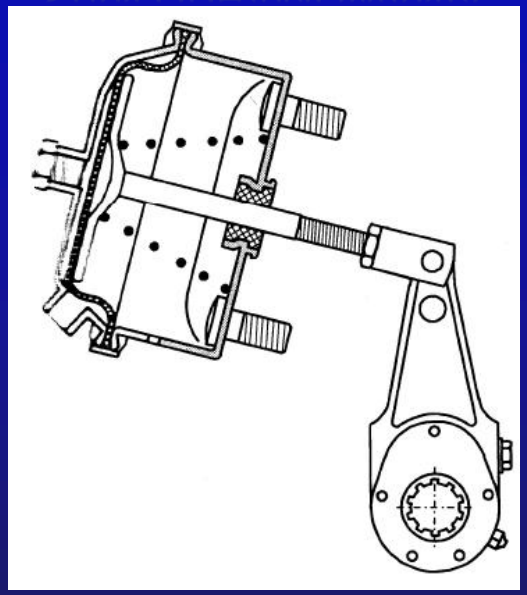
4. SERWO



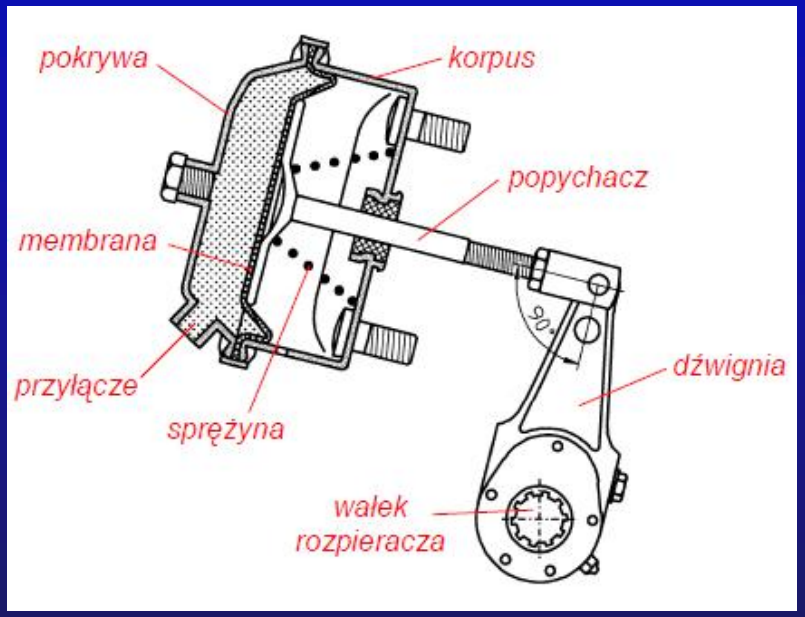
1. Hamulce bębnowe

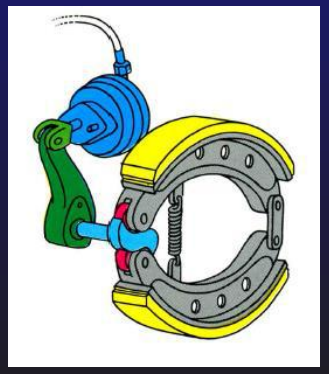
Siłownik pneumatyczny MEMBRANOWY

STAN ODHAMOWANIA



STAN HAMOWANIA

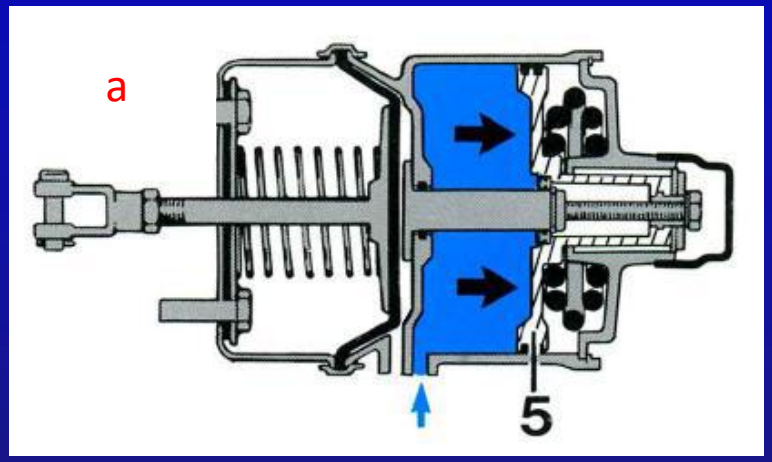


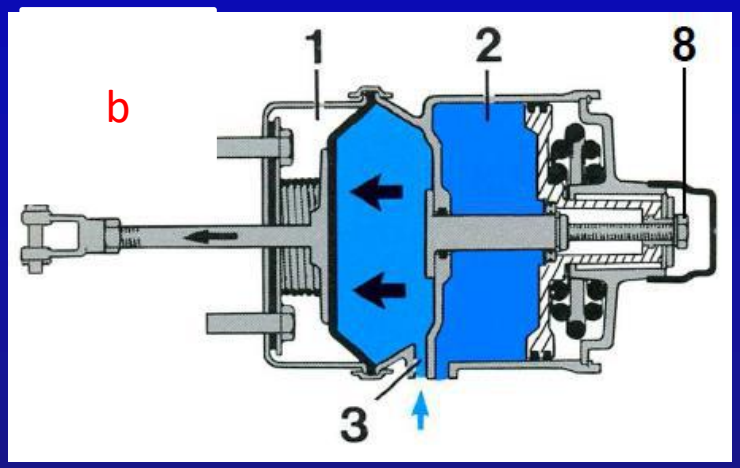


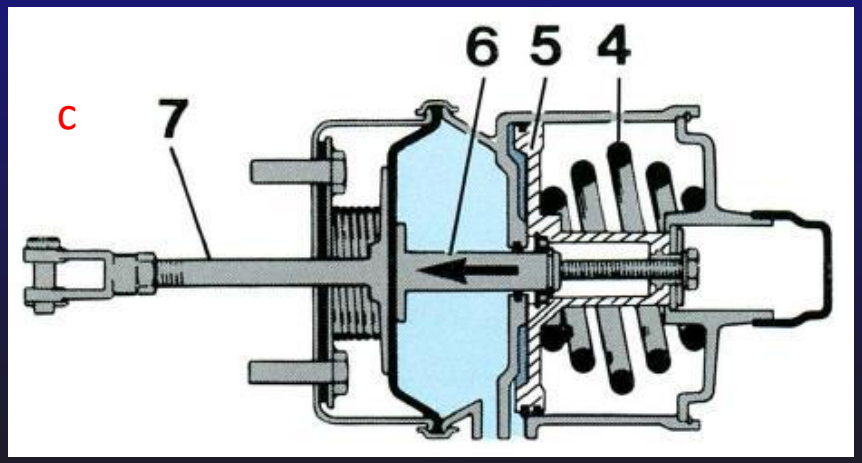
Wygląd rzeczywistego siłownika membranowego

1. Hamulce bębnowe

Siłownik pneumatyczny MEMBRANOWO-SPRĘŻYNOWY







a) STAN ODCHAMOWANIA
b) STAN HAMOWANIA NORMALNEGO
c) STAN HAMOWANIA AWARYJNEGO, LUB POSTOJOWEGO

1- komora hamulca membranowego
2- komora hamulca sprężynowego
3- przyłącze powietrza
4- sprężyna hamująca
5- tłok
6- popychacz tłoka
7- popychacz membrany
śruba zwalniania hamulca sprężynowego

1. Hamulce bębnowe

Mechanizmy regulujące luz pomiędzy szczękami a bębnem

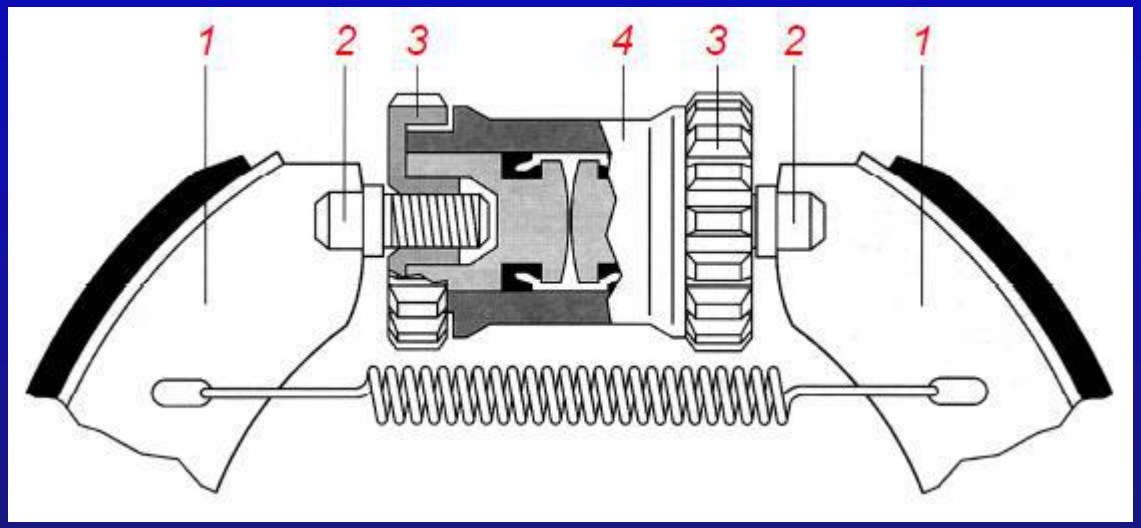
Z uwagi na zużywanie się okładzin ciernych i współpracujących z nimi powierzchniami wewnętrznymi bębna jest konieczne stosowanie mechanizmów regulujących luz.

Wyróżniamy regulatory:

- a) ręczne
- b) automatyczne

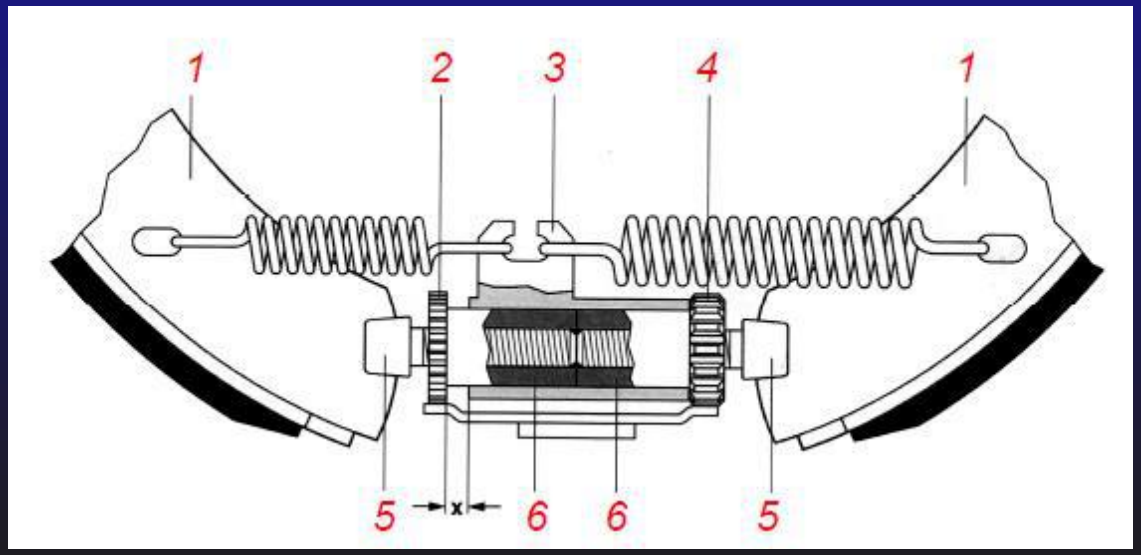
1. Hamulce bębnowe

Rodzaje regulatorów ręcznych



Mechanizm regulacyjny przy rozpieraczu hydraulicznym

1- szczęka hamulcowa
2- popychacz z gwintem
3- nakrętka z wieńcem zębatym
4- rozpieracz



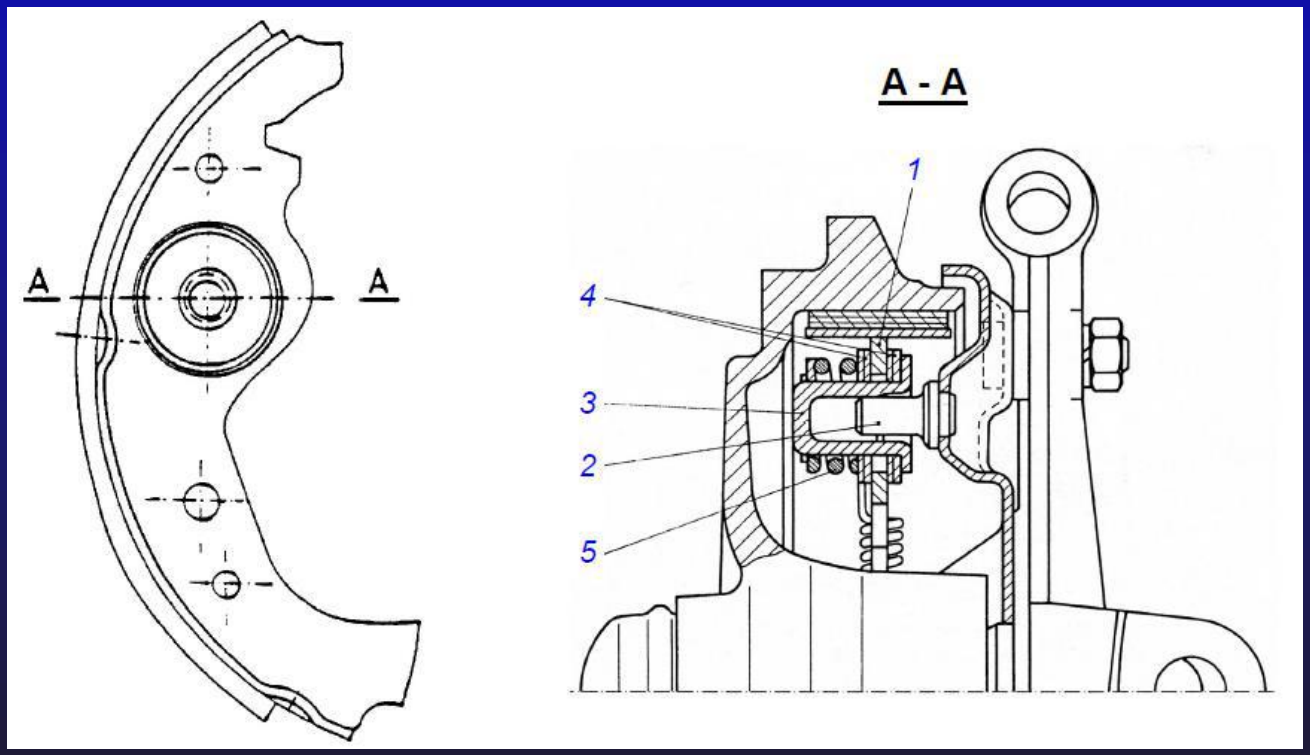
Mechanizm regulacyjny przy podporze szczęk

1-szczęka hamulcowa
2,4- wieńce zębate
3- podpora
5- śruba regulacyjna
6- tuleja gwintowana
x- luz między wieńcem i podporą

1. Hamulce bębnowe

Regulatory automatyczne

Zapewniają stałą wartość luzu przez ciągłe rozsuwanie szczęk w miarę wzrastającego zużycia.



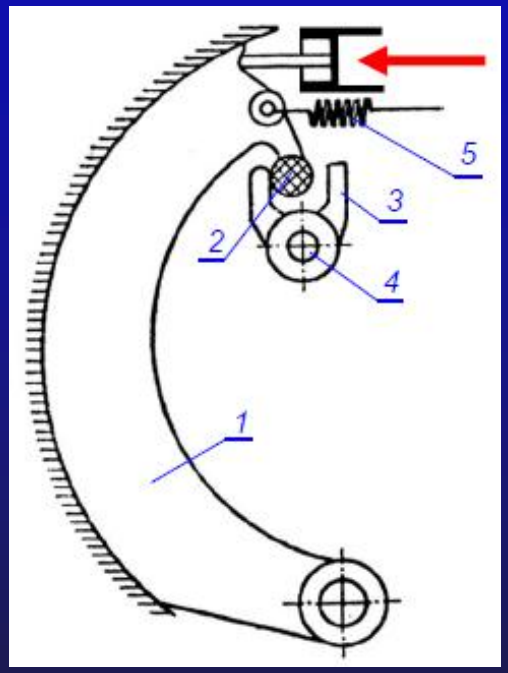
Cierny mechanizm automatycznej regulacji luzu w hamulcu bębnowym

1- szczęka hamulcowa, 2- kołek oporowy, 3- tulejka, 4- podkładka cierna, 5- sprężyna

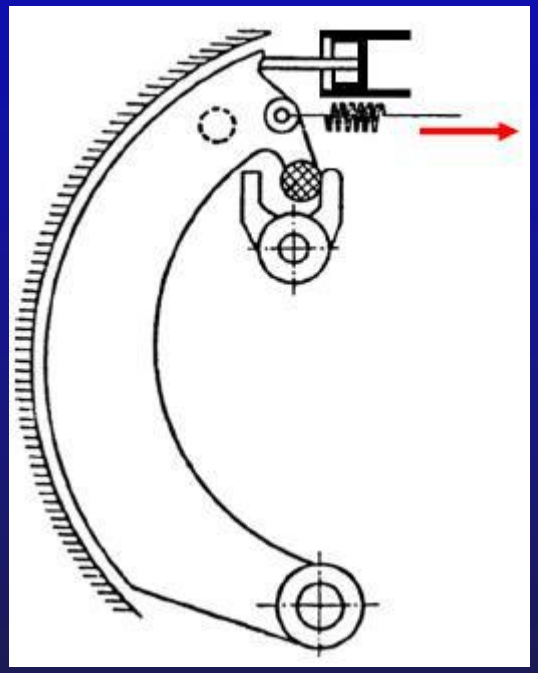
1. Hamulce bębnowe

Regulatory automatyczne

HAMOWANIE



HAMULEC ZWOLNIONY



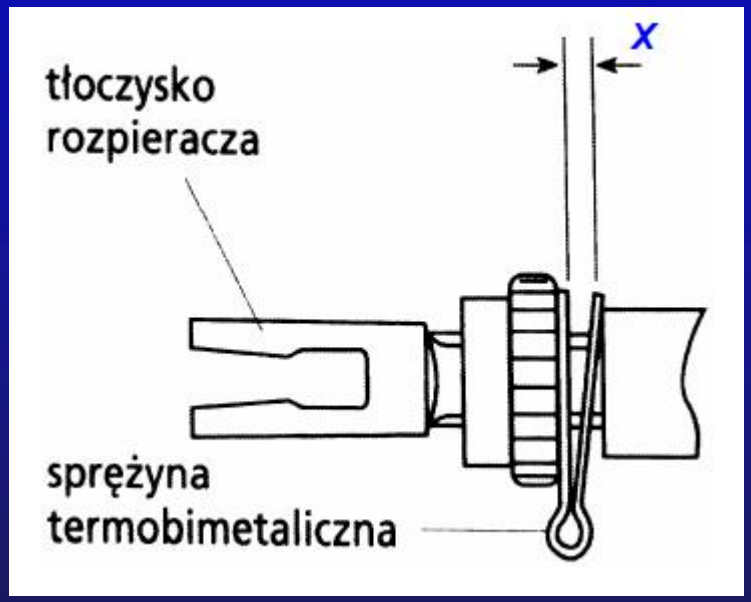
Cierny mechanizm automatycznej regulacji luzu w hamulcu bębnowym

1- szczęka hamulcowa, 2- nosek szczęki, 3- widełki, 4- oś widełek, 5- sprężyna ściągająca

1. Hamulce bębnowe

Mechanizmy reagujące na nadmierny wzrost temperatury

Zapobiegają zablokowaniu koła po ochłodzeniu elementów hamulca.

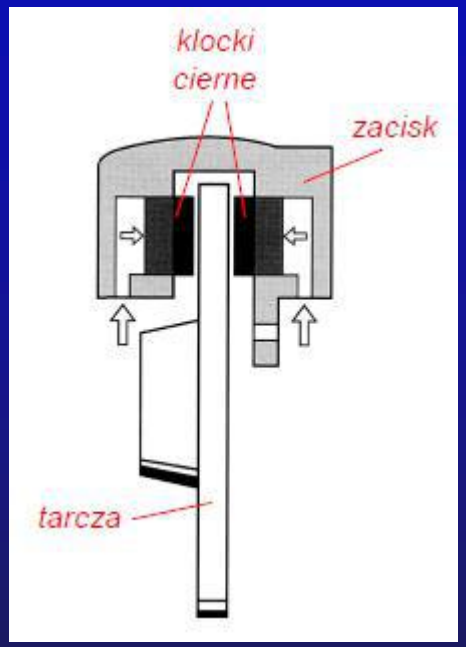


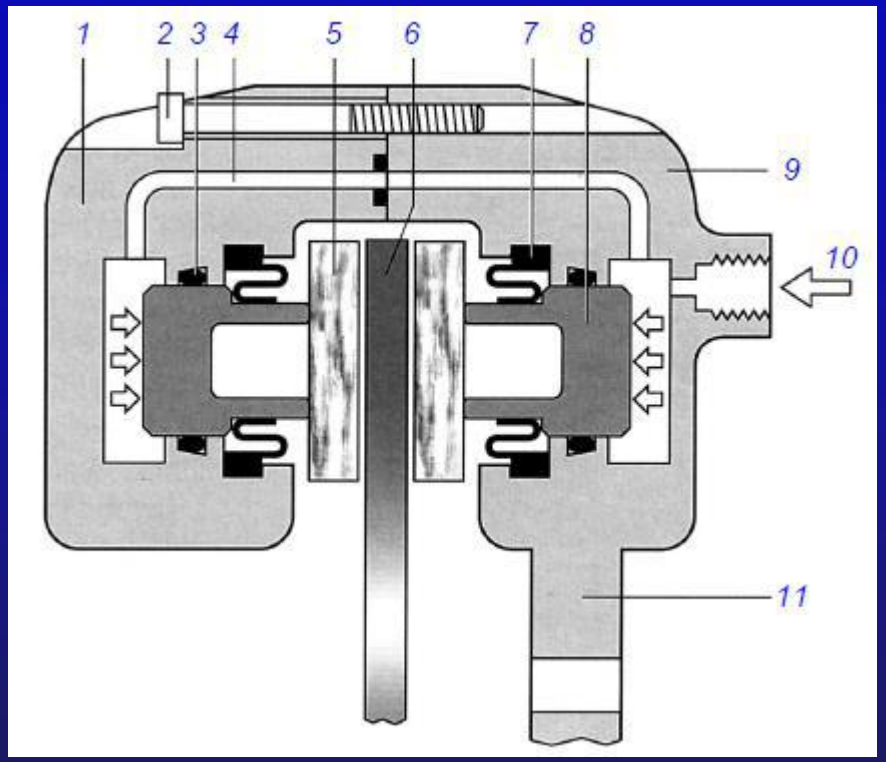
Zasada sterowania wartością luzu w hamulcu bębnowym w zależności od temperatury hamulca

(wartość „X” sterująca odległością powrotu tłoczyska rozpieracza, zależy od stopnia „rozgięcia” sprężyny bimetalicznej w wyniku temperatury panującej we wnętrzu bębna)

2. Hamulce tarczowe

SCHEMAT UKŁADU



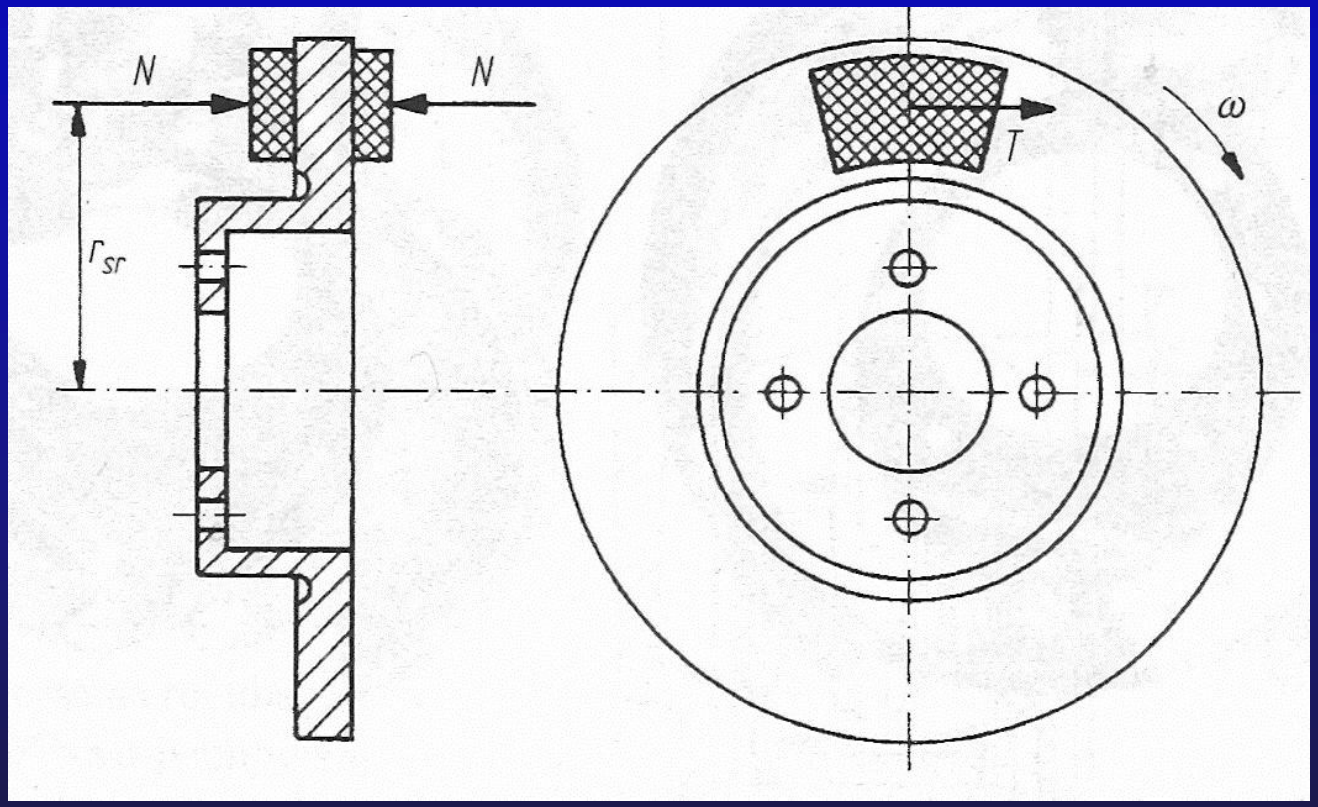


Budowa hamulca tarczowego (przykładowy system z zaciskiem nieruchomym)

1- obudowa zacisku, 2- śruba łącząca części obudowy, 3- uszczelniacz tłoczka, 4- kanał płynu hamulcowego, 5- wkładka cierna (klocek), 6- tarcza hamulcowa, 7- osłona, 8- tłoczek, 9- pokrywa obudowy, 10- króciec dolotowy, 11- kołnierz mocowania

2. Hamulce tarczowe

Schemat funkcjonalny tarczowego mechanizmu hamulcowego

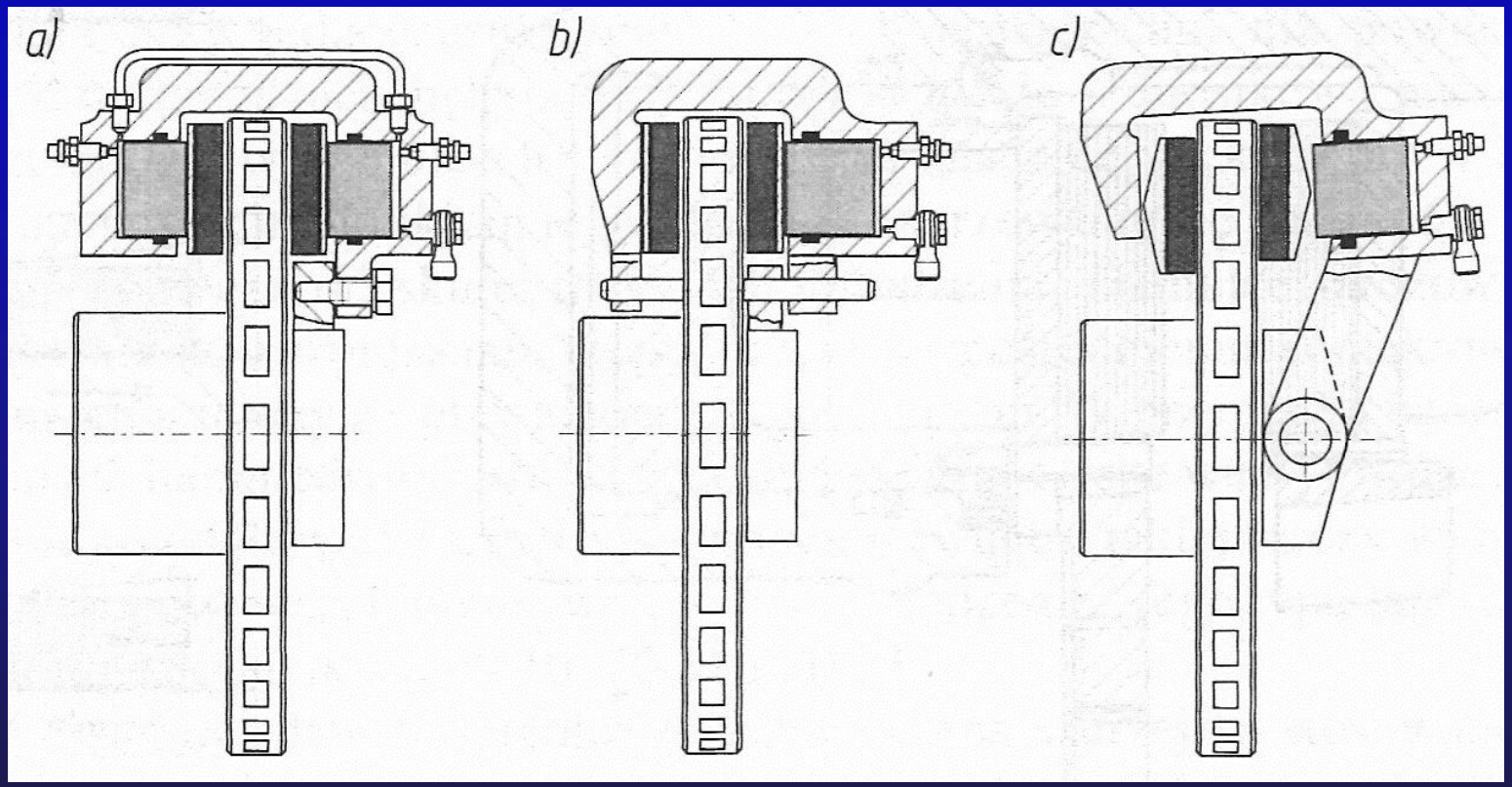


N- siła docisku, T- siła tarcia, $r_{śr}$- średni promień działania siły tarcia

Główna zalety hamulców tarczowych to łatwość obsługi, dobre odprowadzanie ciepła i wody, oraz prosta budowa.

2. Hamulce tarczowe

Zacisk hamulca z siłownikiem - rodzaje

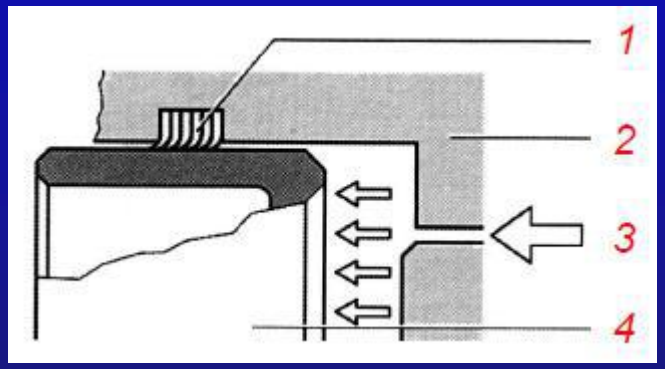


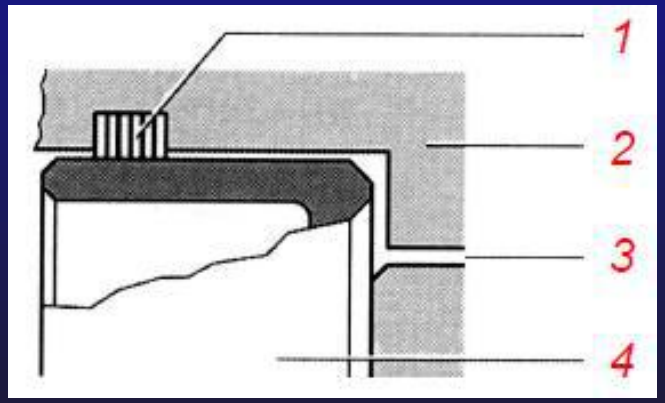
a) korpus zacisku sztywno mocowany do wspornika koła, dwa cylinderki dociskające klocki cierne,
b) korpus zacisku osiowo przesuwny względem koła, jeden cylinderek dociska dwa klocki,
c) korpus zacisku zamocowany wahliwie, jeden cylinderek

2. Hamulce tarczowe

Automatyczna regulacja luzu

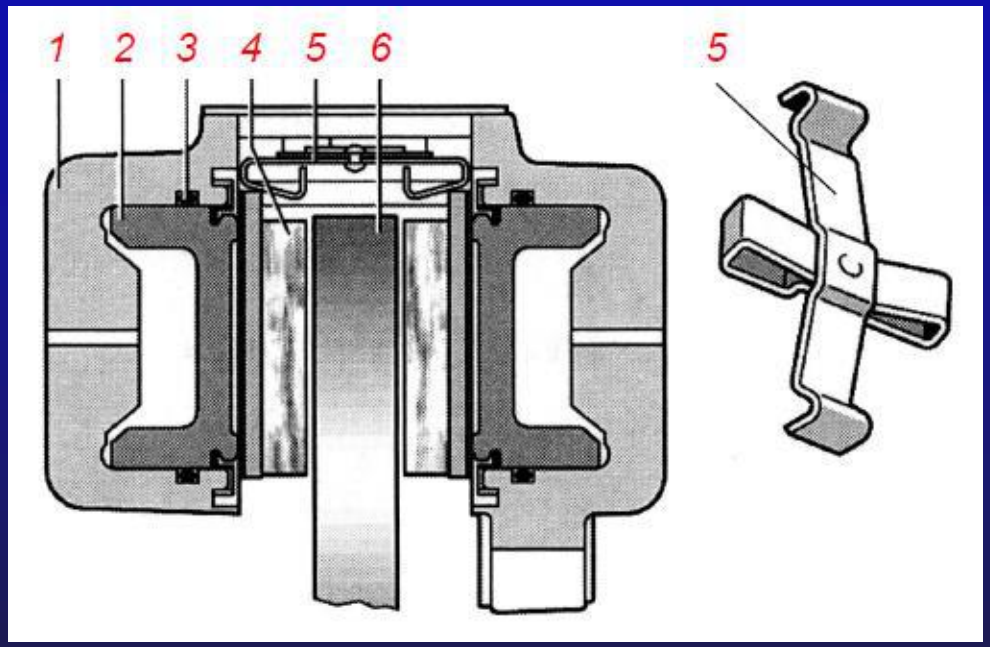
ZAPEWNIA TO MECHANIZM W POSTACI PIERŚCIENIA USZCZELNIAJACEGO O PRZEKROJU PROSTOKĄTNYM





Samoregulacja luzu na uszczelnieniu tłoczka w hamulcu hydraulicznym

1- pierścień uszczelniający, 2- cylinder, 3- wlot płynu, 4- tłoczek

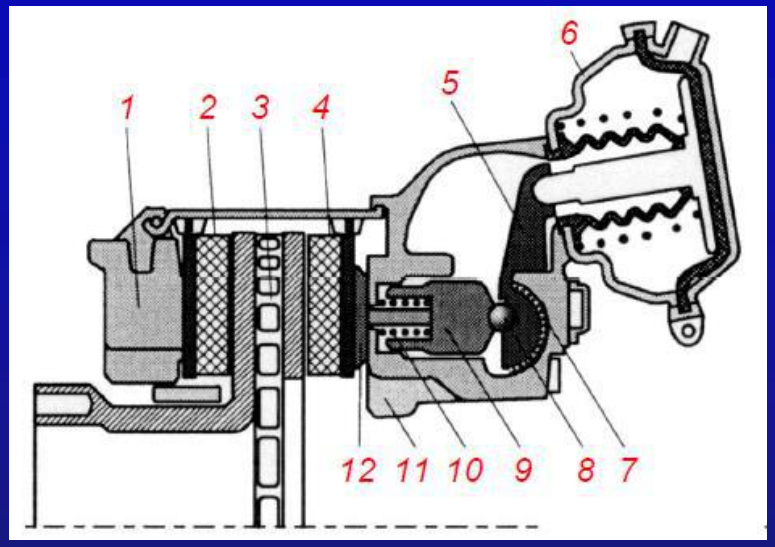


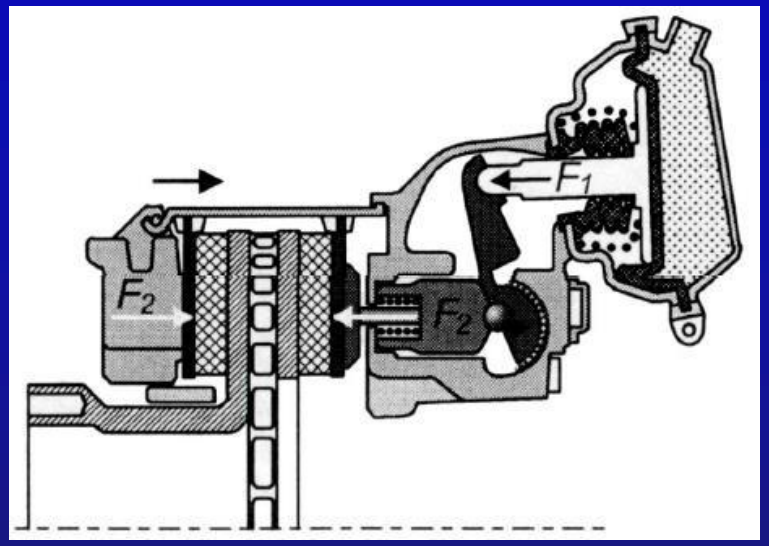
Sprężyna krzyżowa w zacisku nieruchomym

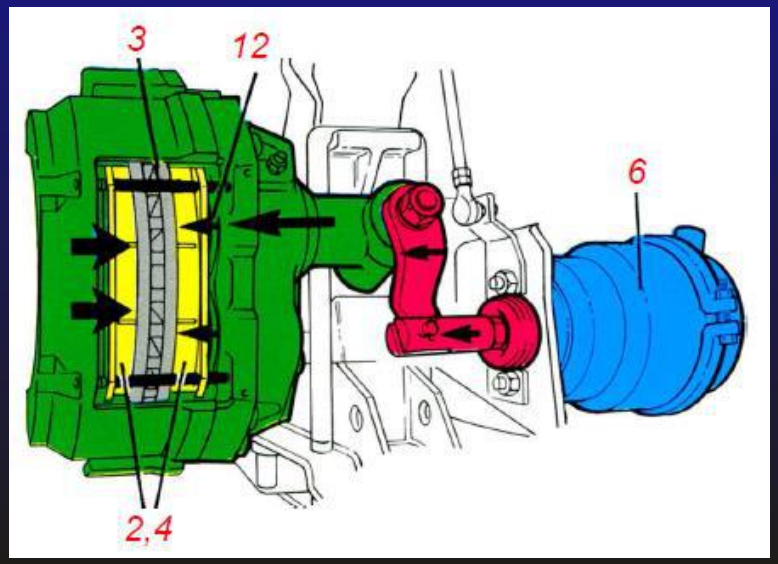
1- obudowa zacisku, 2- tłoczek, 3- uszczelniacz, 4- klocki cierne, 5- sprężyna krzyżowa, 6- tarcza hamulcowa

2. Hamulce tarczowe

Hamulce tarczowe w samochodach ciężarowych





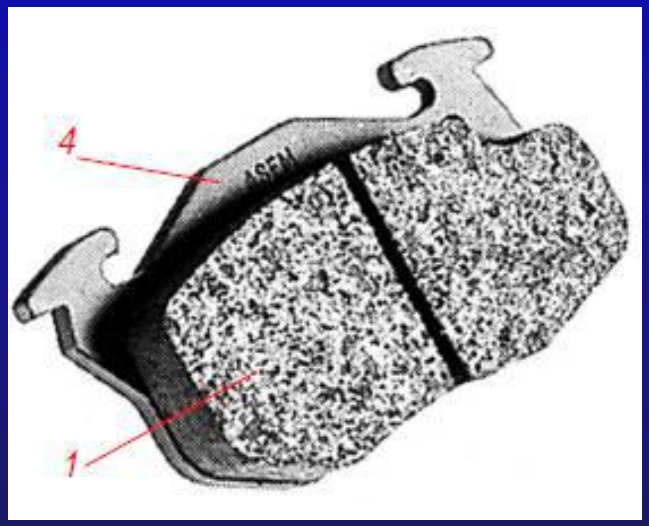


Mechaniczny popychacz dźwigniowy uruchamiający hamulec tarczowy w pneumatycznych układach hamulcowych

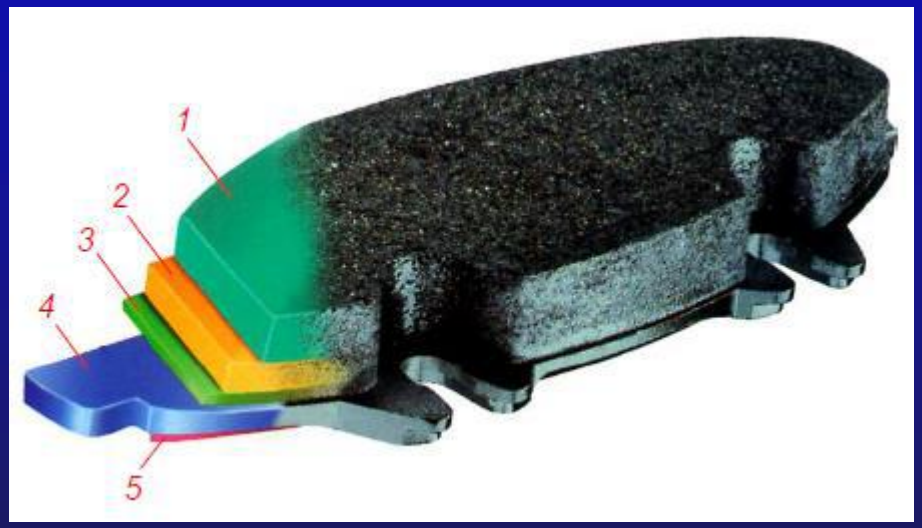
1- obudowa zacisku, 2,4- klocki hamulcowe, 3- tarcza hamulcowa, 5- dźwignia, 6- siłownik pneumatyczny, 7- łożysko igiełkowe, 8- gniazdo walcowe, 9- popychacz, 10- sprężyna zwrotna, 11- wspornik, 12- stempel

Klocki hamulcowe

Klocki hamulcowe są montowane w zacisku. Muszą posiadać duży współczynnik tarcia, niezależnie od temperatury i wilgotności, oraz małą ściśliwość.



a) widok



b) budowa

1- materiał cierny, 2- warstwa izolująco-tłumiąca
3- warstwa łącząca, 4- podstawa stalowa,
5- elastyczna warstwa tłumiąca

Zjawisko pisku hamulców

Pisk hamulców powstaje na skutek rezonansu elementów hamulca i zawieszenia, które zostają pobudzone do drgań z częstotliwością równą częstotliwości ich drgań własnych.

Zjawisko zostaje zapoczątkowane w momencie rozpoczęcia hamowania podczas kontaktu wierzchołków mikronierówności tarczy hamulcowej i klocków, które w wyniku wysokiej temperatury ulegają stopieniu i powstaje płynny film, który prowadzi do ślizgania się elementów, szarpania i słyszalnych trzasków.
Efektem końcowym jest wzbudzenie drgań i pisku podczas hamowania.

Wpływ innych czynników na powstanie hałasu:

- **rodzaj kleju**
- **ciśnienie płynu hamulcowego w układzie**
- **kształt klocków**
- **temperatura elementów**
- **prędkość pojazdu**
- **warunki atmosferyczne itd..**

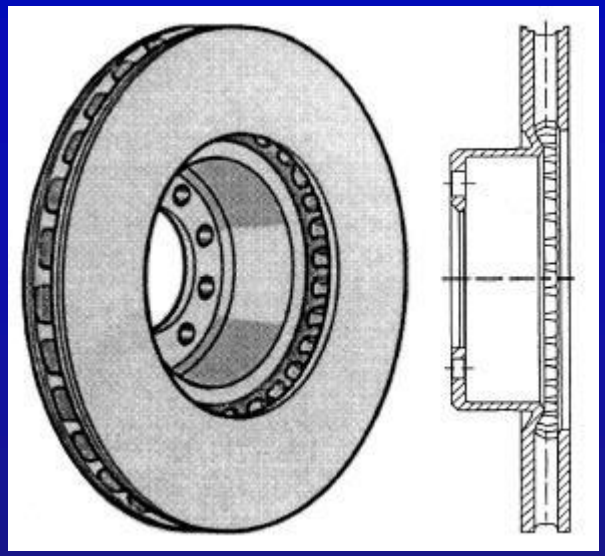
Zużywanie się klocków - tarcz

Sygnalizowanie granicznego zużycia klocków w różny sposób:

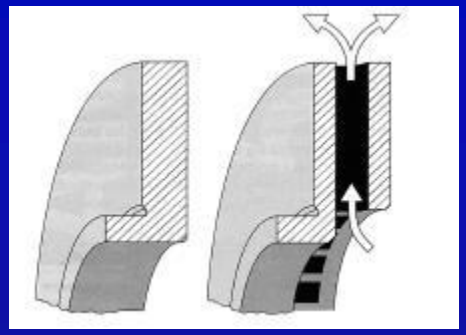
- **kontrola przez otwór kontrolny w obudowie zacisku**
- **umieszczenie specjalnych blaszek, które przy granicznym zużyciu klocków ocierają się o tarczę wytwarzając wysoki dźwięk**
- **czujniki elektroniczne (rys.)**

Zużywanie się okładzin ciernych- klocków, powoduje znaczny spadek poziomu płynu hamulcowego w zbiorniku wyrównawczym.

Tarcze hamulcowe



Tarcza wentylowana



Tarcza wentylowana i pełna- porównanie

Tarcza wentylowana i perforowana

M a t e r i a ł

Tarcza hamulcowa jest odlewana z żeliwa szarego, sferoidalnego lub ze staliwa. Materiał tarcz nagrzewa się nawet do temperatur rzędu 800 st.C. Ponadto:

- muszą odprowadzać ciepło do otoczenia
- długotrwałe hamowanie powoduje bardzo mocne nagrzewanie klocków co powoduje zmniejszenie współczynnika tarcia
- stosowanie tarcz wentylowanych

Specjalne konstrukcje tarcz hamulcowych:

- dwuczęściowe
- zintegrowane z łożyskami kół- aluminiowa piasta i żeliwna tarcza

Tarcze hamulcowe

Tarcze z ceramiki zbrojonej włóknami węglowymi, spiekane w temp. 1700C przy wysokim podciśnieniu. Klocki ze spieków metalowych.

Zalety:

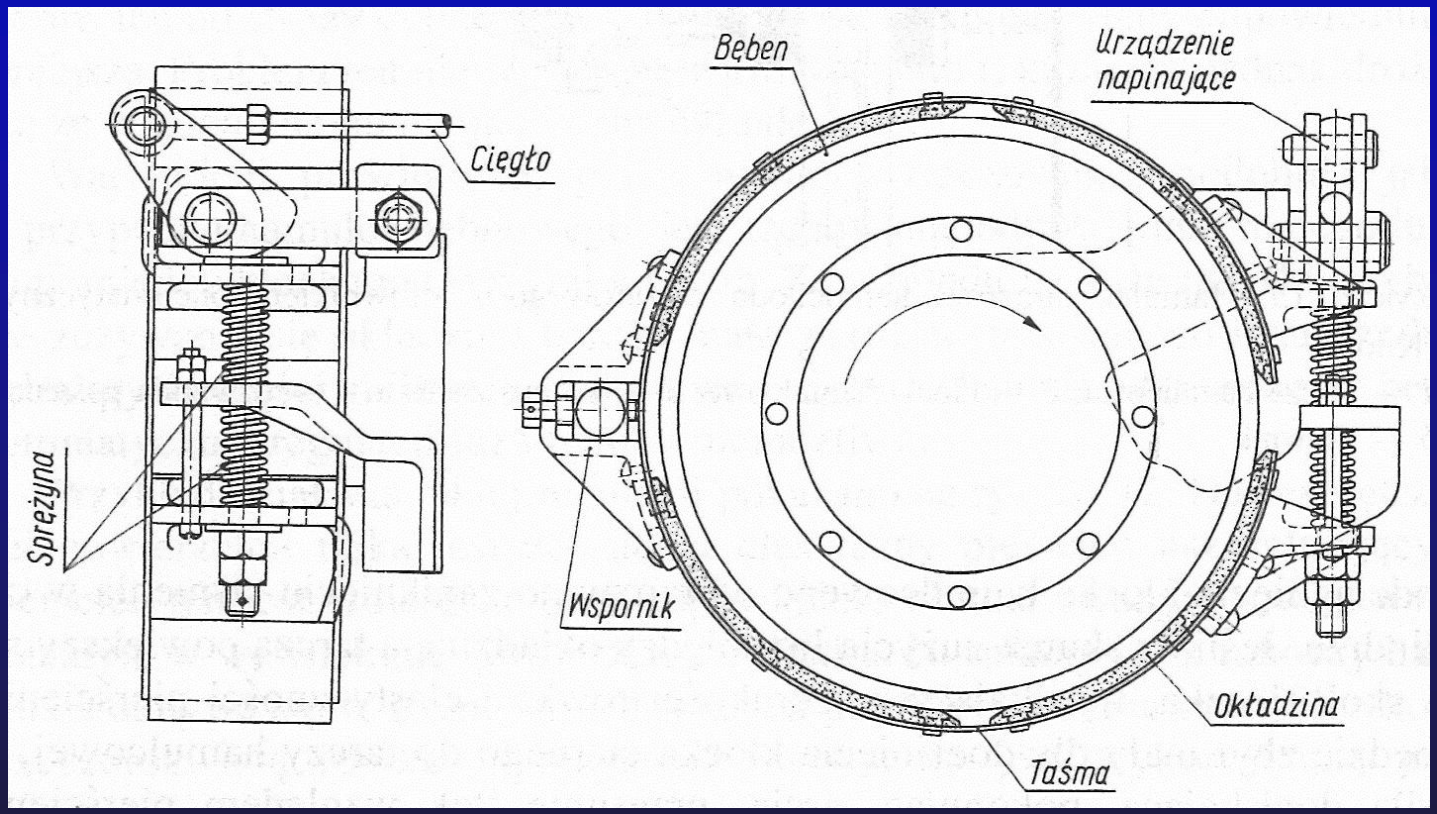
+ niższa masa (o ok.50% w porównaniu z tarczami metalowymi,
+ wyższy współczynnik tarcia, niezależny od temperatury pracy,
+ nienasiąkliwość,
+ wysoka twardość – odporność na zużycie cierne,
+ wysoka trwałość – ok. 2-krotnie większa od układów tradycyjnych

Wady:

– bardzo wysoka cena,
– wyższa podatność na uszkodzenia udarowe

Tarcze taśmowe

Mechanizm uruchamiający zaciska taśmę wokół bębna. Zastosowanie jako hamulce awaryjny lub postojowy.

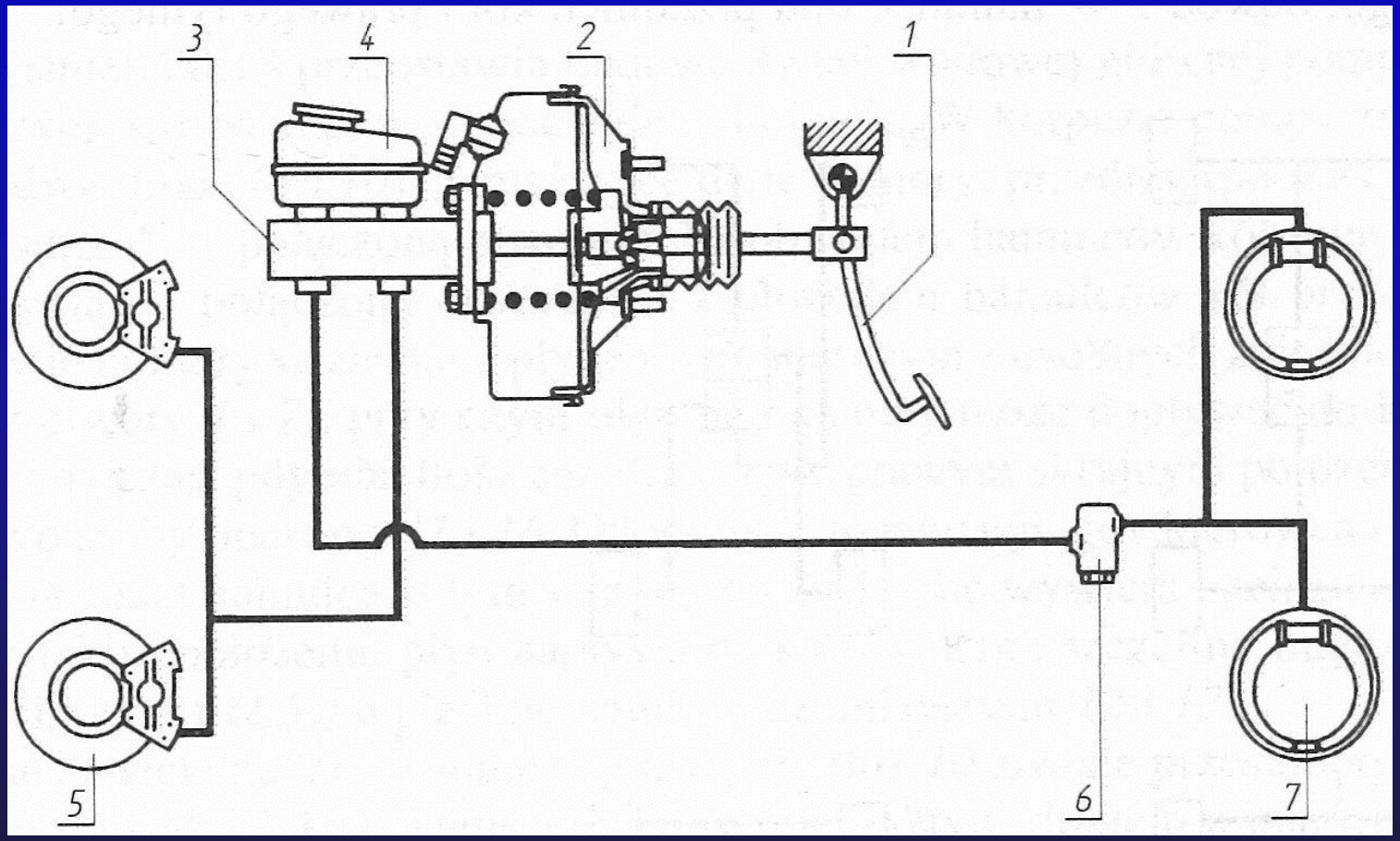


Hamulec taśmowy zastosowany jako hamulec awaryjny, działający na wał napędowy samochodu

Innym przykładem zastosowania hamulca taśmowego jest hamulec stosowany w automatycznych skrzyniach biegów.

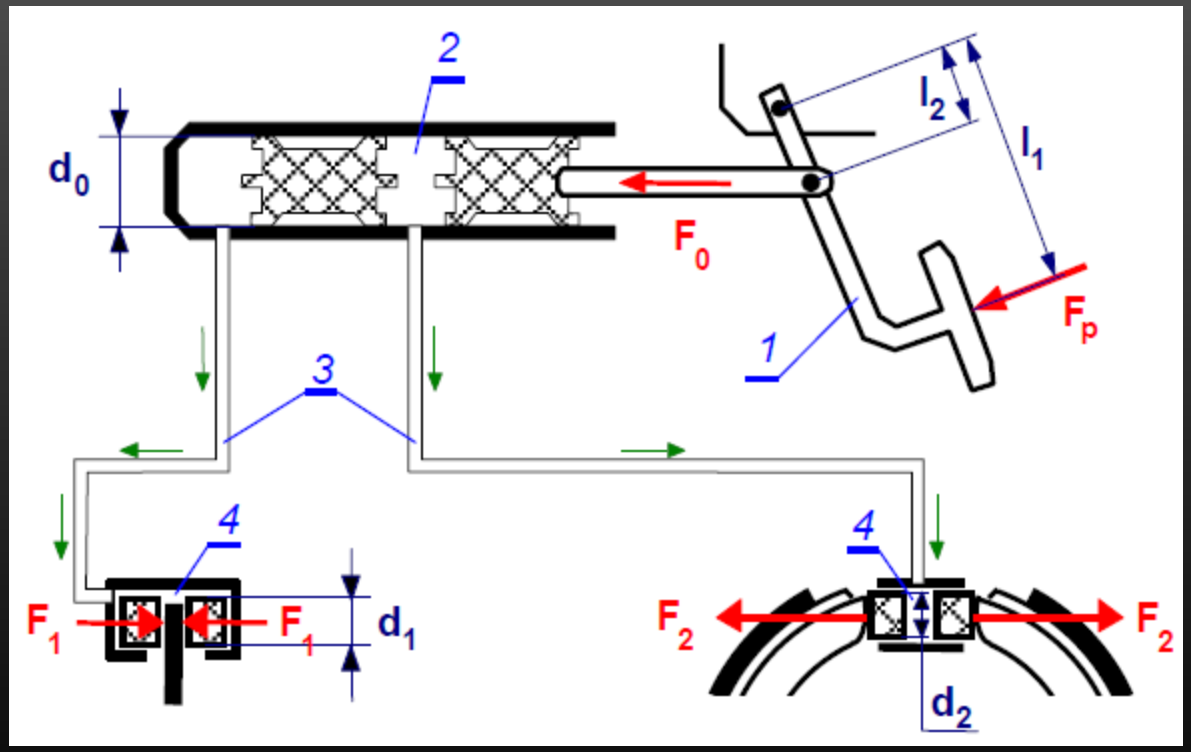
Mechanizmy uruchamiające hamulce

Mechanizm hydrauliczny



1- pedał hamulca, 2- mechanizm wspomagający, 3- pompa hamulcowa, 4- zbiornik płynu hamulcowego, 5- przednie hamulce tarczowe, 6- korektor, 7- tylne hamulce bębnowe

Wzmocnienie siły nacisku na pedał hamulca



1- pedał hamulca, 2- pompa hamulcowa,
3- przewody hamulcowe, 4- siłowniki zacisków

Wpływ przełożenia mechanicznego na pedale hamulca na wartość ciśnienia w pompie hamulcowej

Przełożenie mechaniczne:

$$F_0 = F_p \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad [N]$$

równocześnie:

$$F_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot p_c \quad [N]$$

p_c- ciśnienie w pompie hamulcowej

Stąd:

$$p_c = \frac{4F_p}{\pi \cdot d_0^2} \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad [MPa]$$

Wzmocnienie siły nacisku na pedał hamulca

Przykład obliczeń

Ramię $\frac{400}{80} = 5$

Wzmocnienie = 5x

$0{,}4kN \cdot 5 = 2{,}0kN$

Siła nacisku na tłoczysko:

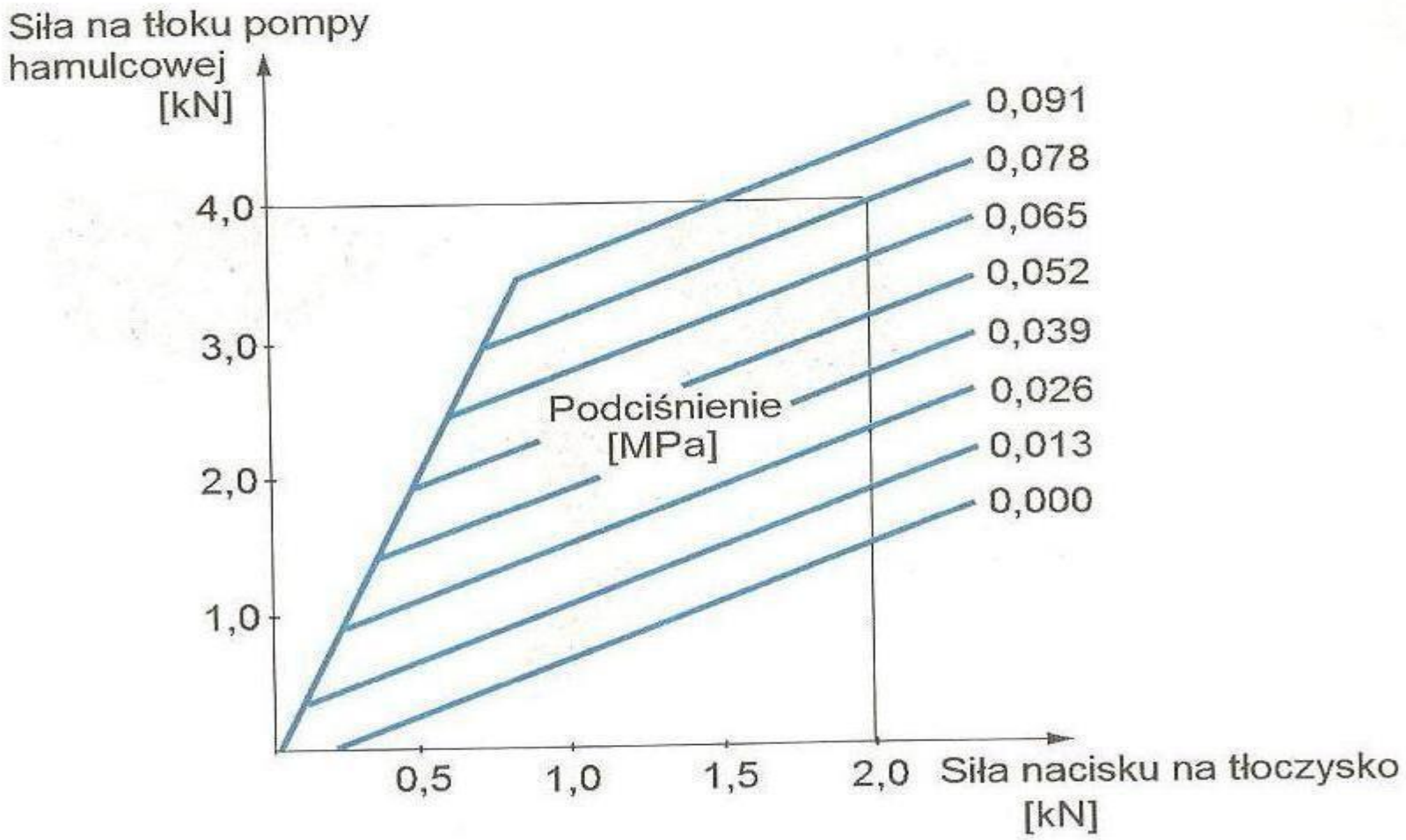
$$F_T = \frac{0{,}4 \cdot 400}{80} = 2{,}0kN$$

Kolejne wzmocnienie to działanie układu wspomagania:

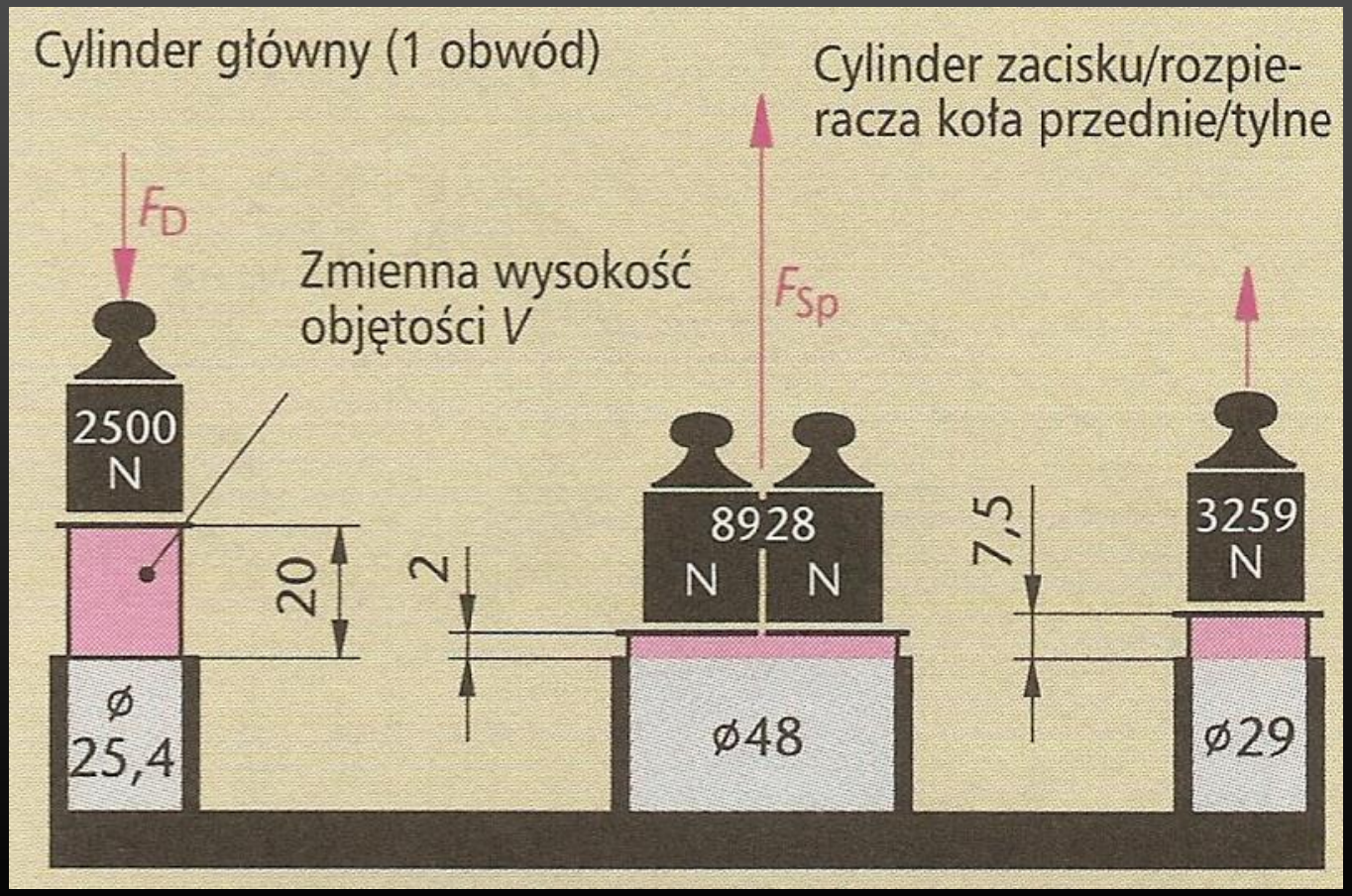
Membrana porusza się na skutek różnicy ciśnień: atmosferycznego, oraz podciśnienia w kolektorze ssącym (ZI) lub pompie podciśnienia (ZS).

Wzmocnienie siły nacisku na pedał hamulca

Wykres wzmocnienia - charakterystyka



Wzmocnienie siły nacisku na pedał hamulca

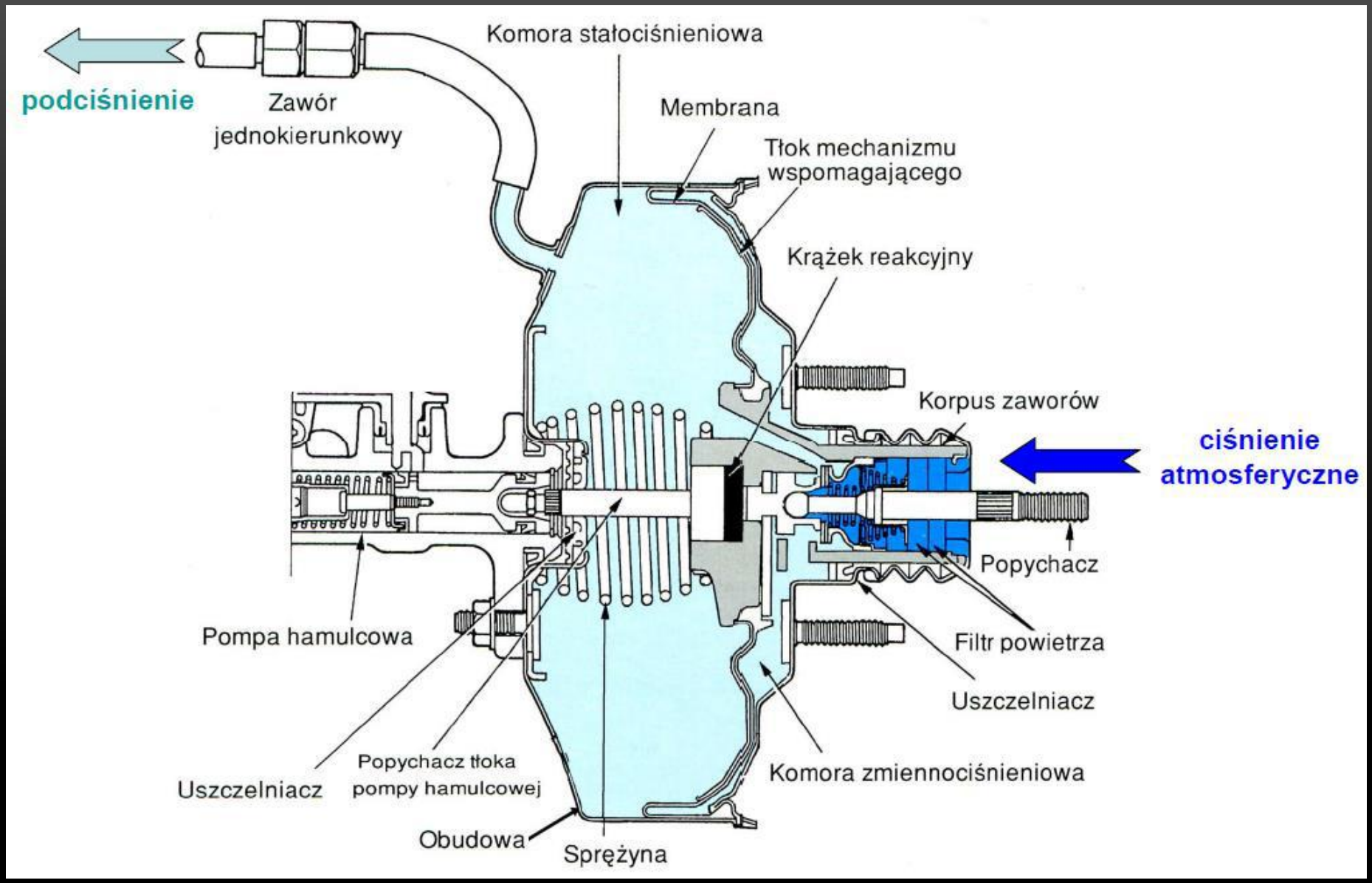


Siłę docisku klocków/ szczęk można zwiększyć stosując w siłownikach hydraulicznych mechanizmu hamulcowego tłoczki o większej średnicy.

Urządzenia wspomagające

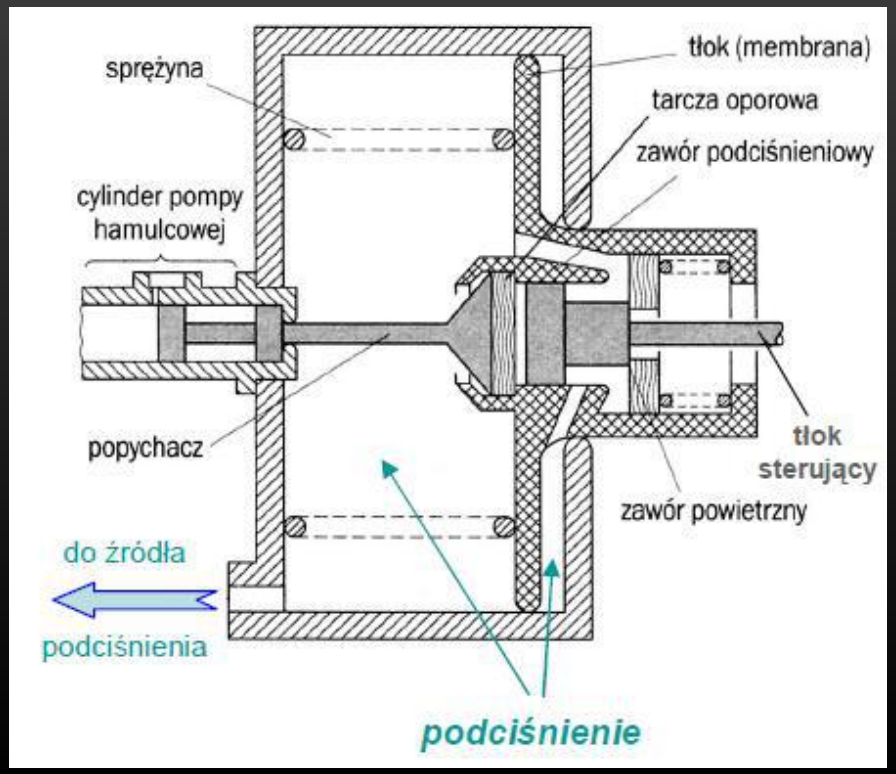
- wspomaganie podciśnieniowe
- wspomaganie hydrauliczne

Wspomaganie podciśnieniowe

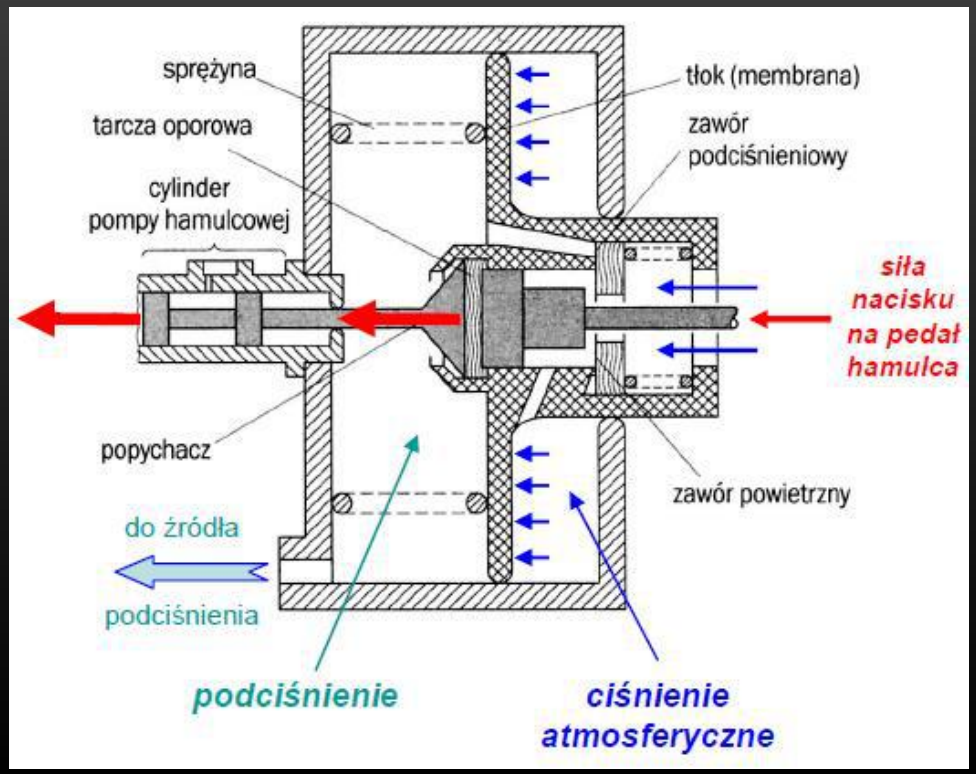


Wspomaganie podciśnieniowe

JAZDA BEZ HAMOWANIA

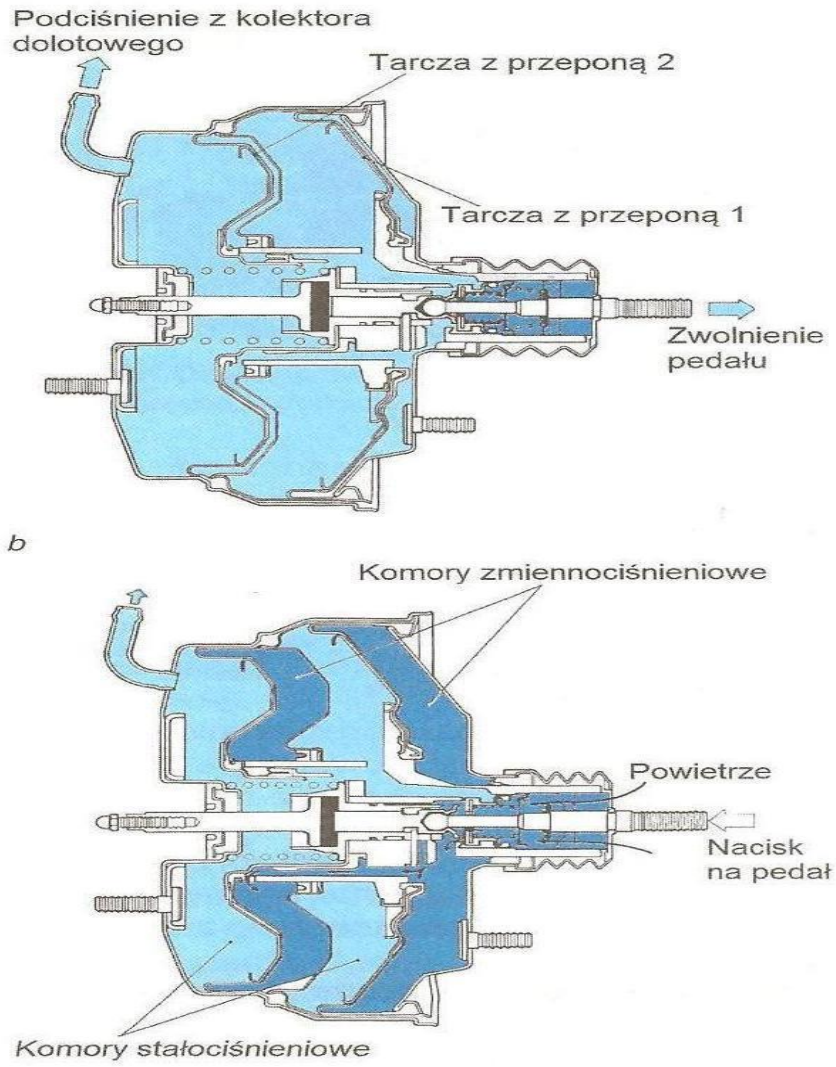


HAMOWANIE



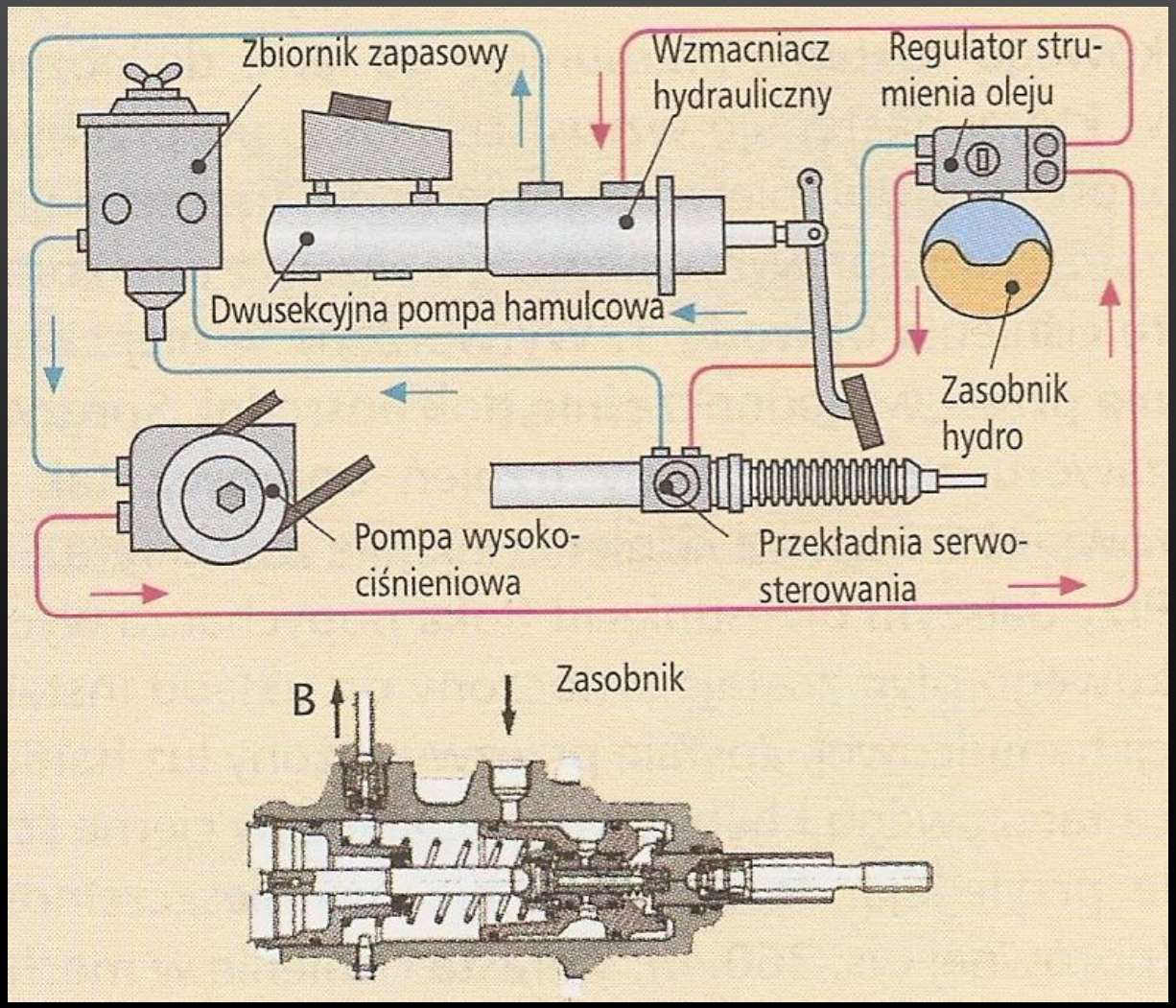
Czterokomorowe (podwójne) urządzenie wspomagające

Zwiększa siłę wspomagania, która jest równa iloczynowi sumy powierzchni dwóch tarcz połączonych przeponami.



Budowa i działanie czterokomorowego podciśnieniowego urządzenia wspomagającego

Hydrauliczne wspomaganie układu hamulcowego

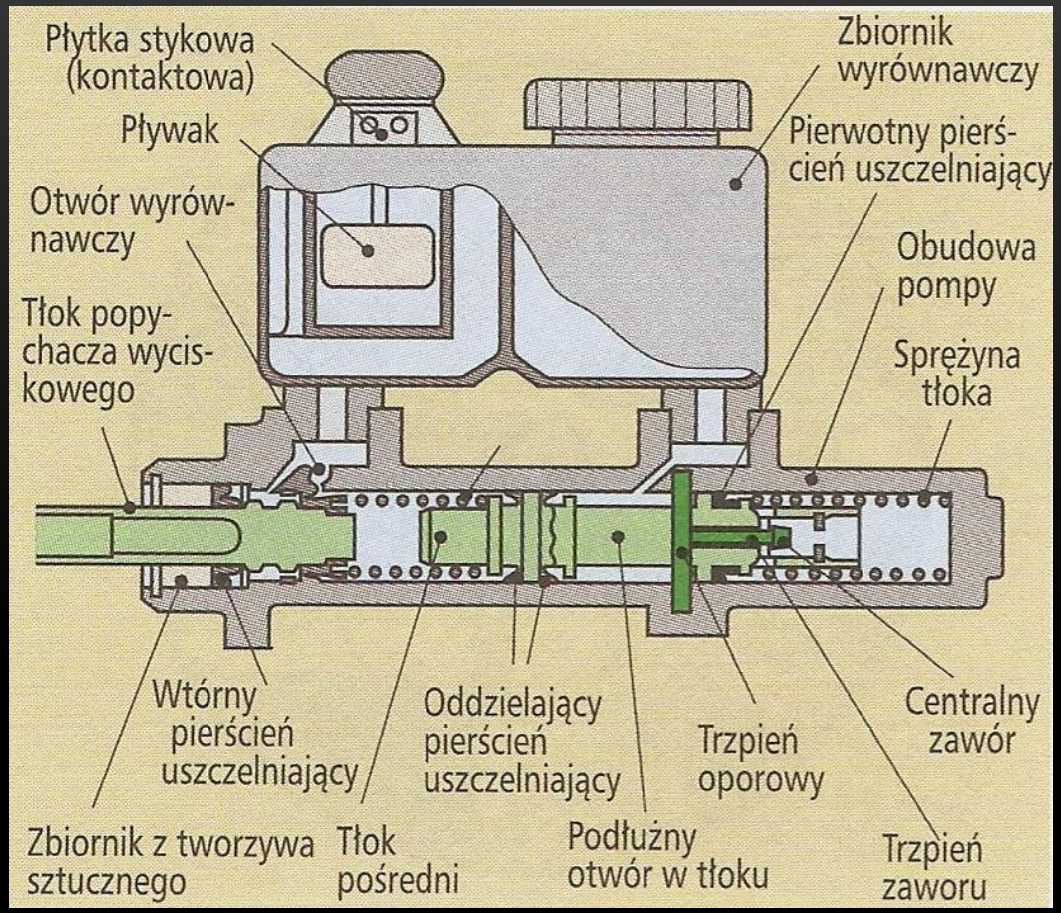


Pompa wytwarza ciśnienie ok. 50 bar, ograniczane przez regulator ciśnienia. Przy uruchomieniu zaczyna działać na tłok wzmacniacza, rośnie ciśnienie i w konsekwencji wytwarza siłę wspomagającą.

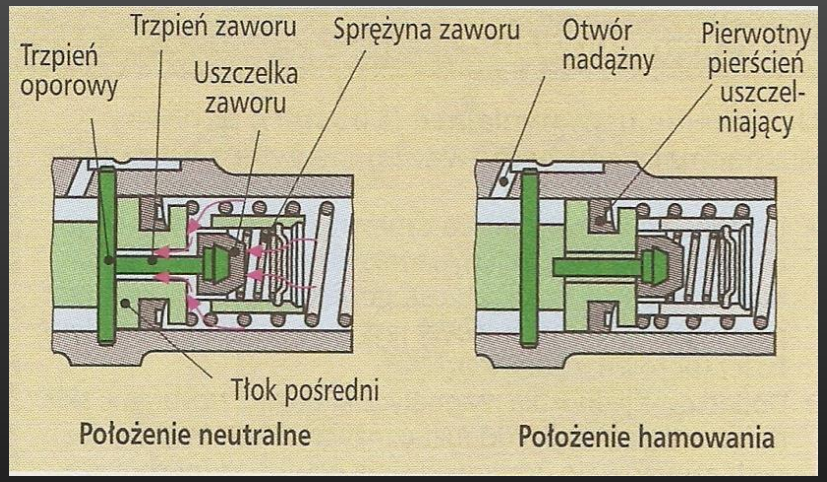
Pompa hamulcowa

Pompa hamulcowa – przetwarza siłę nacisku na pedał hamulca na ciśnienie płynu hamulcowego w układzie.

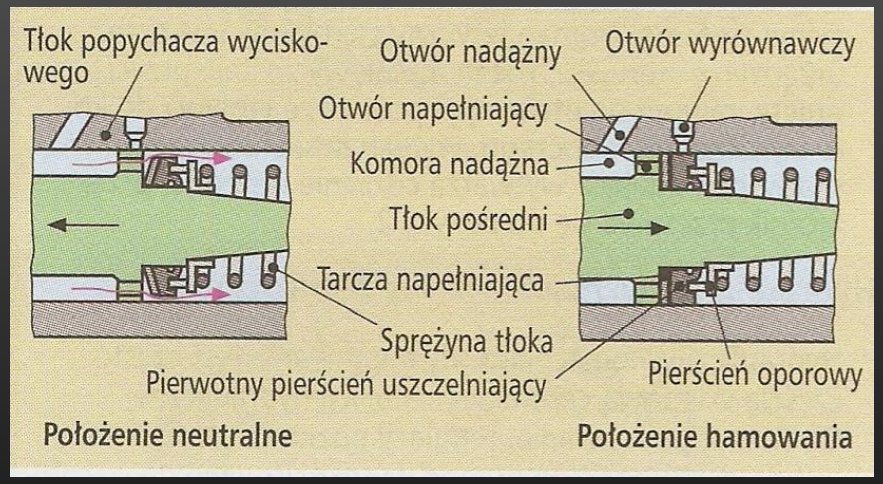
Dla bezpieczeństwa stosuje się pompy dwuobwodowe, które działają na dwa oddzielne niezależne obwody.



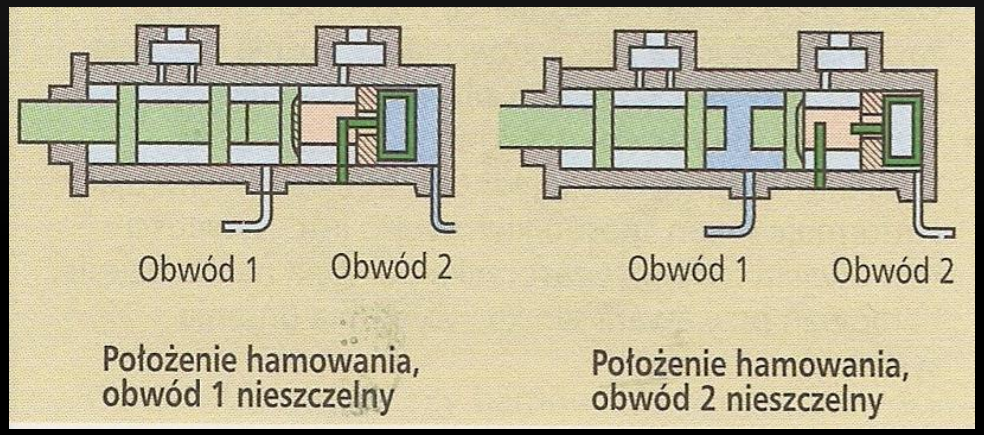
Pompa hamulcowa



Sposób działania zaworu centralnego



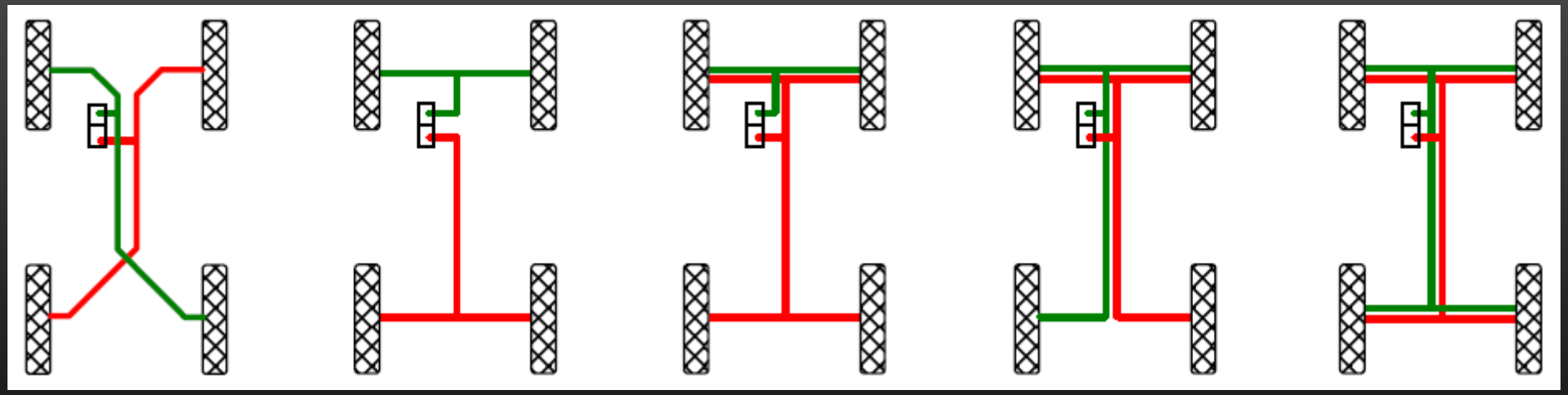
Sposób działania pierwotnego pierścienia uszczelniającego



Funkcje w przypadku awarii obwodu hydraulicznego

Pompa hamulcowa

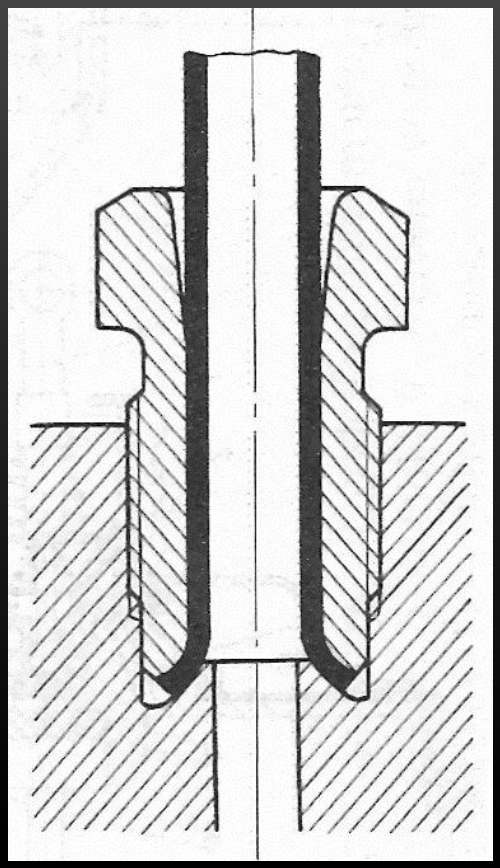
Schematy dwuobwodowych układów hamulcowych



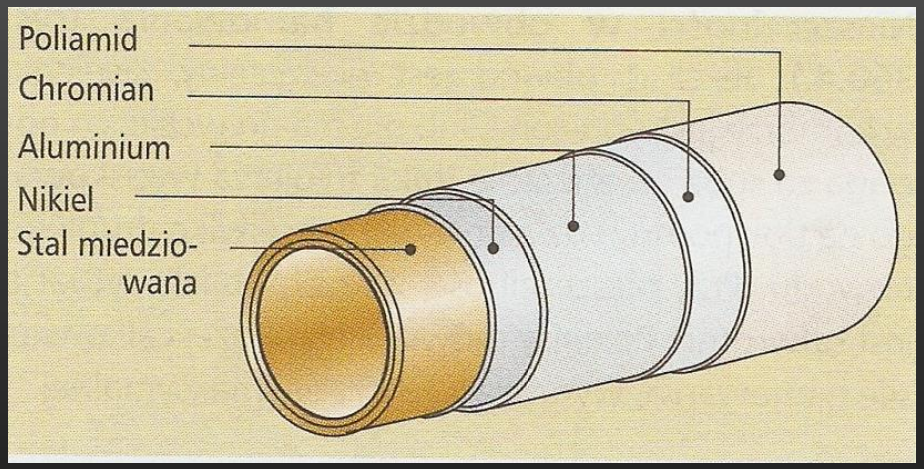
a) b) c) d) e)

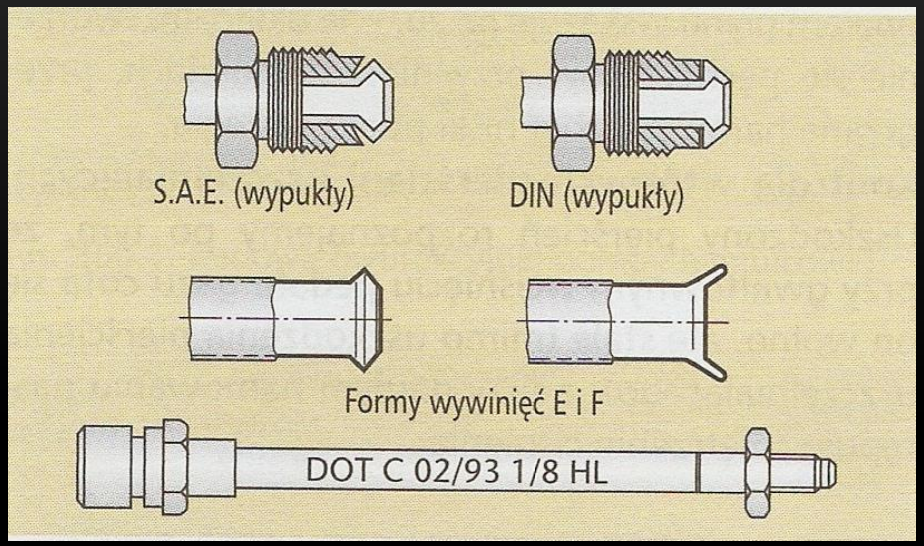
a) układ krzyżowy „X”
b) układ przód-tył „TT”
c) układ z dublowaniem przodu „HT”
d) układ krzyżowy z dublowaniem przodu „HH”
e) układ całkowicie zdublowany „LL”

Przewody hamulcowe



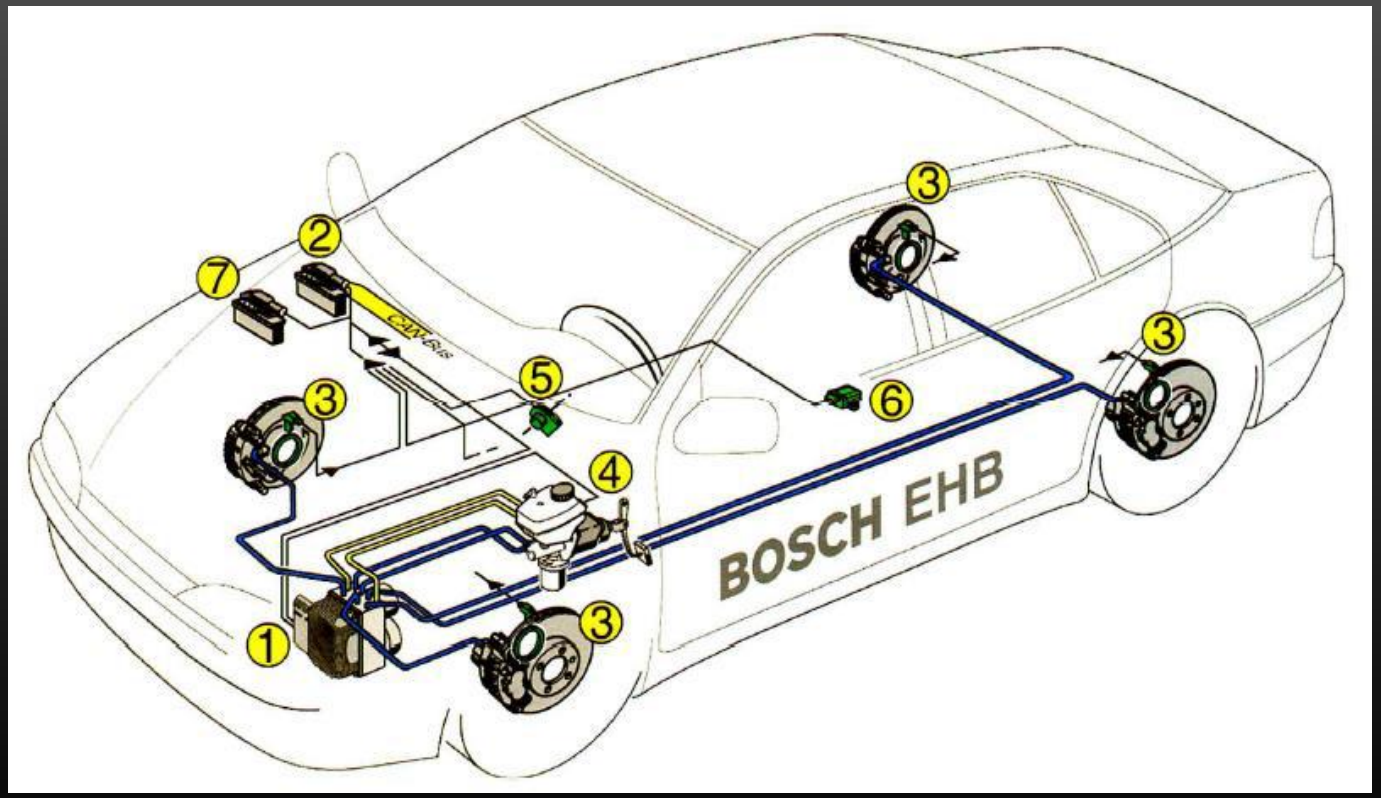
Sposób mocowania końcówek sztywnych przewodów hamulcowych





Rodzaje wywiniętych końcówek przewodów hamulcowych i oznakowanie elastycznych przewodów hamulcowych

MECHANIZM ELEKTROHYDRAULICZNEGO (EHB) I ELEKTROMECHANICZNEGO (EMB) URUCHAMIANIA HAMULCÓW



1 – zintegrowany sterownik hydrauliczno-elektroniczny układów ABS, ASR, ESP, 2 – sterownik, 3 – czujniki obrotów kół, 4 – moduł uruchamiania układu z czujnikiem ruchu pedału hamulca, 5 – czujnik kąta skrętu kierownicy, 6 – czujnik przyspieszeń poprzecznych i kąta obrotu pojazdu wokół osi pionowej, 7 – sterownik czujnika

Sterownik EHB połączony jest w jedną sieć z innymi układami bezpieczeństwa takimi jak:

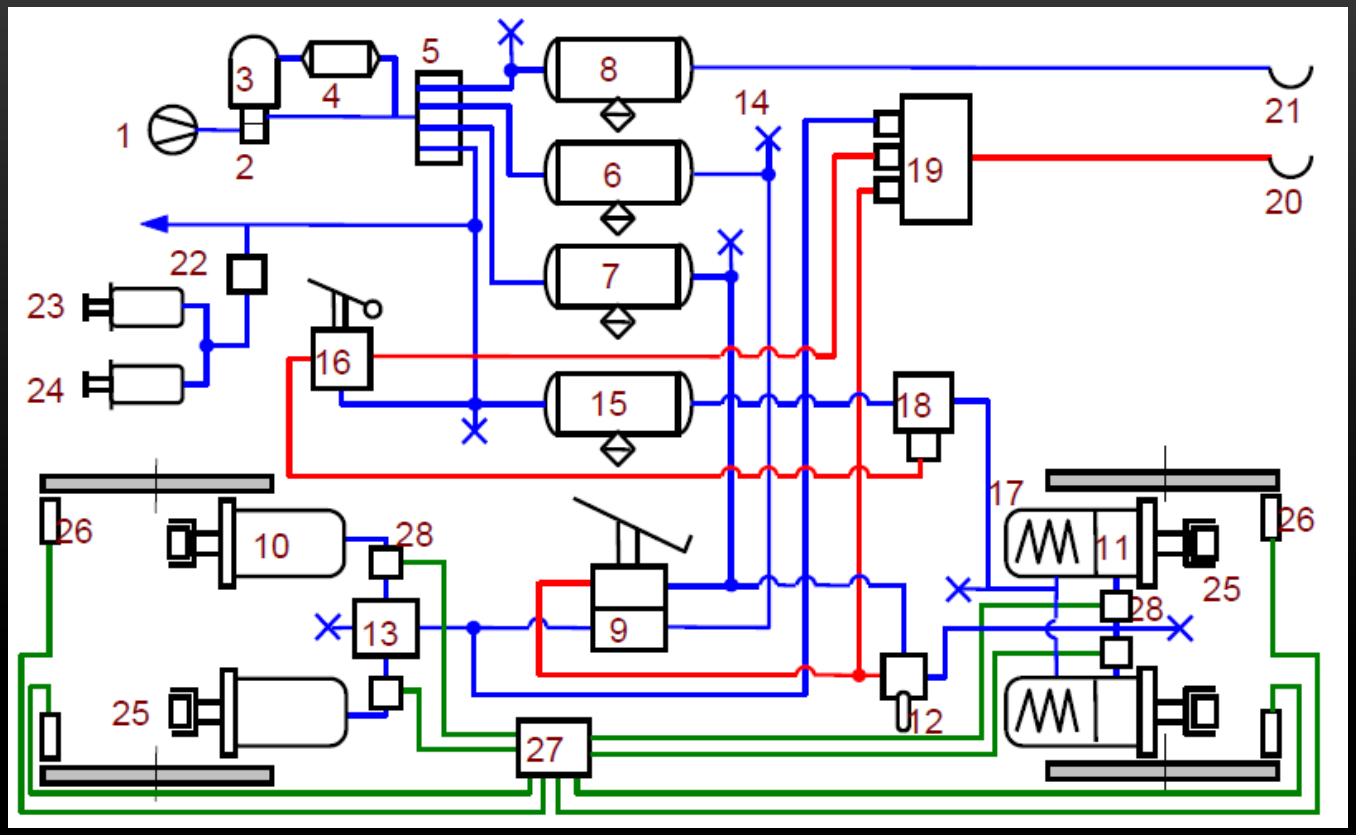
- ABS i ASR – układy przeciwpoślizgowe
- ESP – układ stabilizujący tor jazdy
- ACC – zachowanie bezpiecznej odległości

Mechanizm EMB pozwala całkowicie wyeliminować obwód hydrauliczny.

Mechanizmy pneumatycznego uruchamiania hamulców

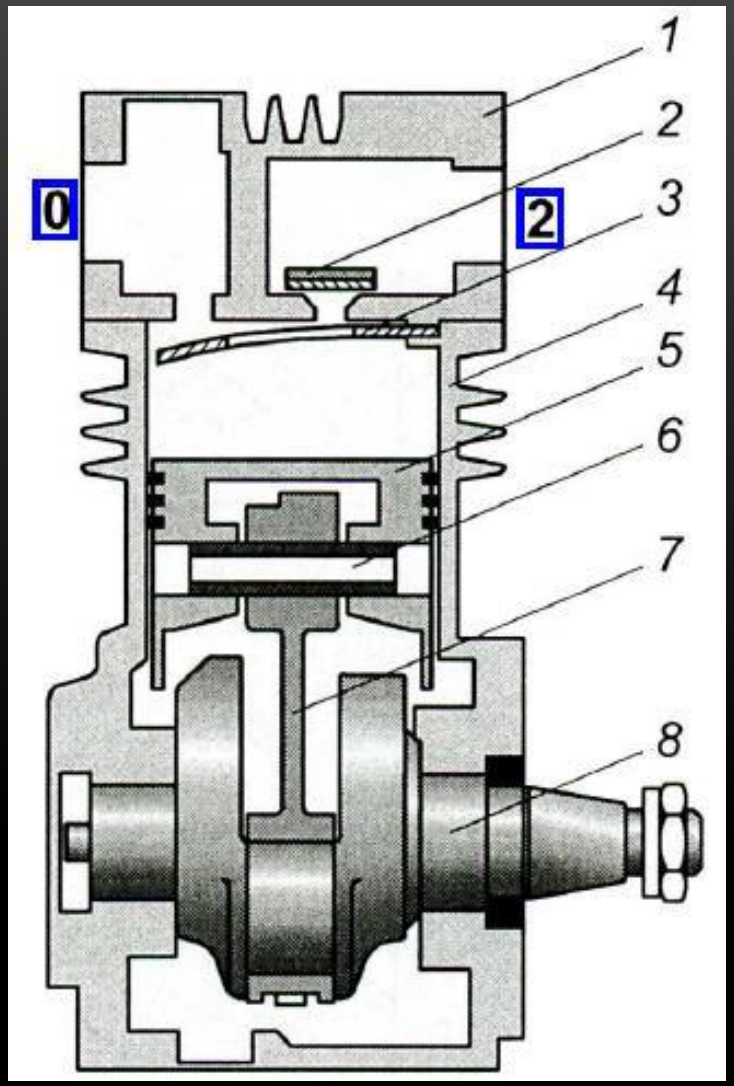
Układy pneumatyczne hamulców są stosowane w samochodach ciężarowych i autobusach. Pozwalają uzyskać duże siły hamowania przy małym nacisku na pedał hamulca przez kierowcę.

1 – sprężarka, 2 – regulator ciśnienia, 3 – osuszacz z filtrem powietrza, 4 – zbiornik regeneracyjny osuszacza, 5 – zawór zabezpieczający, 6,7,8,15 – zbiorniki powietrza, 9 – główny zawór hamulcowy, 10,11 – siłowniki, 12 – korektor, 13 – zawór korygujący, 14 – złącze kontrolne, 16 – ręczny zawór sterujący, 17 – siłowniki sprężynowe, 18 – zawór przekaźnikowy, 19 – zawór sterujący, 20 – złącze sterujące, 21 – złącze zasilające, 22 – zawór trójdrożny, 23,24 – siłowniki sterowania hamulcem silnikowym, 25 – trzpień siłownika, 26,27,28 – elementy układu ABS



Mechanizmy pneumatycznego uruchamiania hamulców

Części składowe - SPRĘŻARKA



Sprężarki:

- *jednocylindrowe*
- *dwucylindrowe*
- *od silnika samochodu*
- *niezależny (silnik elektryczny)*
- *o pracy okresowej*
- *o pracy ciągłej*
- *chłodzone powietrzem*
- *z głowicą chłodzoną wodą*

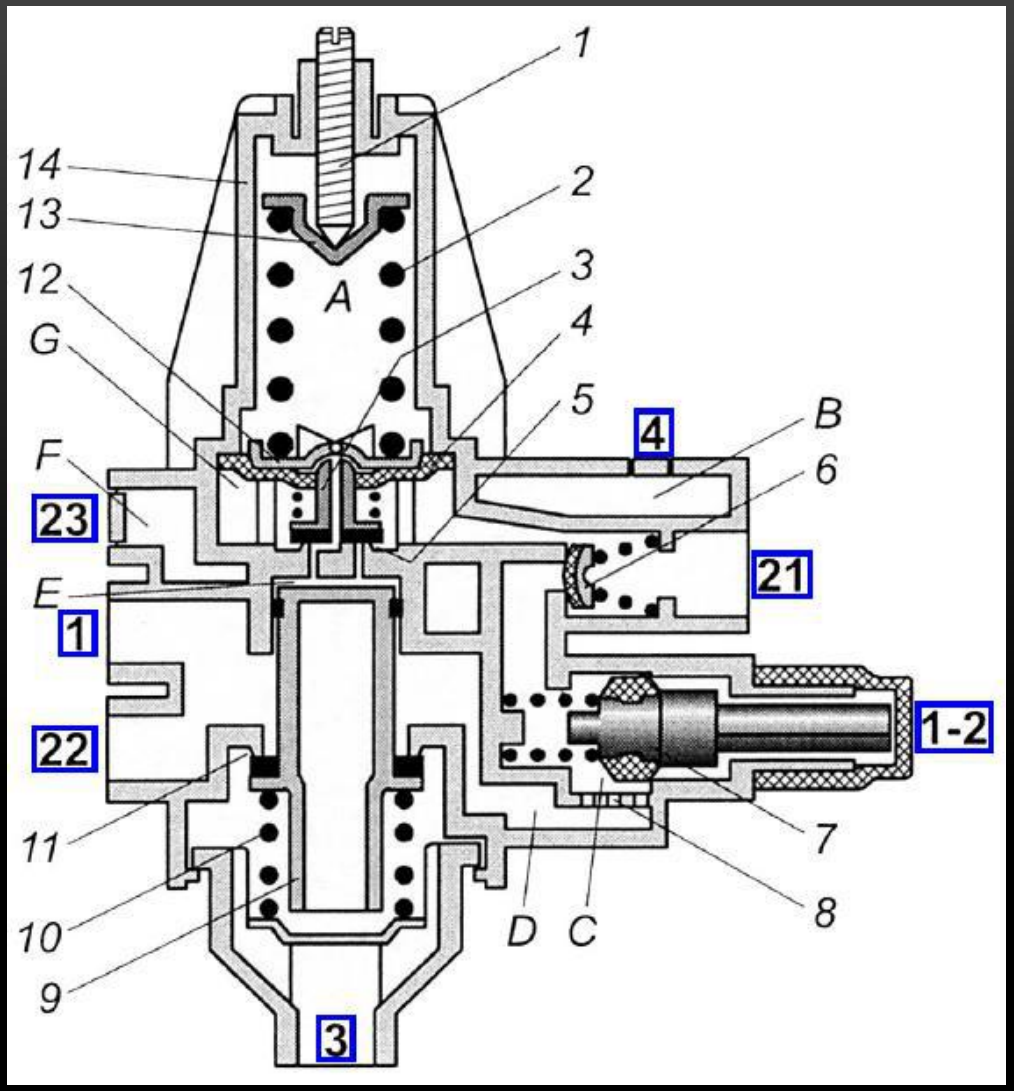
– pojemności skokowe: 50 ÷ 600 cm3,
– prędkości obrotowe: do 4000 obr/min,
– ciśnienia sprężania: 0,8 ÷ 1,7 MPa,
– pobór mocy: 1,8 ÷ 6 Kw

0 – przyłącze zewnętrzne
2 – przyłącze do instalacji

1 – głowica, 2 – górna płytka zaworowa,
3 – dolna płytka zaworowa, 4 – kadłub,
5 – tłok, 6 – sworzeń tłokowy,
7 – korbowód, 8 – wał korbowy

Mechanizmy pneumatycznego uruchamiania hamulców

Części składowe – REGULATOR CIŚNIENIA



Regulator ciśnienia

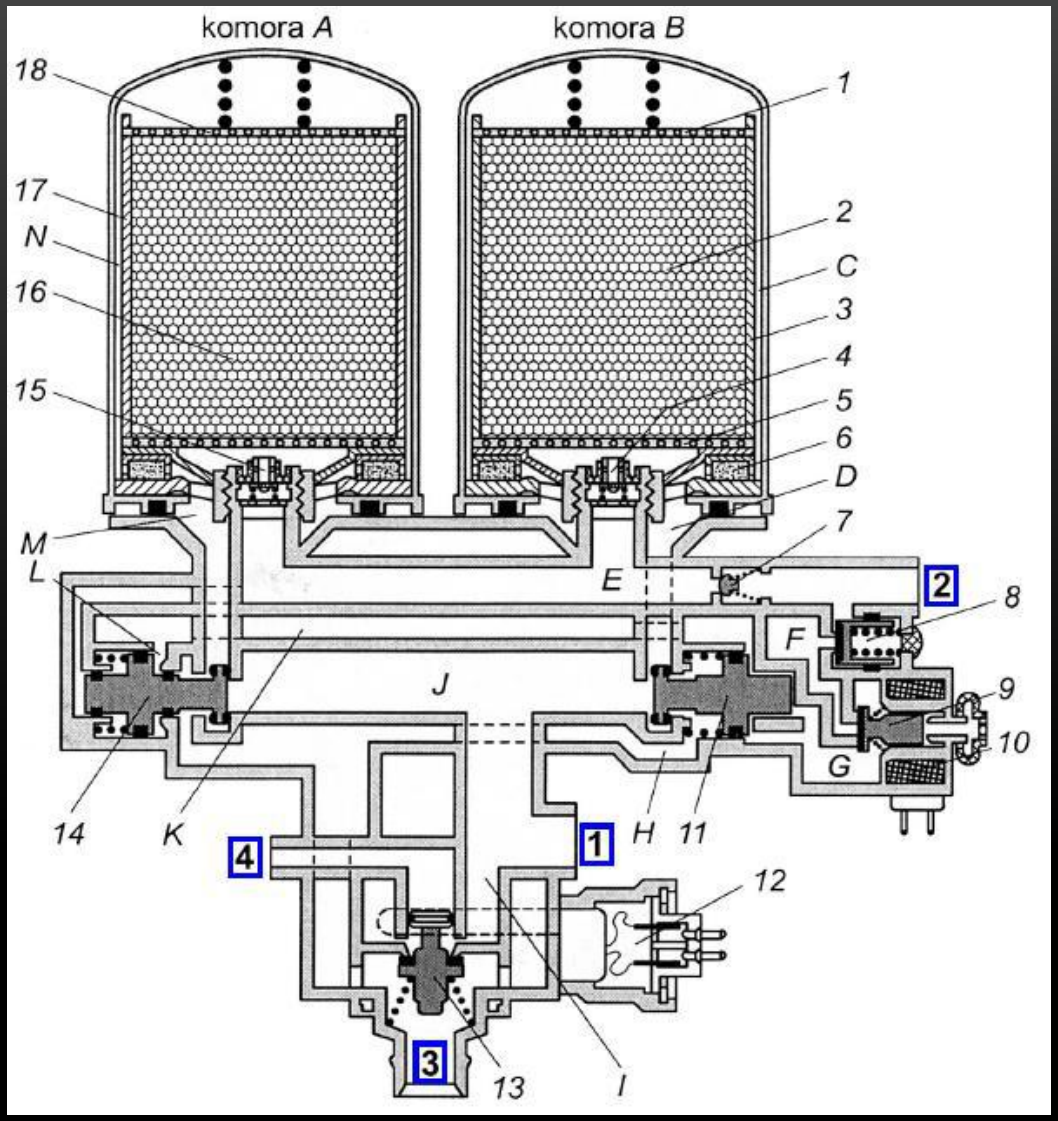
Zadanie: sterowanie włączaniem i wyłączaniem sprężarki w celu utrzymania w układzie ciśnienia w założonych granicach

1 – śruba regulacyjna,
2 – sprężyna,
3 – zaworek,
4 – membrana,
5 – przelot,
6 – zawór zwrotny,
7 – popychacz,
8 – filtr,
9 – tłok,
10 – sprężyna
11 – wylot,
12 – tłok,
13 – pierścień,
14 – korpus

1 – przyłącze ze sprężarki, **3** – odpowietrznik, **4** – przyłącze do pobierania sygnału ciśnienia wyłączania, **21, 1-2** – przyłącza zewnętrzne **22,23** – przy łącza do sterowania sprężarką i pompą odmrażającą, **4** – przyłącze do regulatora

Mechanizmy pneumatycznego uruchamiania hamulców

Części składowe – REGULATOR CIŚNIENIA



Osuszacze powietrza

- *jednokomorowe*
- *dwukomorowe (przy wydatkach > 500l/min)*

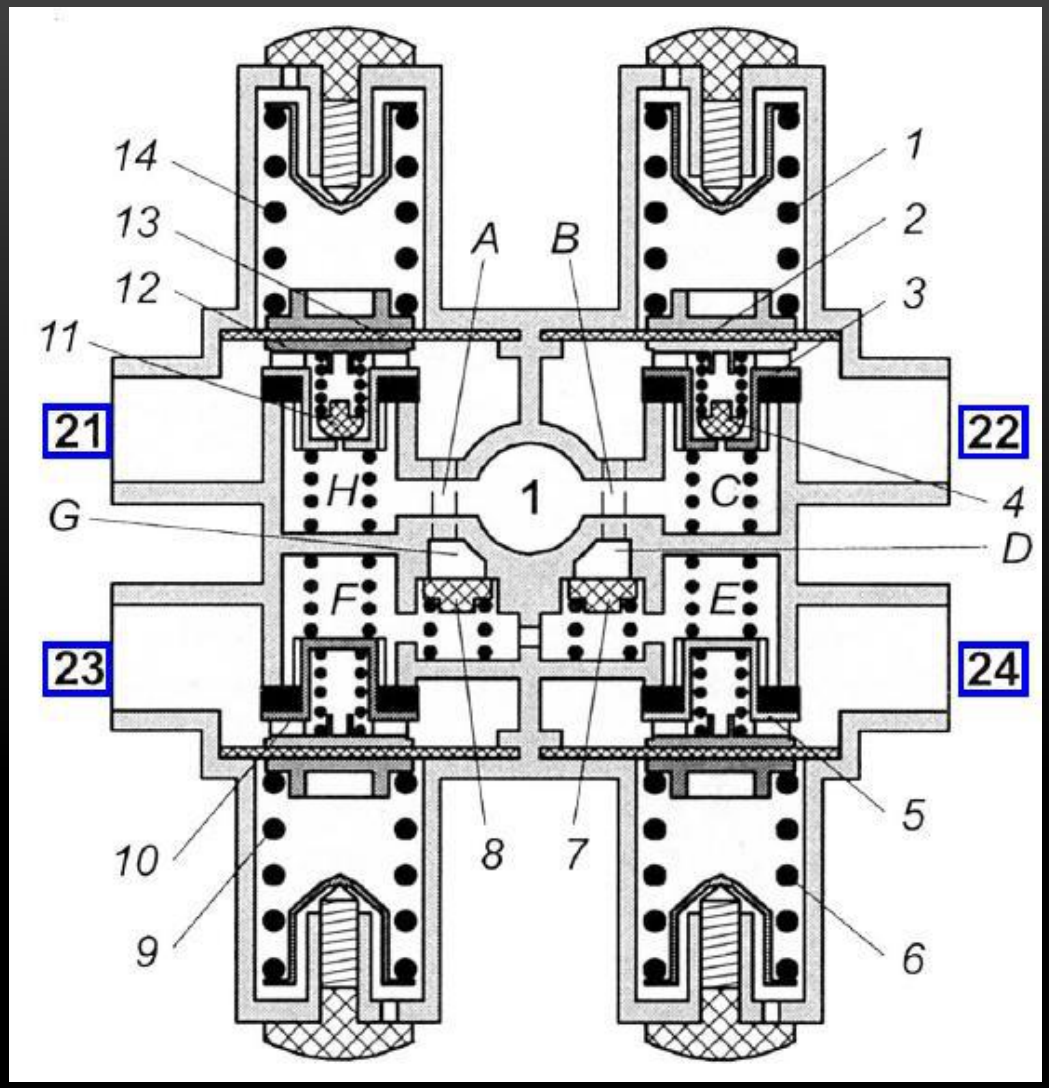
– skuteczność osuszania: do 90%,
– powierzchnia czynna granulatu:
600 ÷ 700 m2 na gram granulatu,

1 – przyłącze zewnętrzne, **2** – przyłącze do instalacji
3 – odpowietrznik, **4** – przyłącze do regulatora

1,18 – perforowane pokrywy komór,
2,16 – granulat (zeolit – ceramika glinokrzemianowa),
3,17 – siatka zabezpieczająca,
4, 15 – zawory zwrotne,
5 – perforowana pokrywa dolna,
6 – filtr włókninowy,
7 – zawór zwrotny,
8 – zawór przepływowy,
9,10 – zawór elektromagnetyczny,
11,14 – zawory sterujące komór
12 – grzałka,
13 – zawór zwrotny

Mechanizmy pneumatycznego uruchamiania hamulców

Części składowe – ZAWÓR ZABEZPIECZAJĄCY



Zawór zabezpieczający

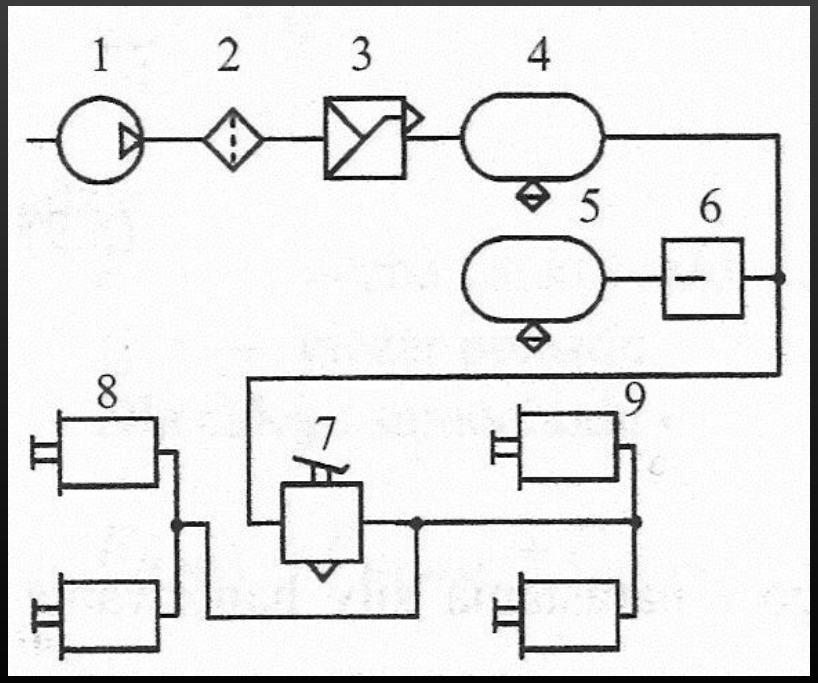
Zadanie: rozdzielanie powietrza do obwodów i zapewnienie odpowiedniego ciśnienia w obwodach sprawnych w przypadku uszkodzenia któregoś z pozostałych obwodów

21, 22 – przyłącza obwodów I i II (główne obwody hamulcowe)
23 – przyłącze obwodu III (hamulec awaryjny i postojowy, przyczepa)
24 – przyłącze obwodu IV (inne urządzenia – np. zawieszenie, drzwi itp)

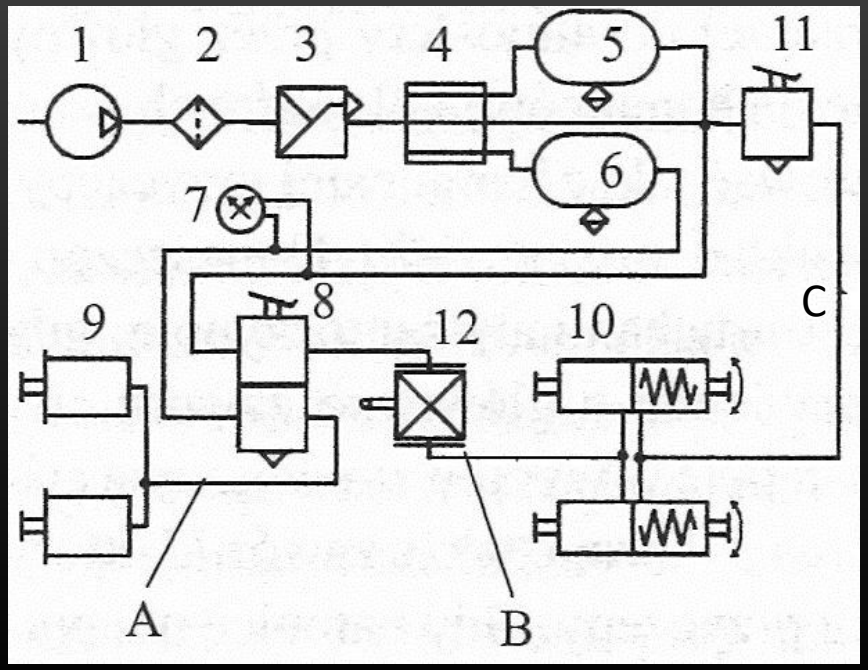
1, 6, 9, 14 – sprężyny,
2, 13 – membrany,
3, 5, 10, 12 – zawory,
4, 11– zawory zwrotne kanału obejściowego,
7, 8 – zawory zwrotne

Mechanizmy pneumatycznego uruchamiania hamulców

Układy jednoobwodowe



Układy dwuobwodowe

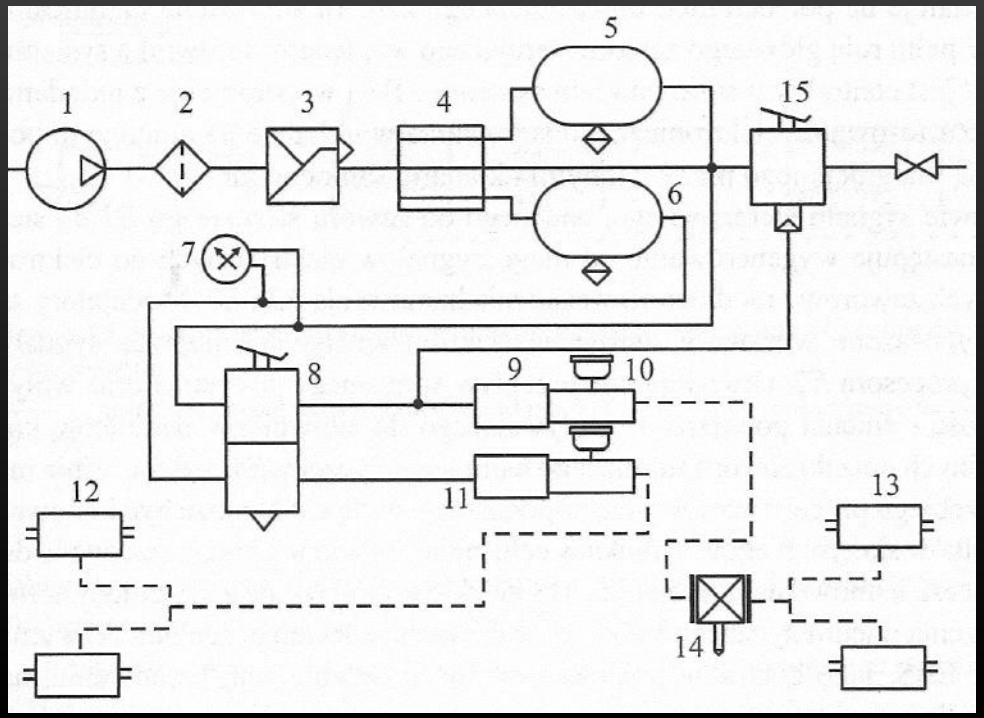


A- obwód hamowania kół przednich
B- obwód hamowania kół tylnych
C- obwód hamulca postojowego

Hydropneumatyczne mechanizmy uruchamiające hamulce

Jest to połączenie układu hydraulicznego i pneumatycznego.

ZALETA – niewielki wysiłek kierowcy związany z uruchamianiem hamulców (poprzez instalację pneumatyczną)

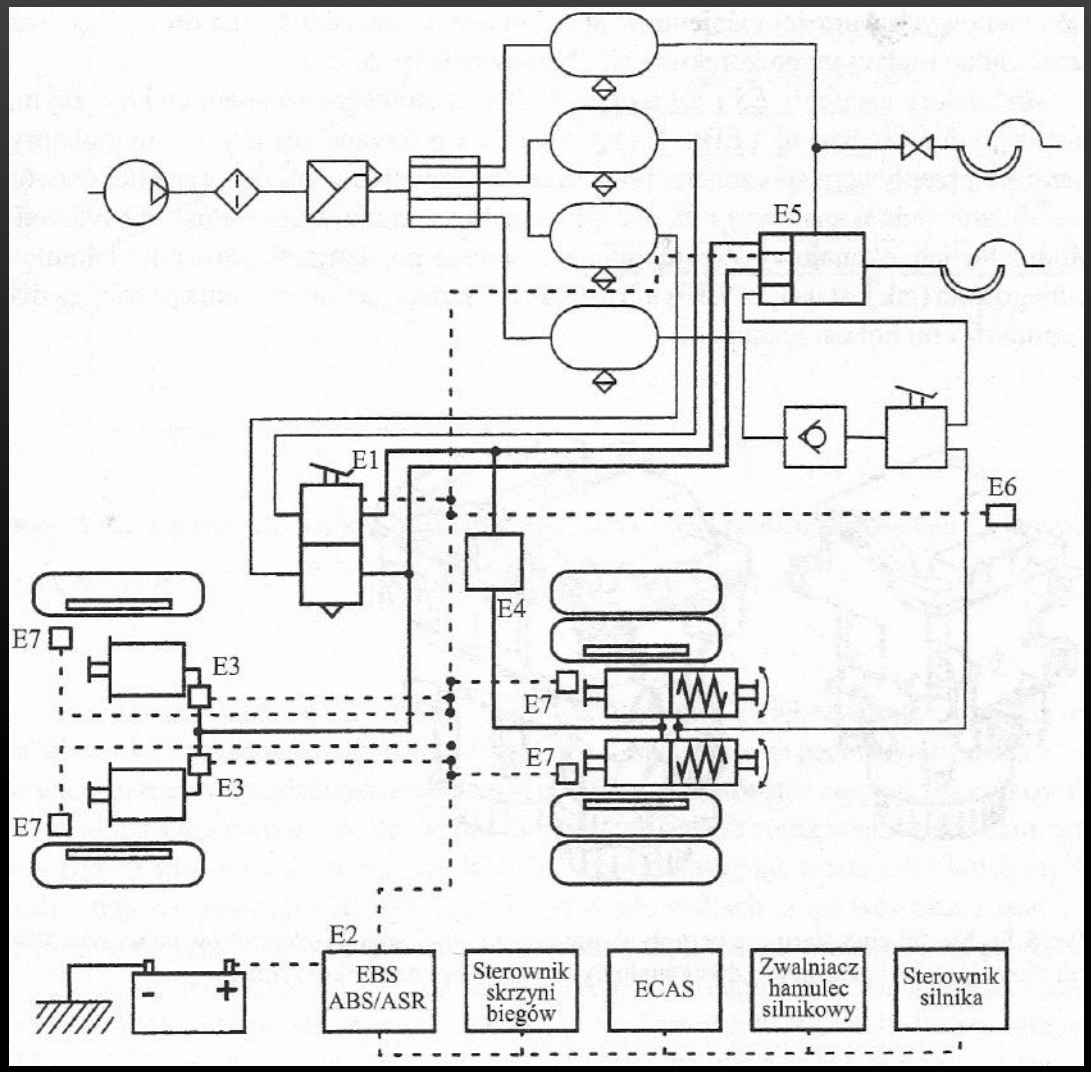


1- sprężarka, 2- filtr powietrza, 3- regulator ciśnienia, 4- czteroobwodowy zawór zabezpieczający, 5,6- zbiorniki sprężonego powietrza do obu obwodów hamowania, 7- manometr dwuzakresowy, 8- główny zawór sterujący przepływem sprężonego powietrza do siłowników 9 i 11, 9,11- siłowniki pneumatyczne oddziałujące na pompy hamulcowe układu hydraulicznego, 10- pompy hamulcowe obwodu kół przednich i tylnych, 12,13- rozpieracze lub siłowniki hydrauliczne mechanizmów hamulcowych odpowiednio kół przednich i tylnych, 14- korektor ciśnienia hamowania w obwodzie kół tylnych, 15- zawór sterujący hamulcami przyczepy

Elektropneumatyczne mechanizmy uruchamiające hamulce (EBS)

Wykorzystuje się typowe instalacje pneumatyczne rozbudowane o elementy elektroniczne.

Zastosowanie układu EBS skraca czas zadziałania hamulców, co ma decydujący wpływ na bezpieczeństwo ruchu.



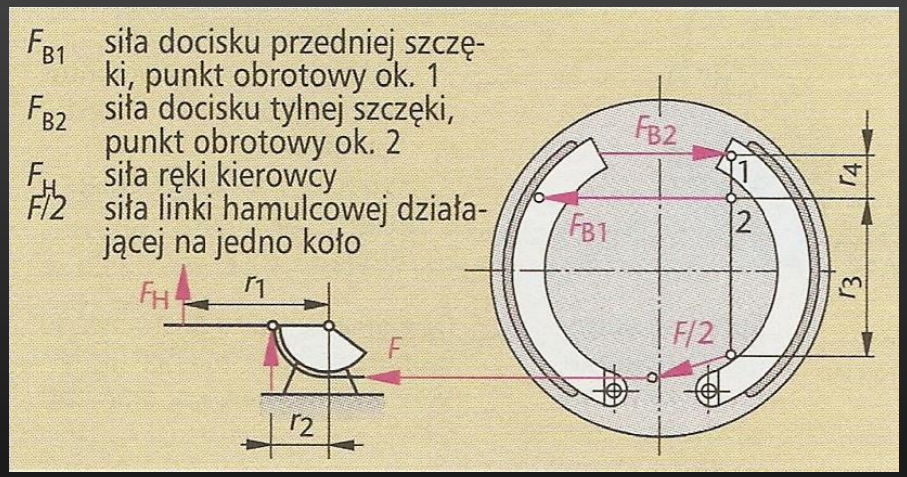
——— - instalacja pneumatyczna

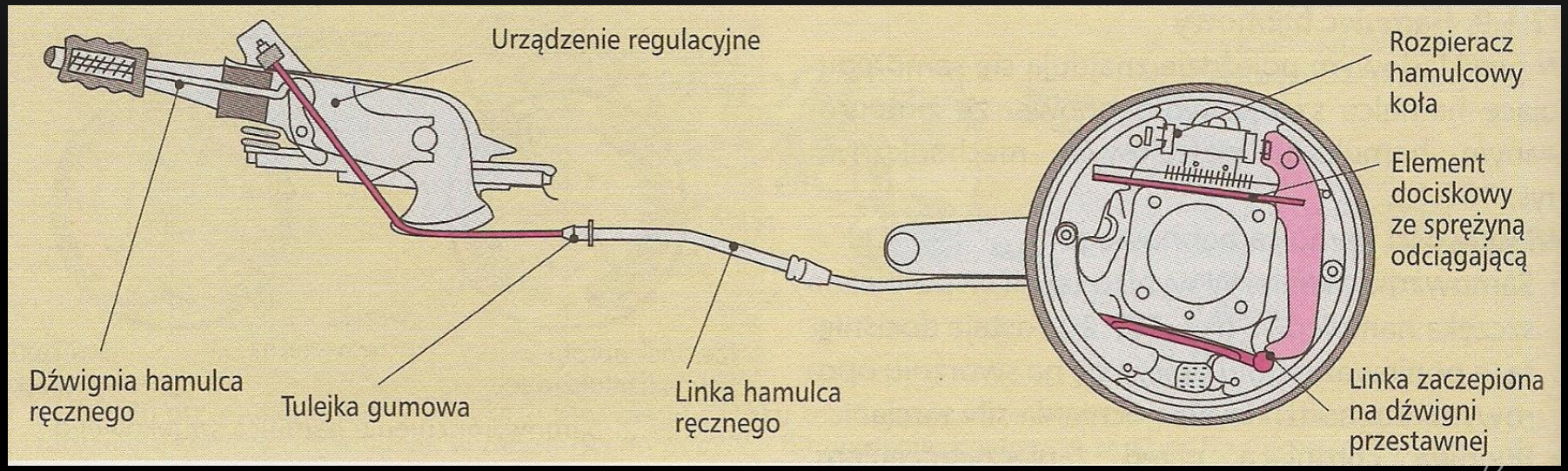
- - - - - - - - - - połączenia elektryczne (magistrala sterowania CAN)

E1 do E7 – elementy sterujące, czujniki i zawory

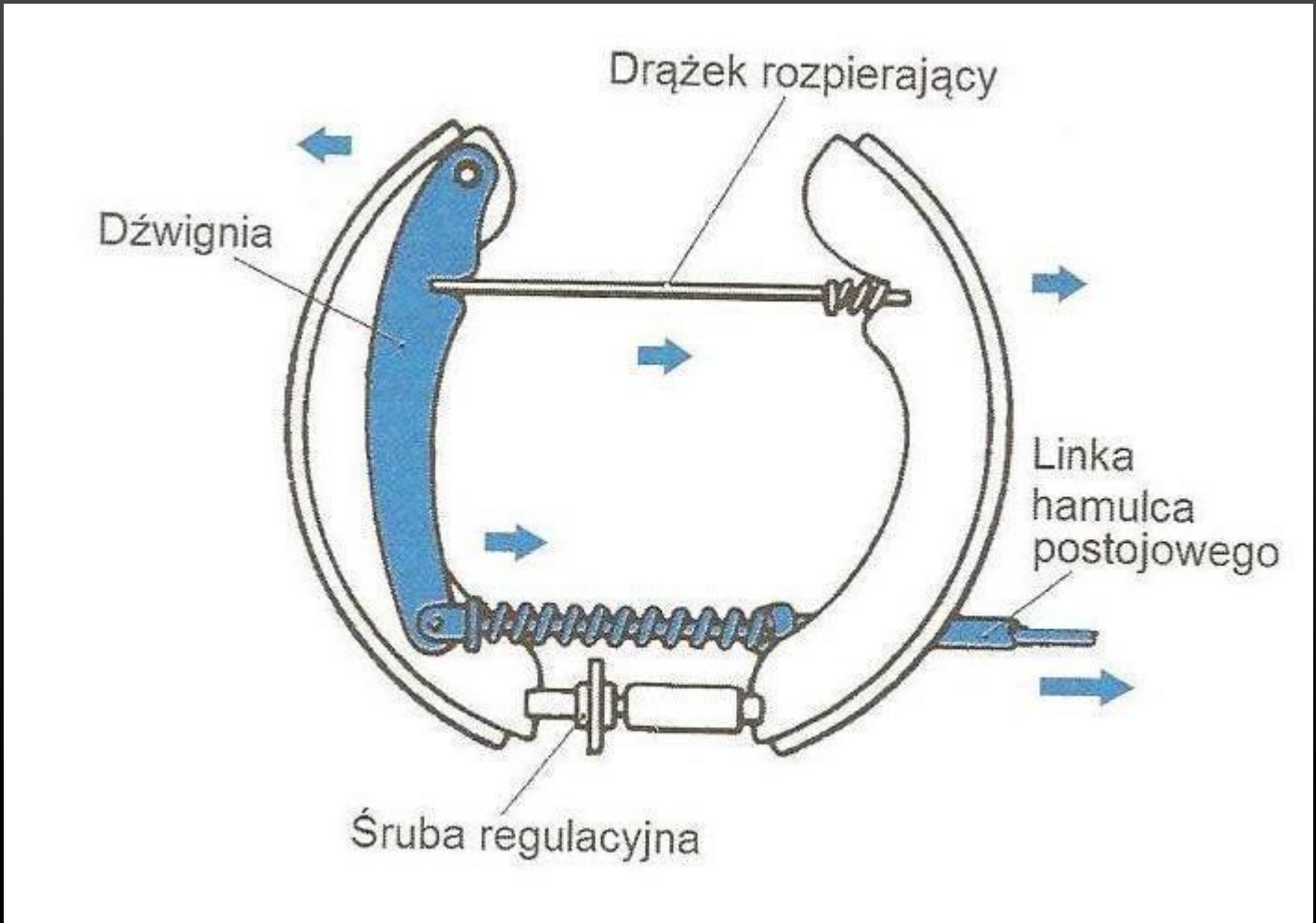
Mechanizmy uruchamiające hamulce postojowy

Hamulca postojowego używa się głównie podczas parkowania pojazdu- działając najczęściej na tylne koła.

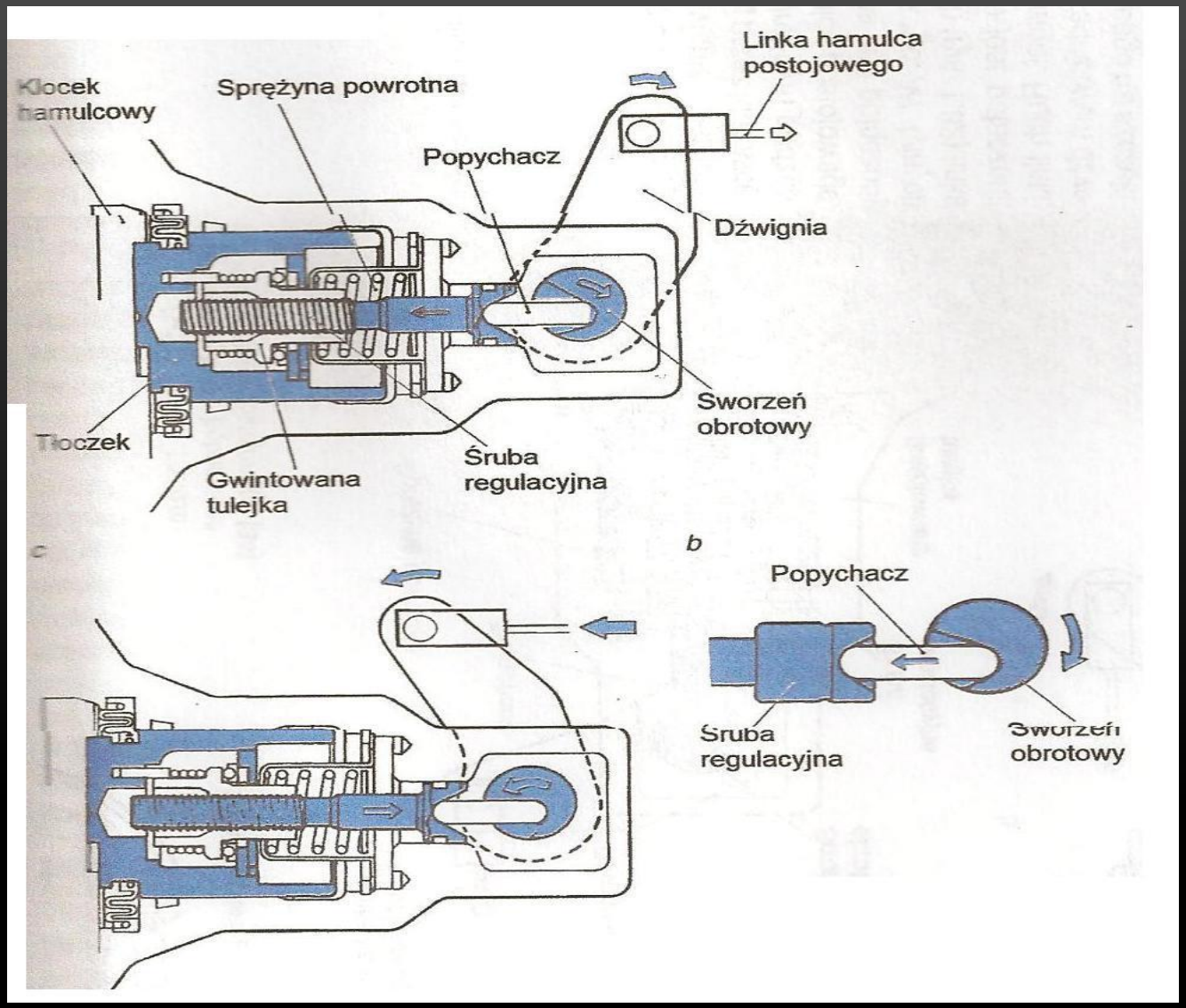




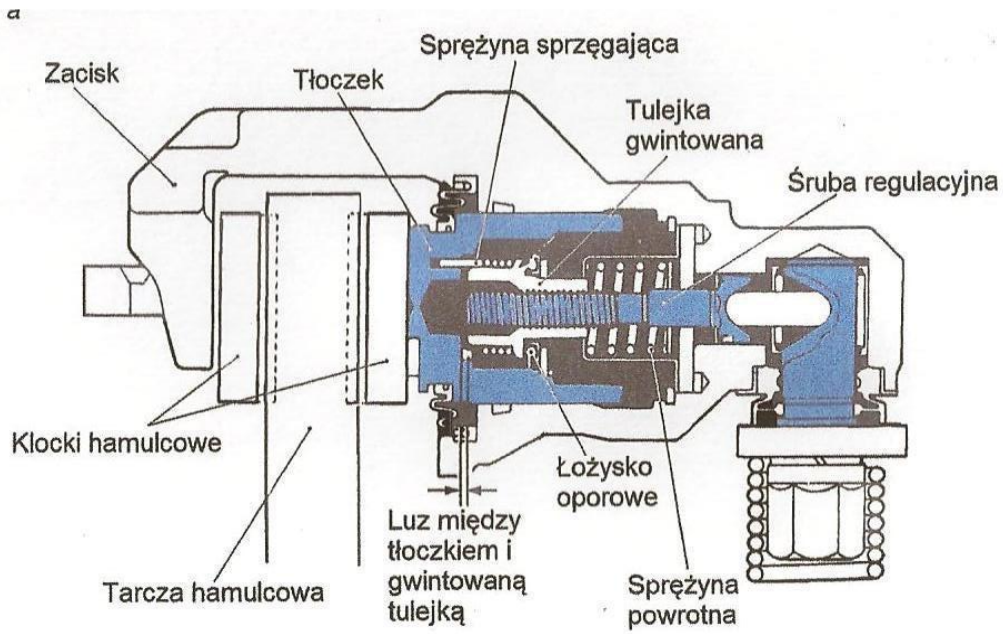
Mechanizm hamulca bębnowego

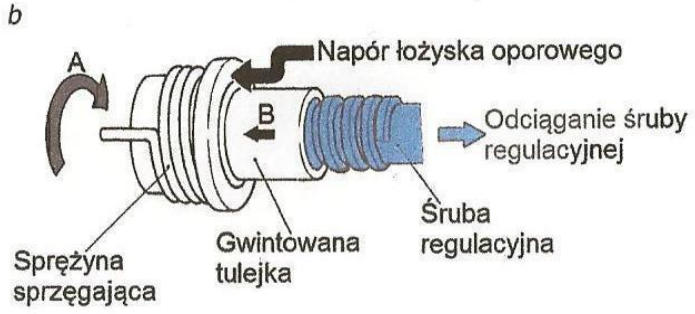


Mechanizm hamulca tarczowego



Automatyczna regulacja skoku jałowego hamulca tarczowego

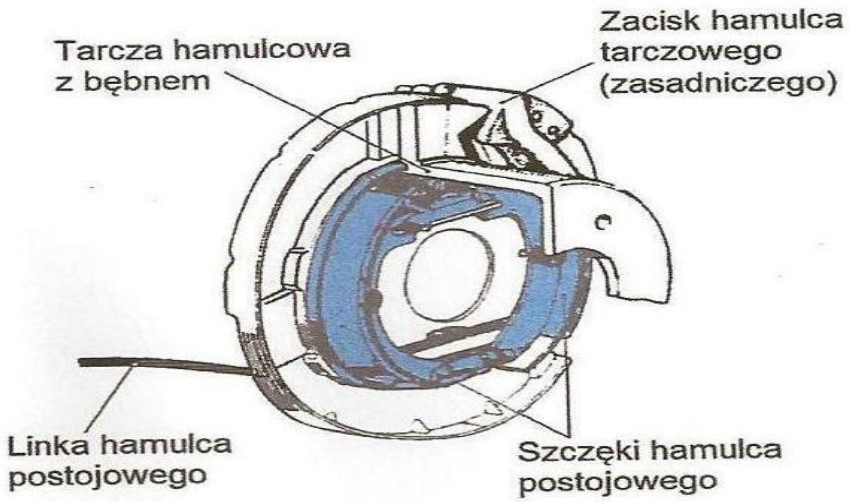




Automatyczna regulacja skoku jałowego tarczowego hamulca postojowego

a – budowa mechanizmu, *b* – działanie gwintowanej tulejki ze sprężyną sprzęgającą

Niezależny mechanizm bębnowy hamulca postojowego wewnątrz tarczy

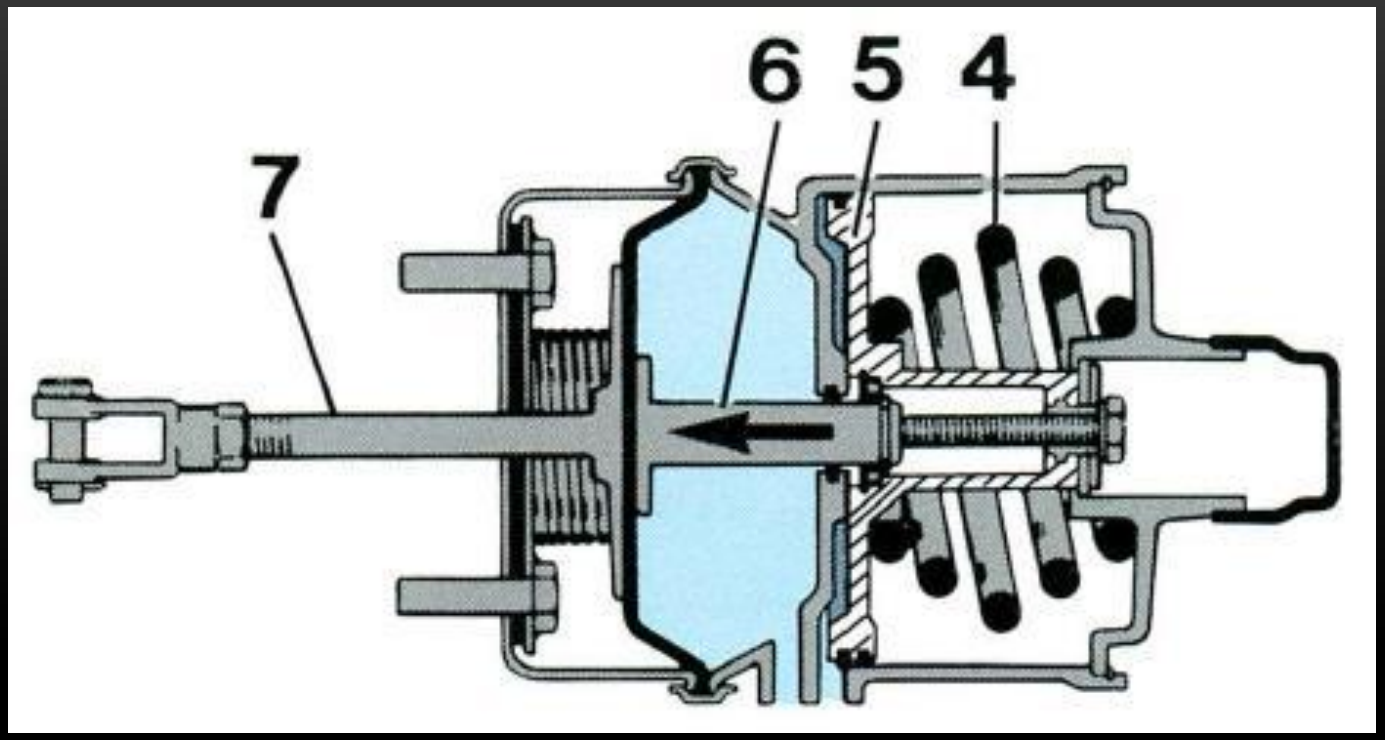


Rys. 1.85. Niezależny mechanizm bębnowy hamulca postojowego umieszczony wewnątrz tarczy hamulca zasadniczego [34]

1 – zacisk hamulcowy, *2* – tarcza hamulca zasadniczego, *3* – bęben hamulca postojowego

Hamulec postojowy sterowany pneumatycznie

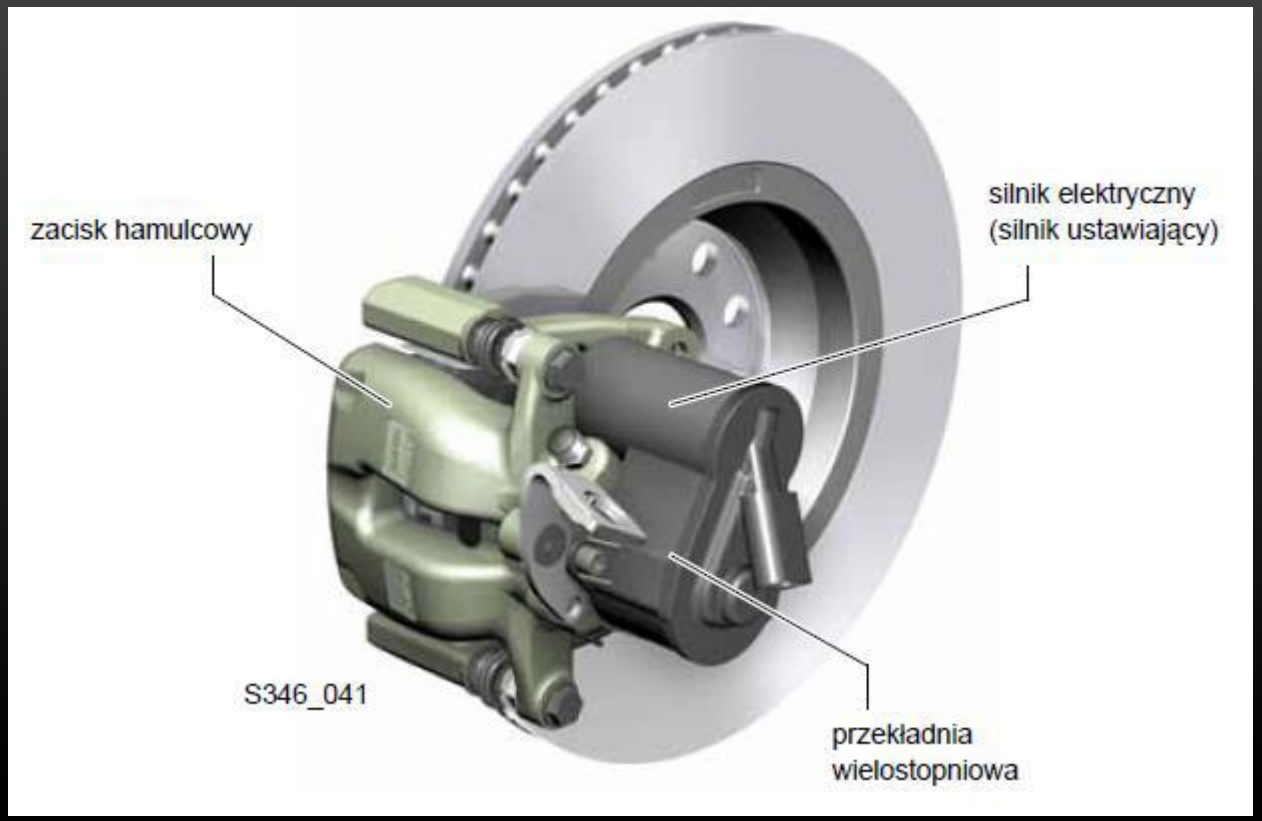
W pneumatycznych układach hamulcowych funkcję hamulca postojowego spełniają hamulce wyposażone w siłowniki membranowo-sprężynowe. Zwykle są to koła osi tylnych ciągników siodłowych, oraz hamulce kół naczepy.



7- popychacz membrany, 6- popychacz tłoka, 5- tłok, 4- sprężyna hamująca

Hamulec postojowy sterowany elektronicznie

Coraz częściej stosuje się hamulec postojowy sterowany elektronicznie, którego uruchomienie i zwolnienie może odbywać się ręcznie, lub automatycznie.



Dodatkowe funkcje hamulca:

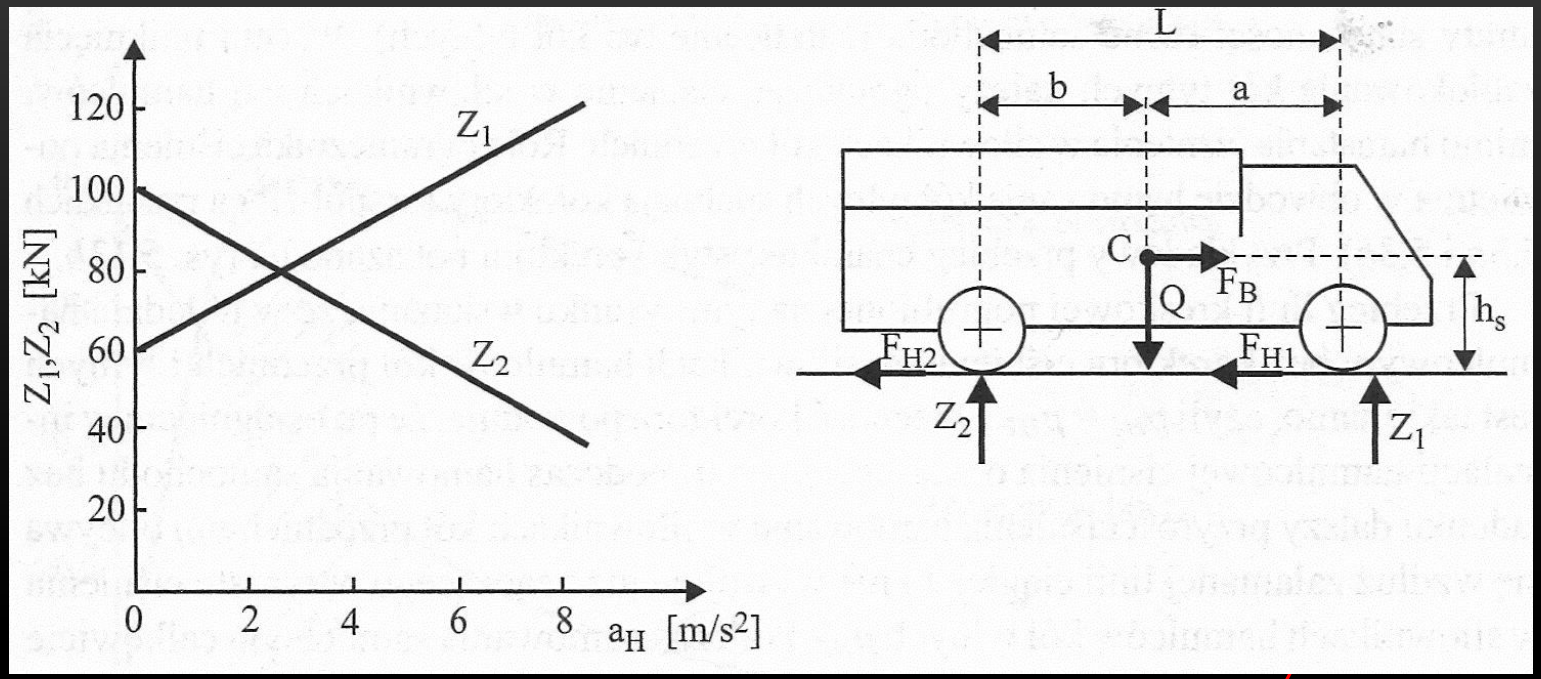
Mechanizm uruchamiający:

- silnik elektryczny poruszający linką
- silnik elektryczny montowany bezpośrednio na zaciskach hamulcowych tylnych kół

Układy rozdzielające siły hamowania

W zależności od rodzaju pojazdu układ hamulcowy powinien zapewnić różne siły hamowania na kołach przedniej i tylnej osi.

W tym celu stosuje się korektory siły hamowania różnicujące automatycznie ciśnienie w obwodzie hamulcowym przednich i tylnych kół w zależności od obciążenia danej osi i współczynnika opóźnienia hamowania.



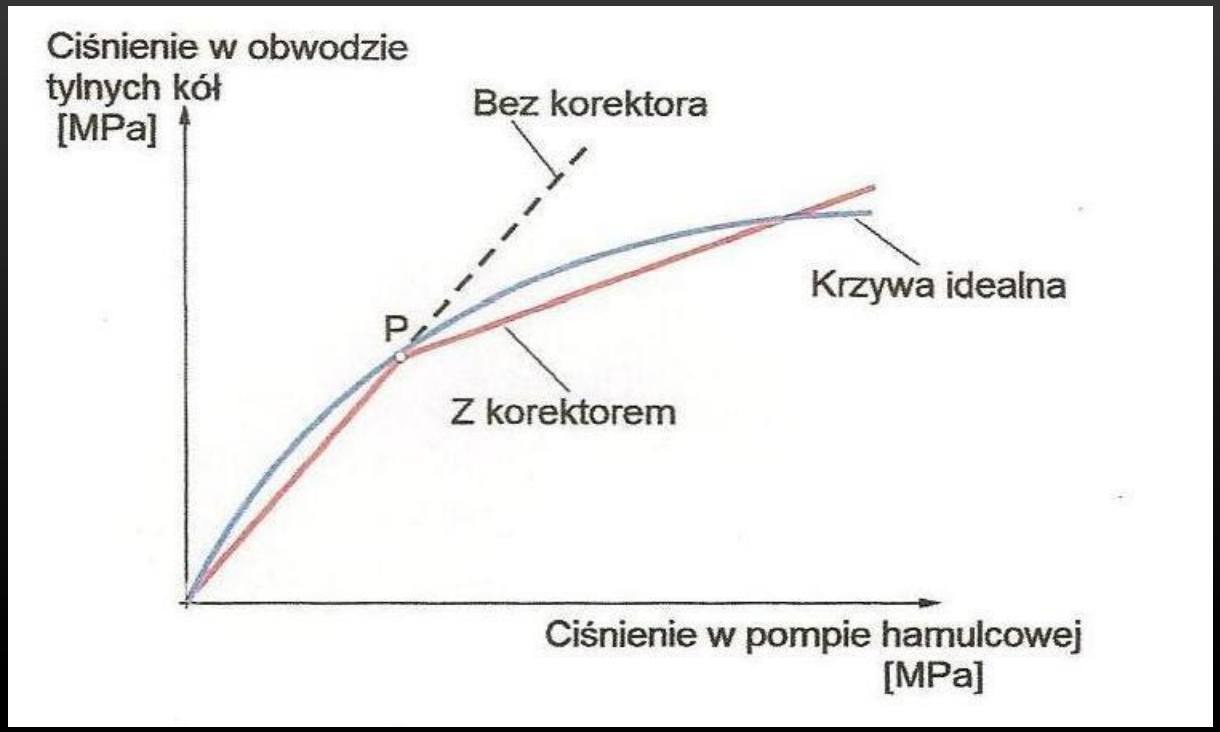
$$Z_1 = Q\frac{b}{L}\left(1 + \frac{a_H h_s}{gb}\right)$$

$$Z_2 = Q\frac{a}{L}\left(1 - \frac{a_H h_s}{ga}\right)$$

Rodzaje korektorów siły hamowania

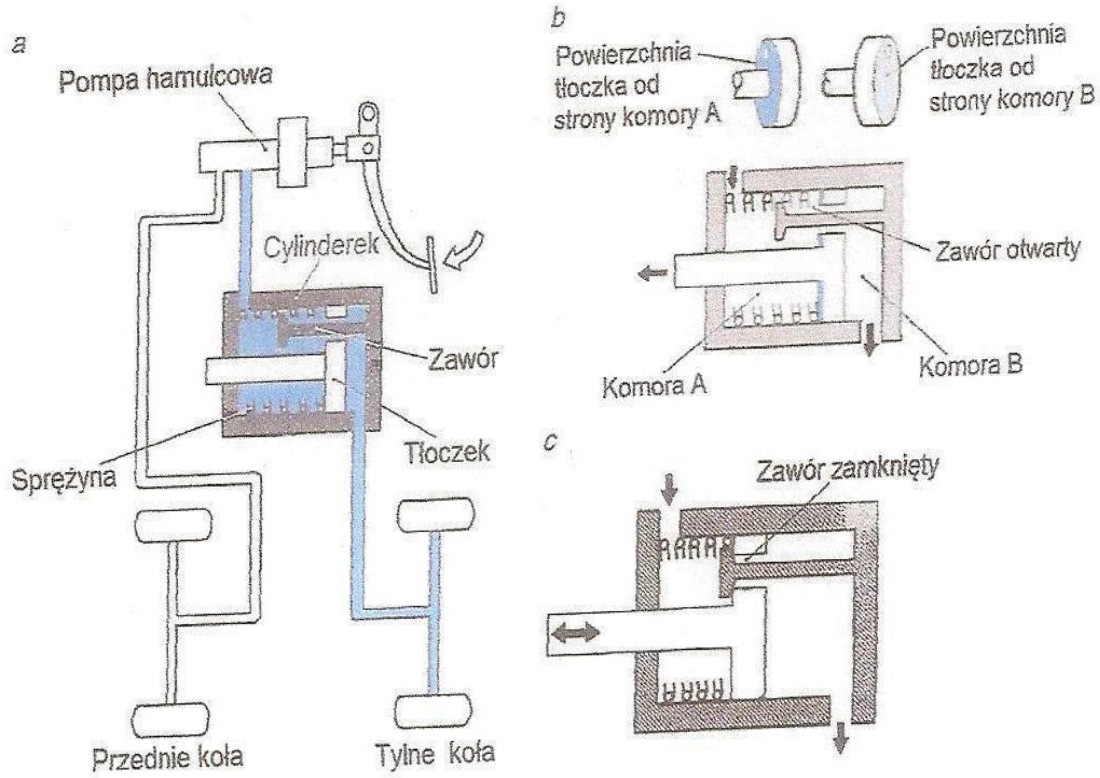
Rodzaje korektorów:

- korektor siły hamowania o stałym ustawieniu
- korektor zależny od obciążenia osi
- korektor zależny od opóźnienia hamowania
- ogranicznik siły hamowania



Korektorów siły hamowania nie stosuje się w pojazdach wyposażonych w układ ABS – poza 2-kanałowym.

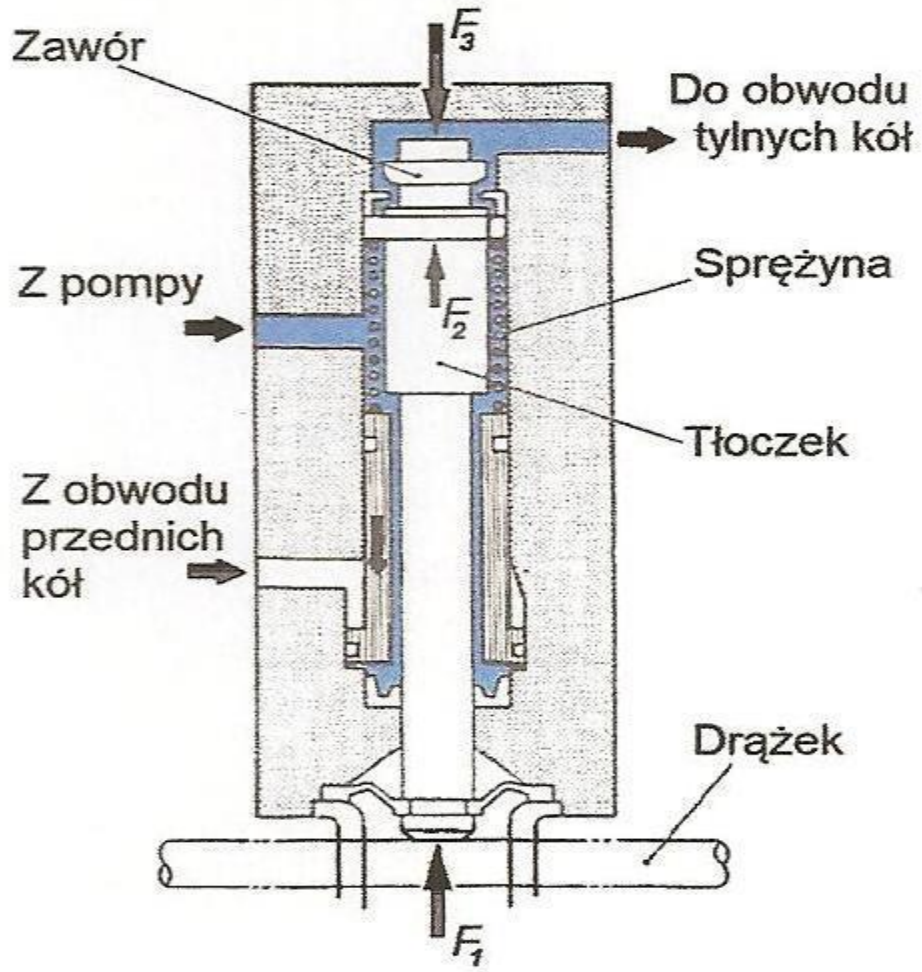
Schematy korektorów siły hamowania



Zasada działania korektora siły hamowania o stałym ustawieniu

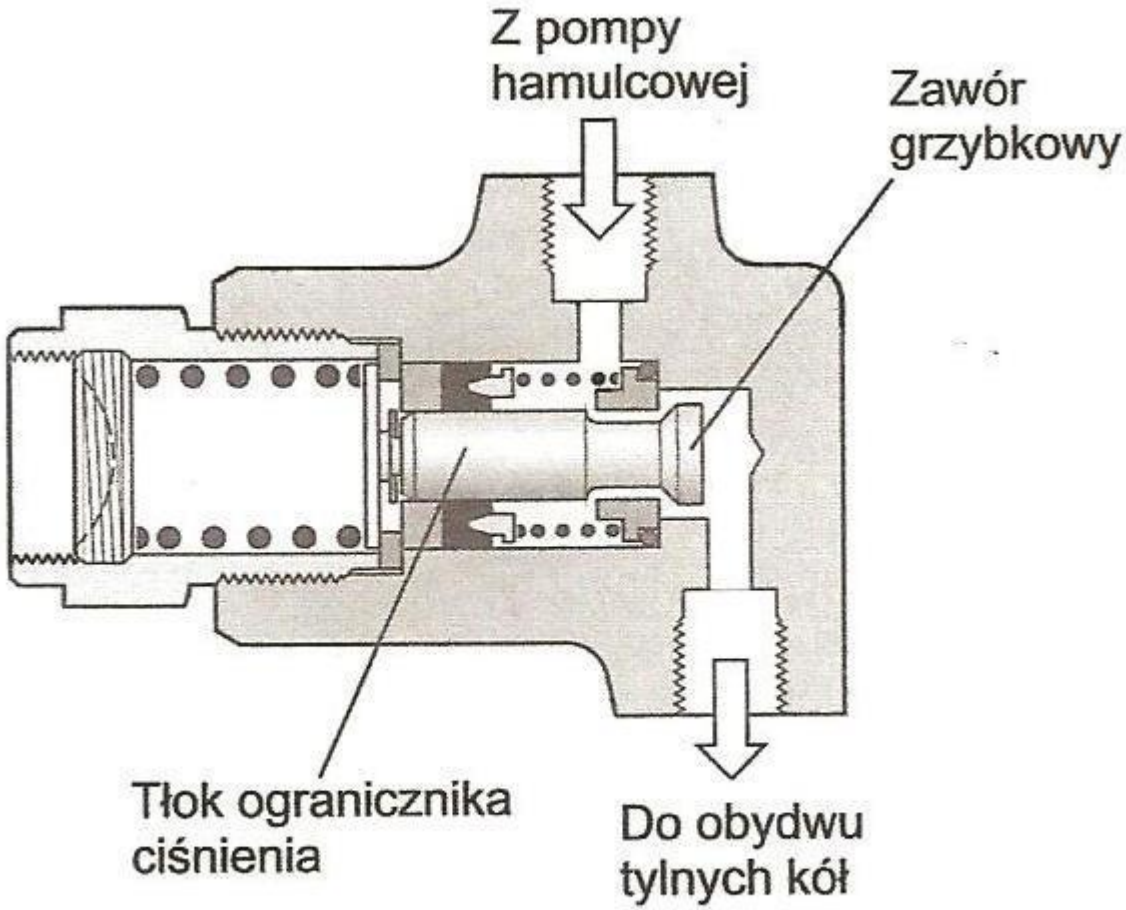
a – usytuowanie korektora w układzie hamulcowym, b – działanie korektora przy małym ciśnieniu płynu hamulcowego, c – działanie korektora przy dużym ciśnieniu płynu hamulcowego

Schematy korektorów siły hamowania



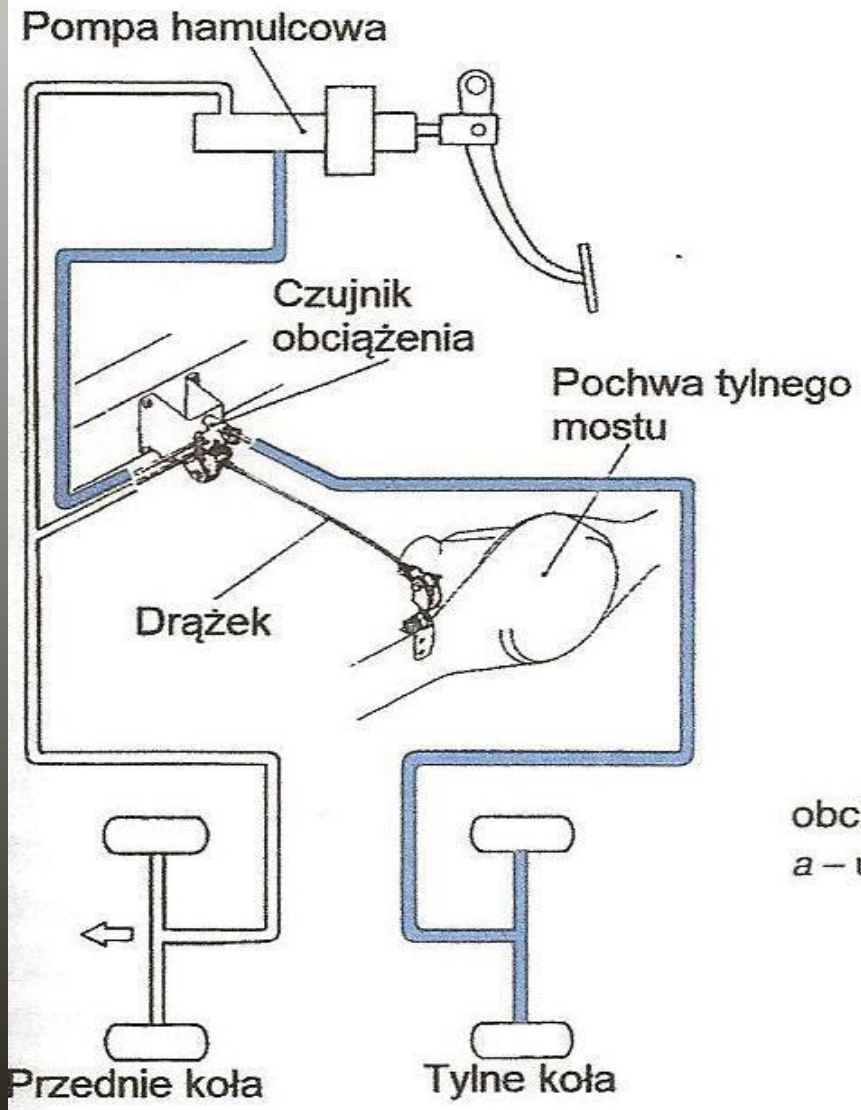
Działanie korektora sił hamowania zależnego od obciążenia osi

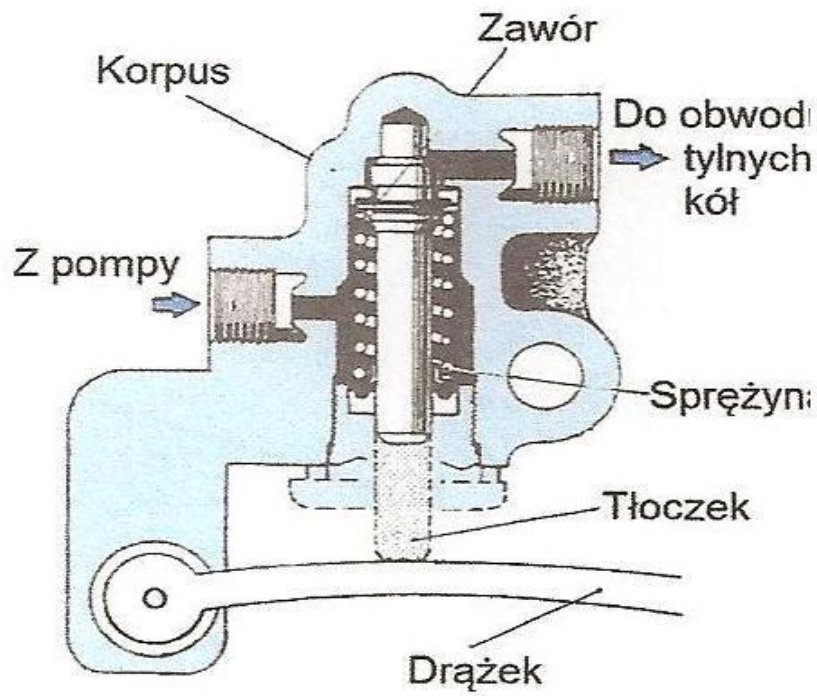
Schematy korektorów siły hamowania



Rys. 1.99. Ogranicznik siły hamowania [5]

Schematy korektorów siły hamowania

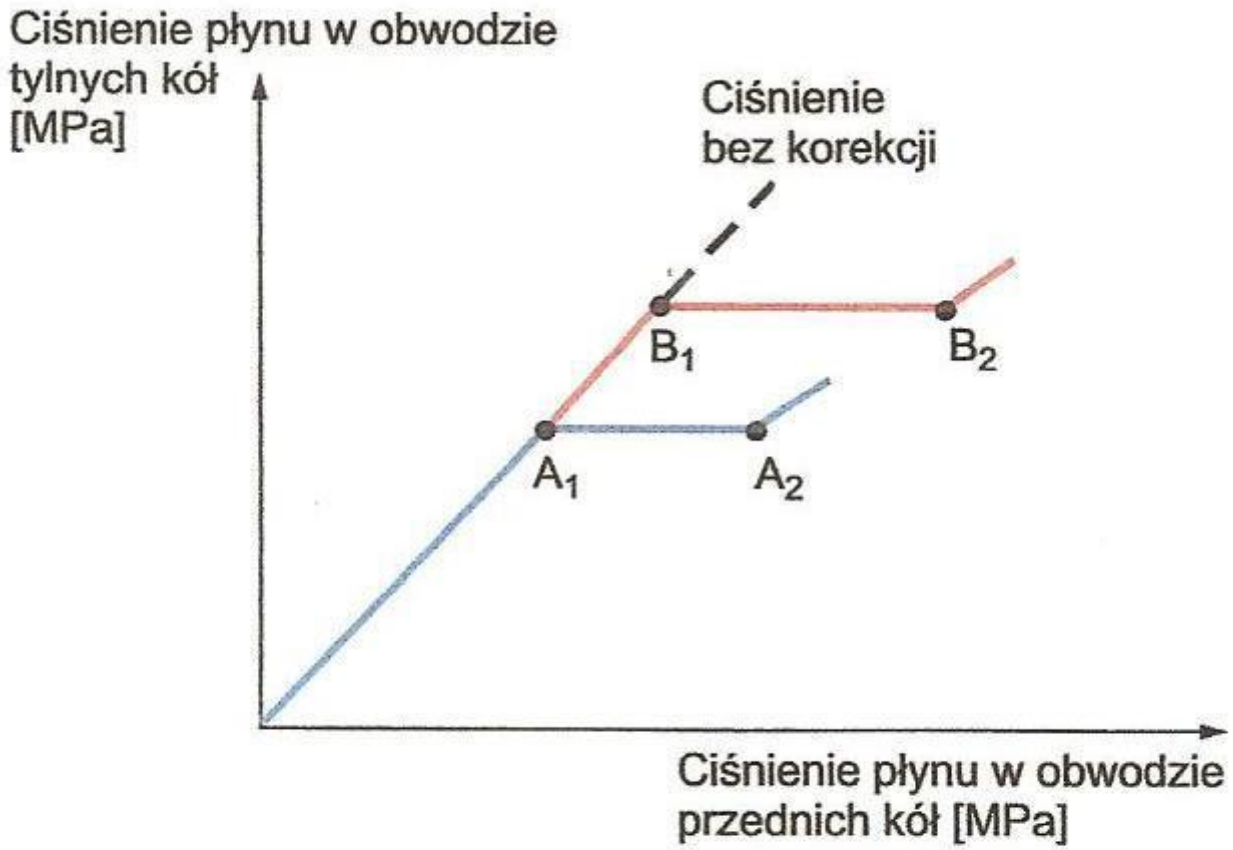




Korektor siły hamowania zależny od obciążenia osi

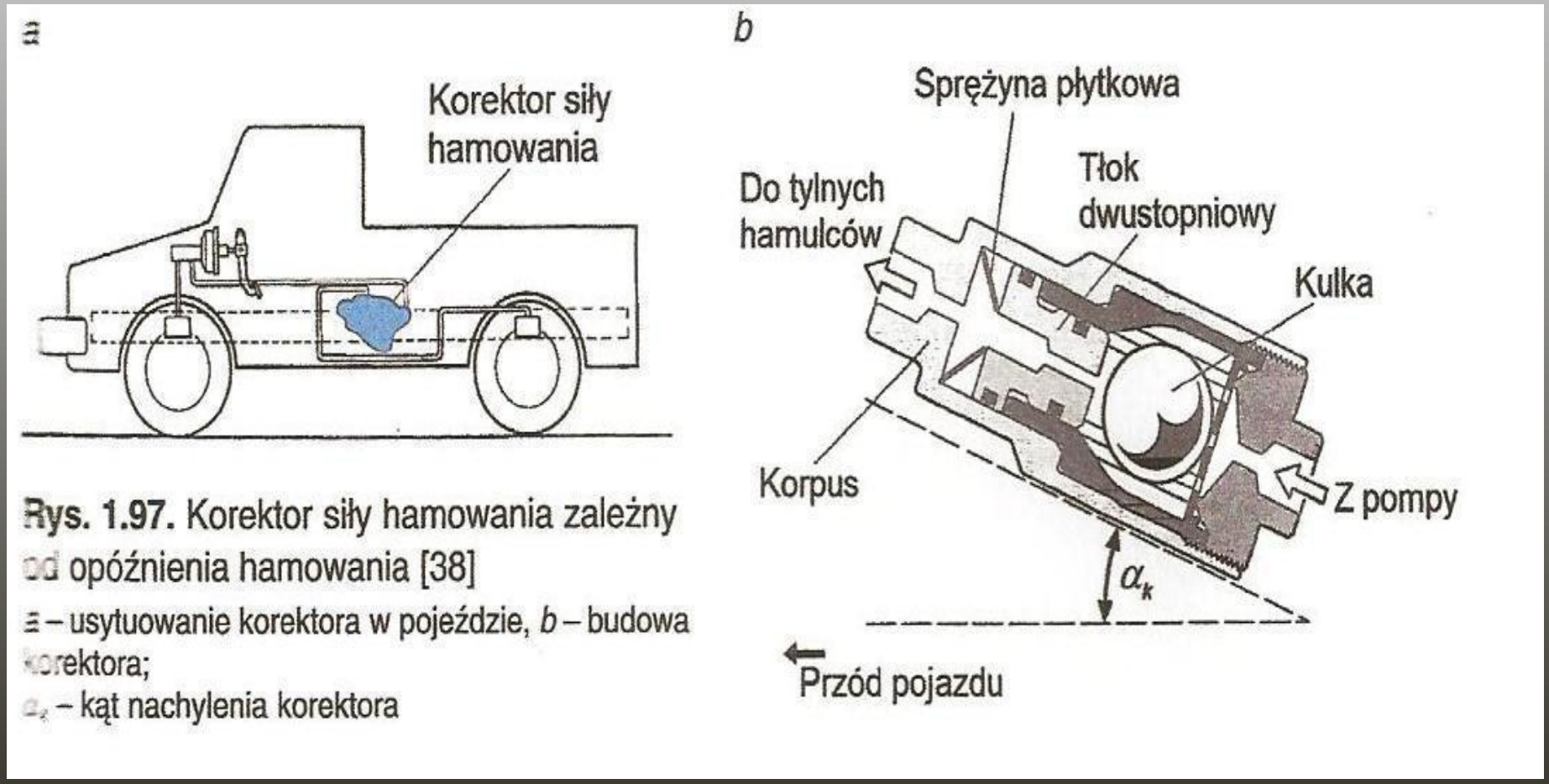
a – usytuowanie korektora, *b* – budowa korektora

Schematy korektorów siły hamowania



Wykres zmiany ciśnienia płynu hamulcowego w obwodzie tylnych hamulców z korektorem siły hamowania zależnym od opóźnienia hamowania

Schematy korektorów siły hamowania

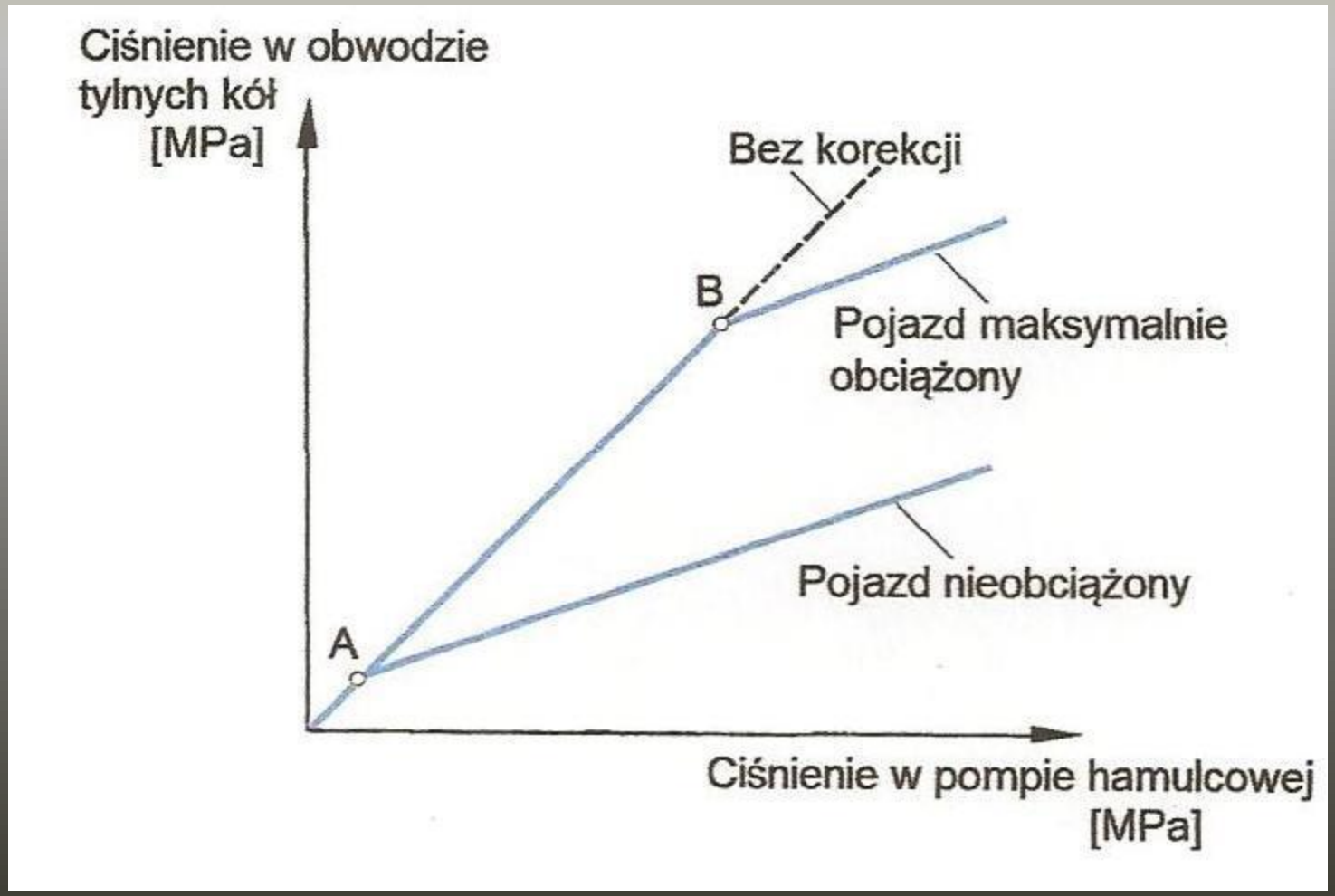


Rys. 1.97. Korektor siły hamowania zależny od opóźnienia hamowania [38]

a – usytuowanie korektora w pojeździe, *b* – budowa korektora;

α_k – kąt nachylenia korektora

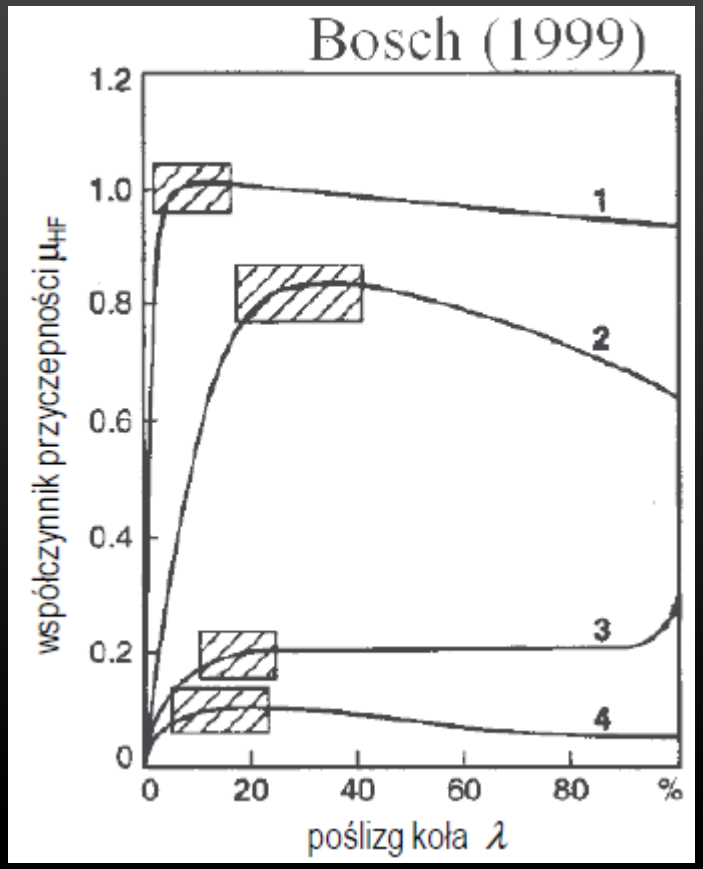
Schematy korektorów siły hamowania



Układ ABS

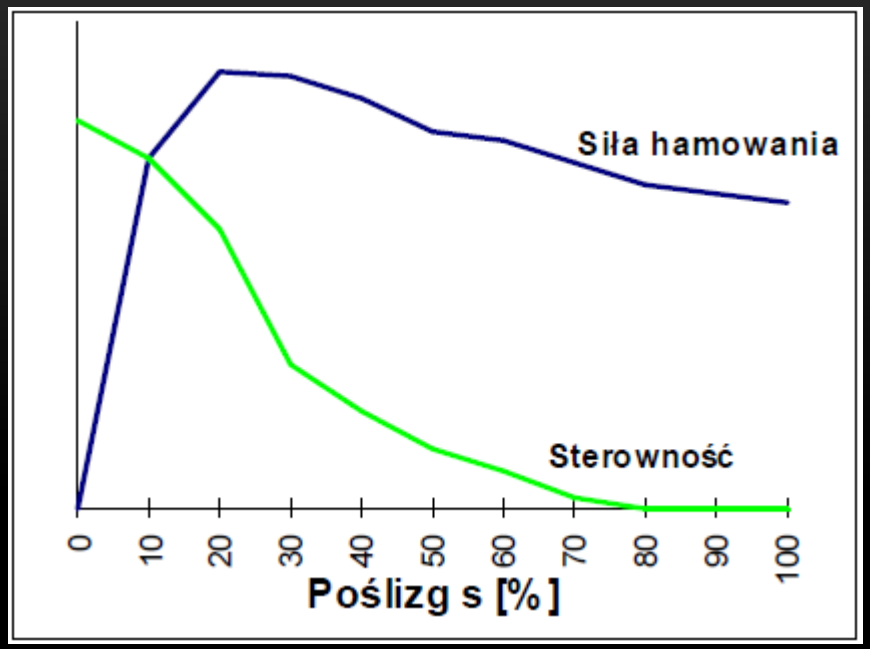
Układ ABS

Układ ABS to układ przeciwblokujący (Anti Brakes System) co pozwala na zachowanie kierowalności i wykonanie manewru ominięcia przeszkody.



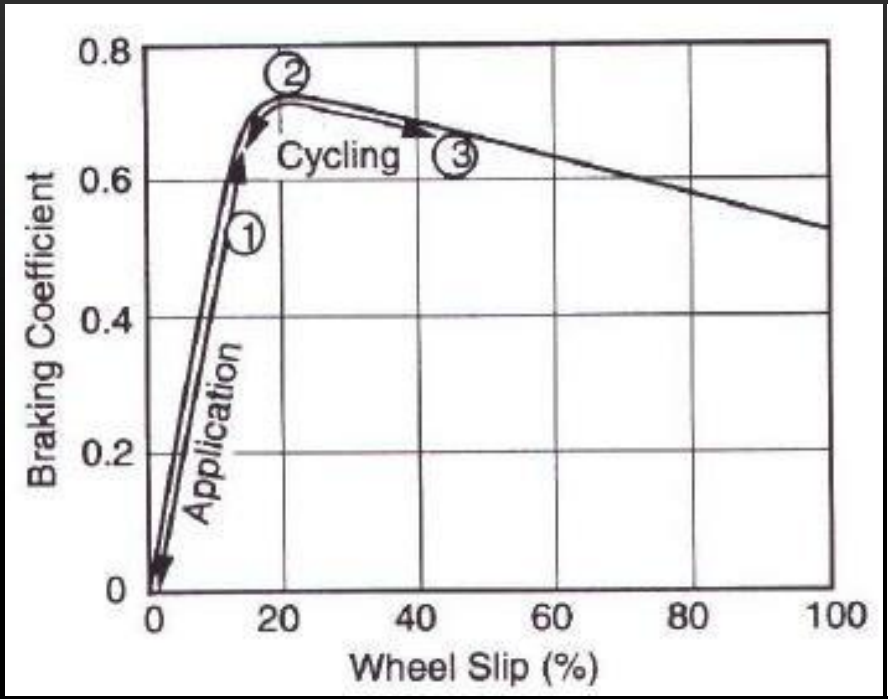
1- opona radialna na suchym betonie
2- zimowa opona diagonalna na mokrym asfalcie
3- opona radialna na luźnym śniegu
4- opona radialna na mokrym czarnym lodzie

Podczas hamowania układ ABS reguluje prędkość koła, tak aby uzyskać poślizg w zakresie 10 - 30 %. Pozwala to na utrzymanie kierowalności i skrócenie drogi hamowania.

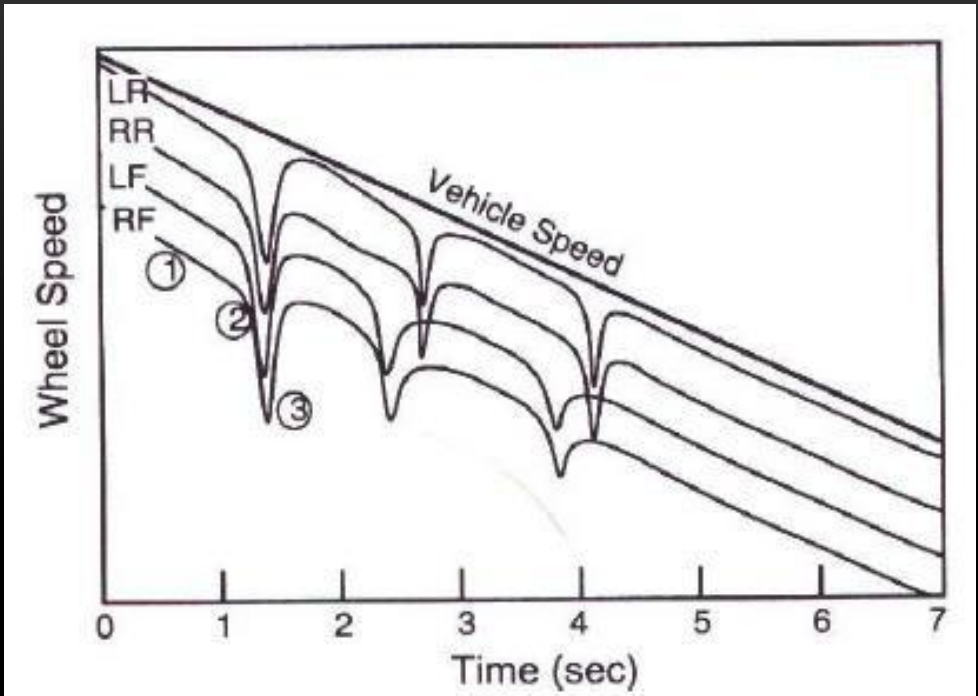


Układ ABS

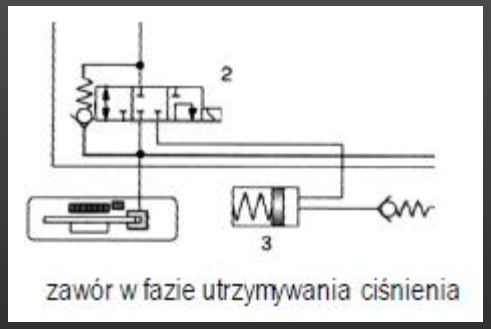
Praca układu ABS w celu utrzymania procesu hamowania w piku współczynnika przyczepności:

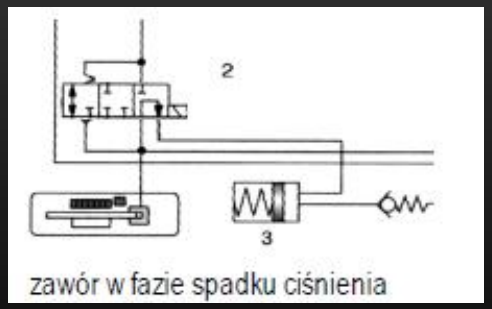


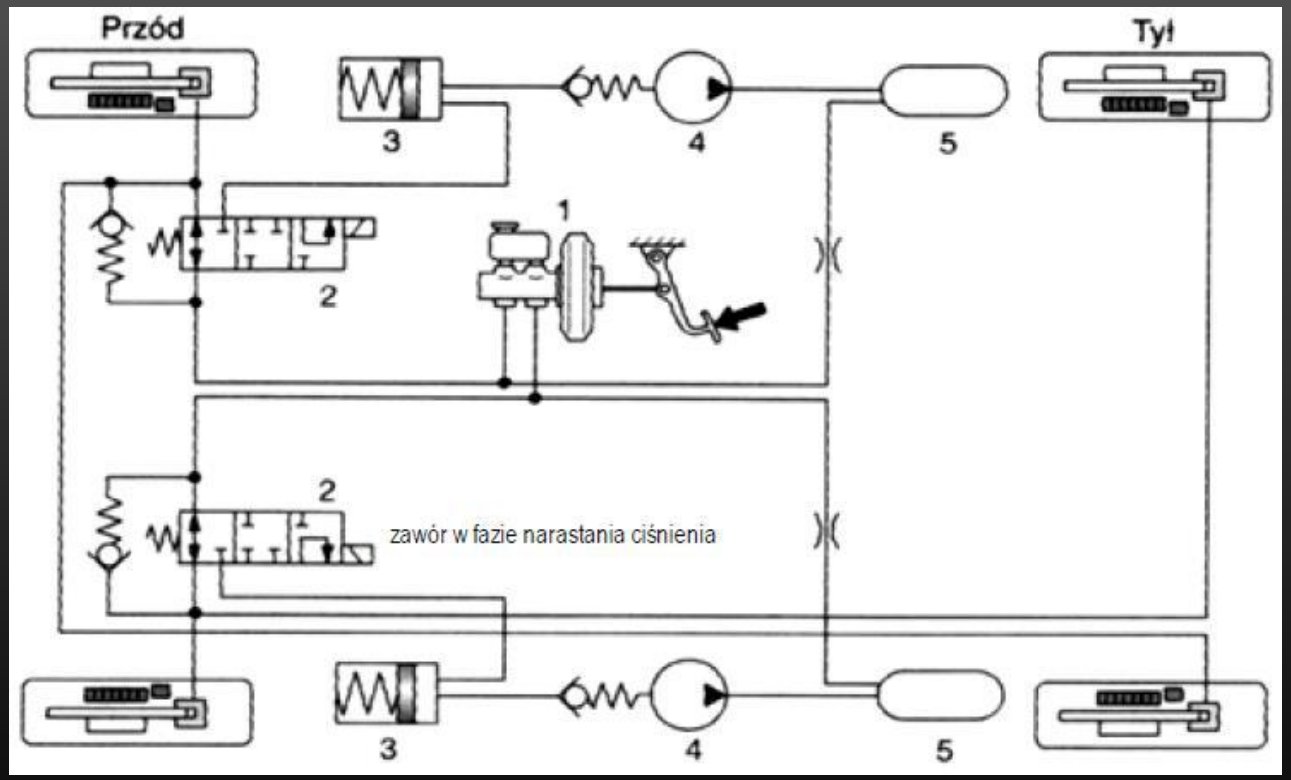
Cykliczne zmiany prędkości koła podczas pracy układu ABS:



Układ ABS





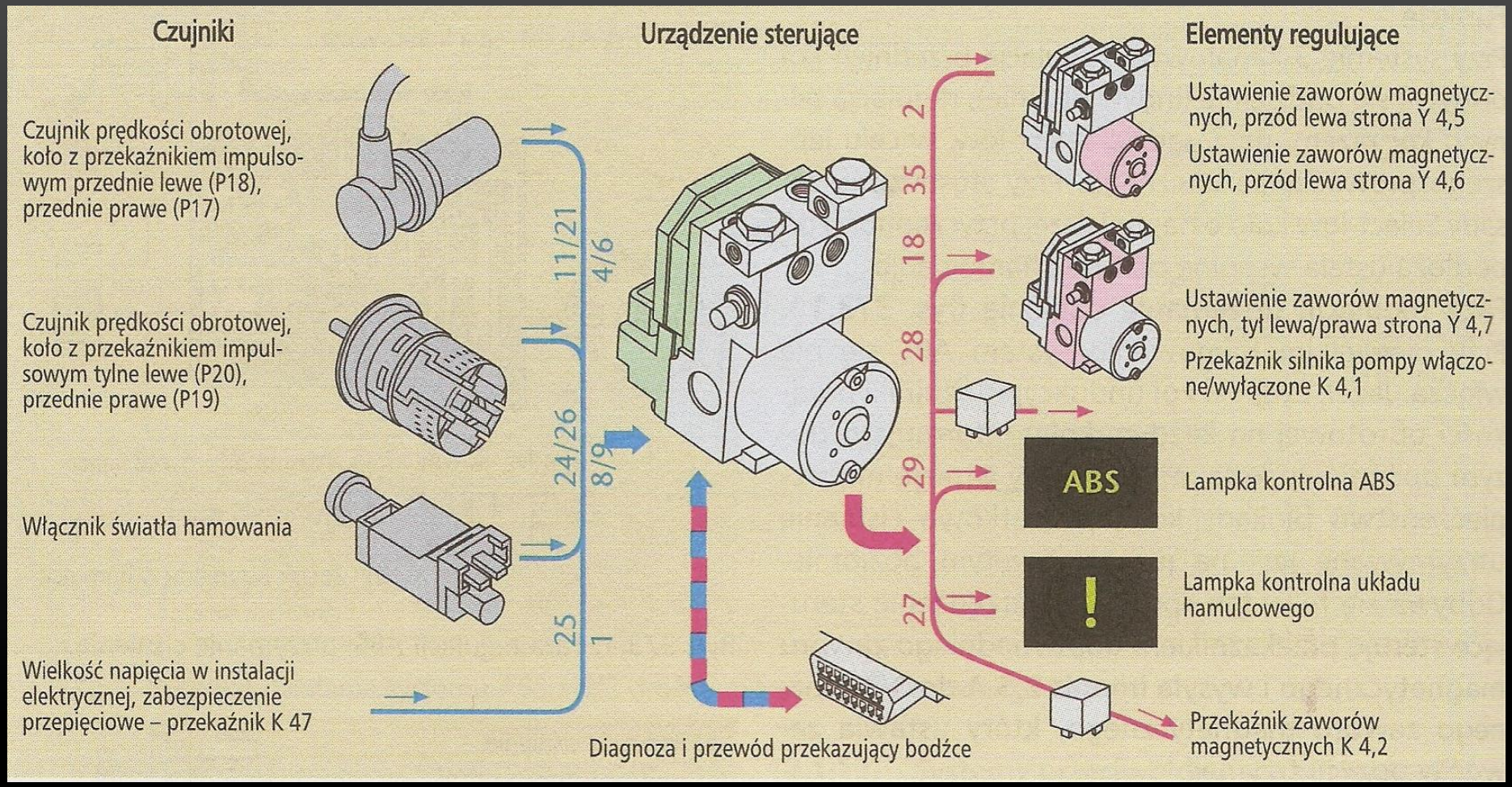


Obwody hydrauliczne dwukanałowego układu ABS

1 – wspomaganie hamulców,
2 - zawory elektromagnetyczne,
3 - komory kompensacyjne,
4 - dwuobwodowa pompa elektryczna,
5 - komory tłumiące.

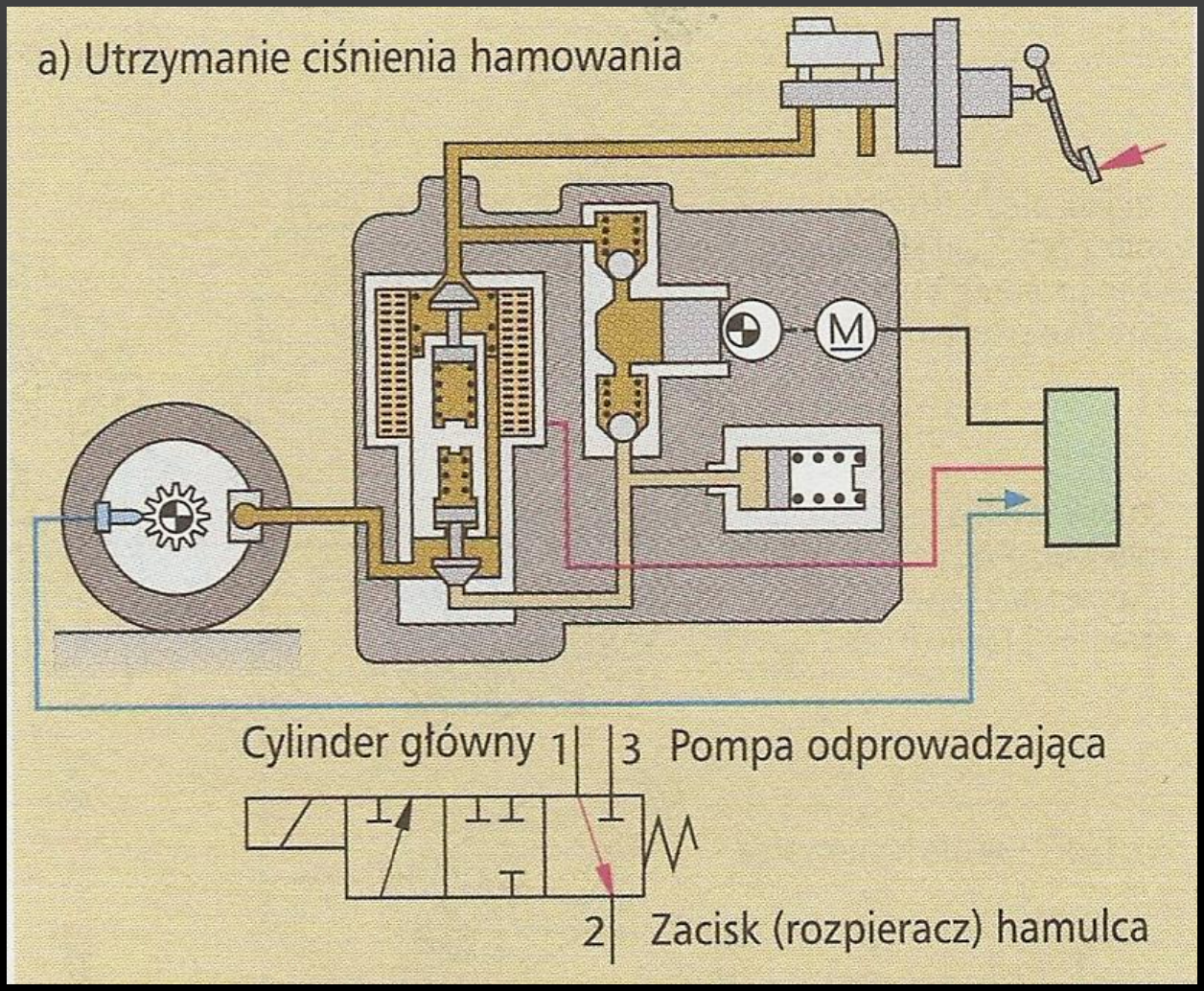
W układzie tym są regulowane razem koło przednie i położone diagonalnie koło tylne .Warunkiem realizacji takiego rozwiązania jest diagonalny rozdział siły hamowania i korektor siły hamowania dla kół tylnych.

Układ ABS


Czujniki
Urządzenie sterujące
Elementy regulujące
Czujnik prędkości obrotowej, koło z przekaźnikiem impulsowym przednie lewe (P18), przednie prawe (P17)
Czujnik prędkości obrotowej, koło z przekaźnikiem impulsowym tylne lewe (P20), przednie prawe (P19)
Włącznik światła hamowania
Wielkość napięcia w instalacji elektrycznej, zabezpieczenie przepięciowe – przekaźnik K 47
11/21
4/6
24/26
8/9
25
1
2
35
18
28
29
27
Ustawienie zaworów magnetycznych, przód lewa strona Y 4,5
Ustawienie zaworów magnetycznych, przód lewa strona Y 4,6
Ustawienie zaworów magnetycznych, tył lewa/prawa strona Y 4,7
Przekaźnik silnika pompy włączone/wyłączone K 4,1
ABS
Lampka kontrolna ABS
!
Lampka kontrolna układu hamulcowego
Przekaźnik zaworów magnetycznych K 4,2
Diagnoza i przewód przekazujący bodźce

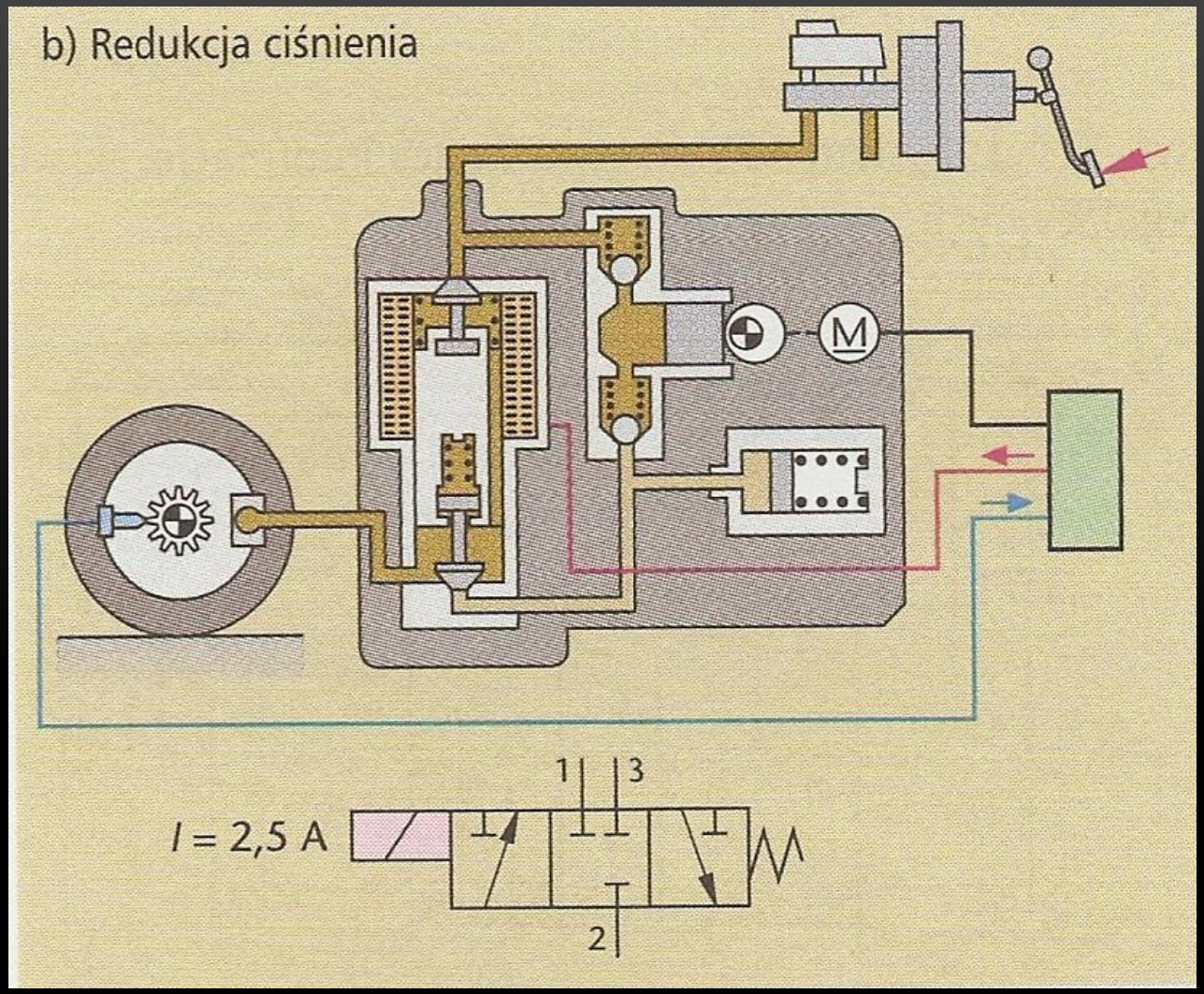
Działanie układu ABS

Utrzymywanie ciśnienia



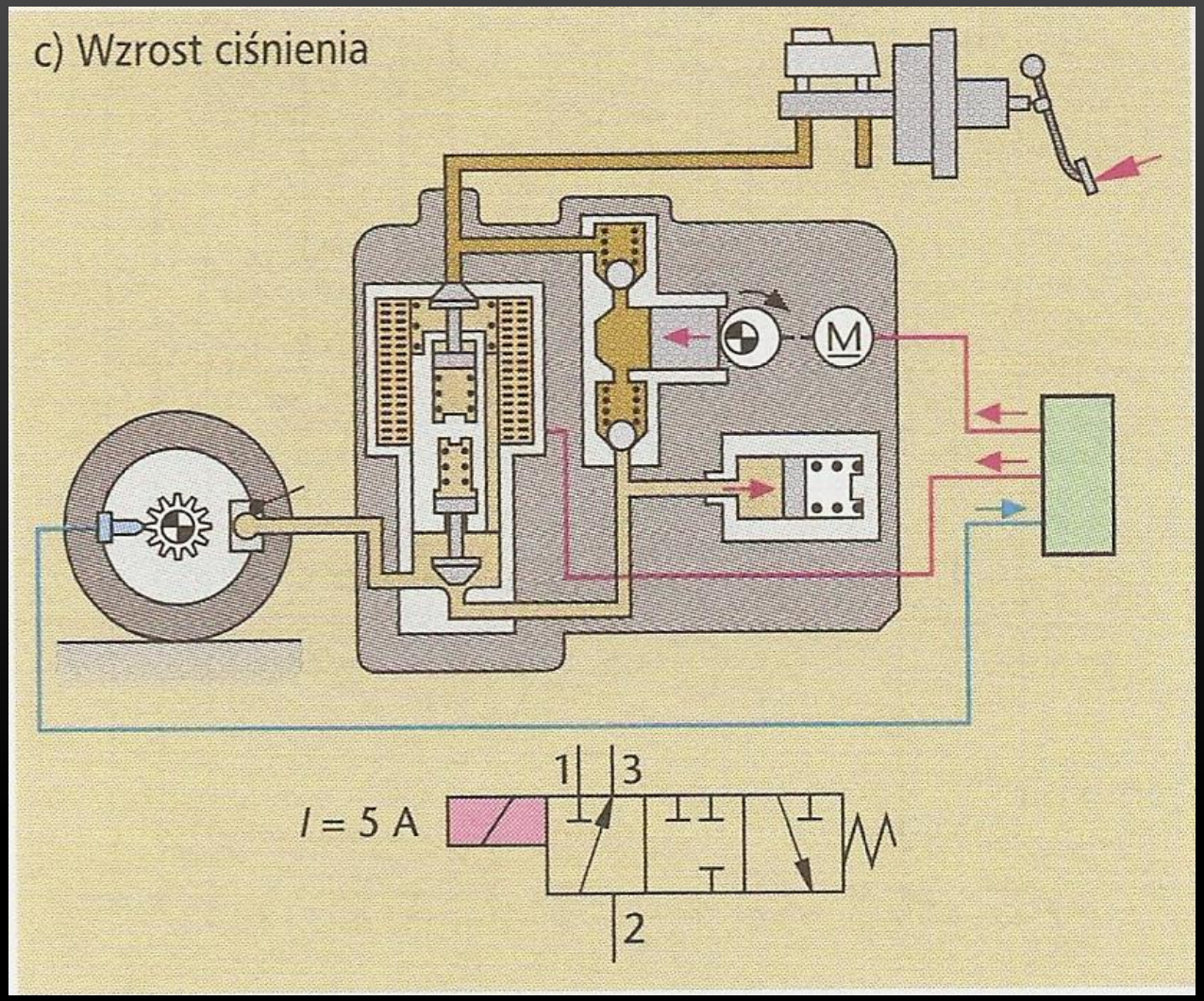
Działanie układu ABS

Redukcja ciśnienia

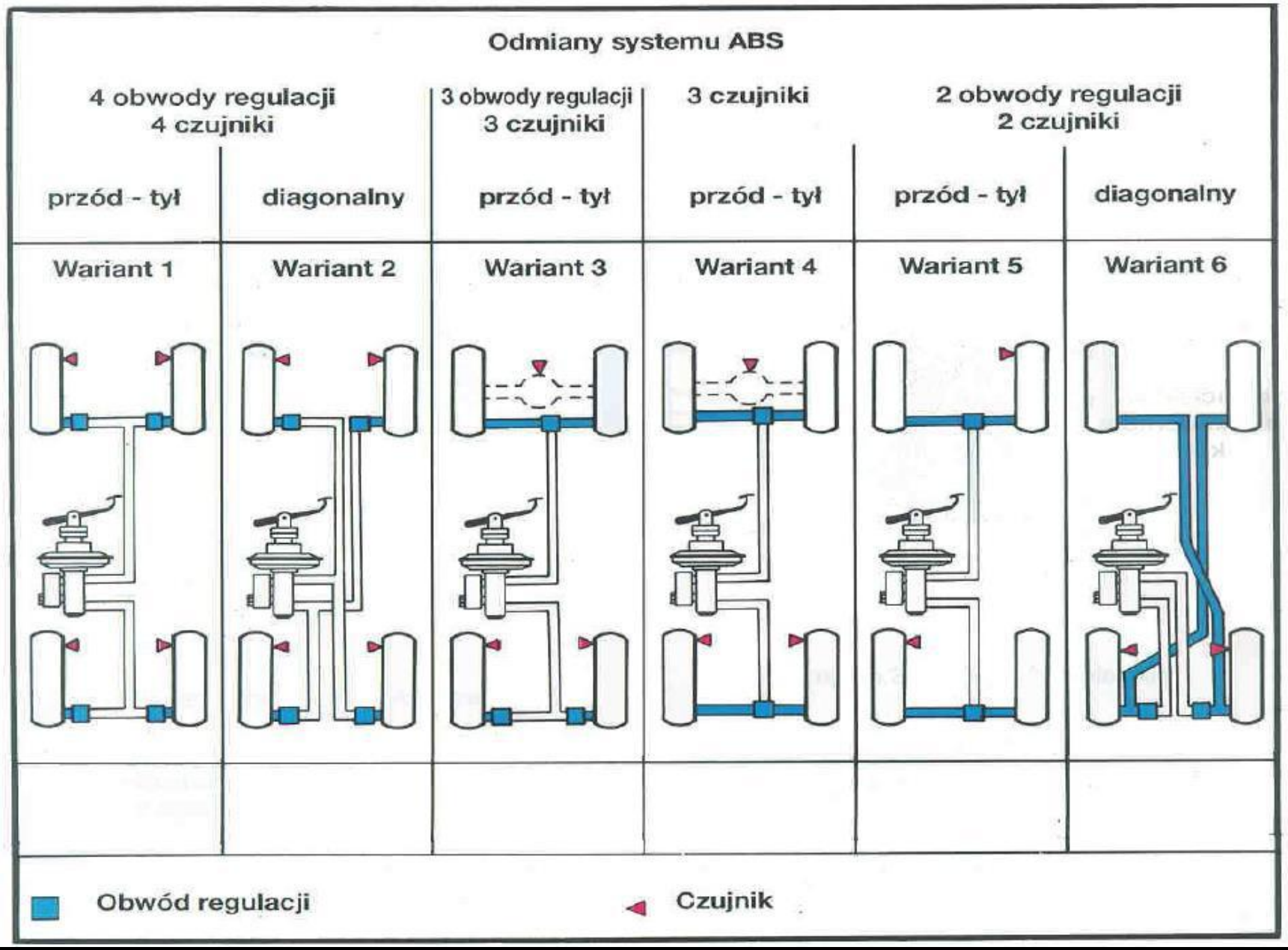


Działanie układu ABS

Zwiększanie ciśnienia



Rodzaje układów ABS



Hamulce ciągłego działania

Długotrwałe używanie hamulca może doprowadzić do utraty jego skuteczności z uwagi na zmniejszenie się współczynnika tarcia wraz ze wzrostem temperatury w elementach mechanizmu hamulcowego.

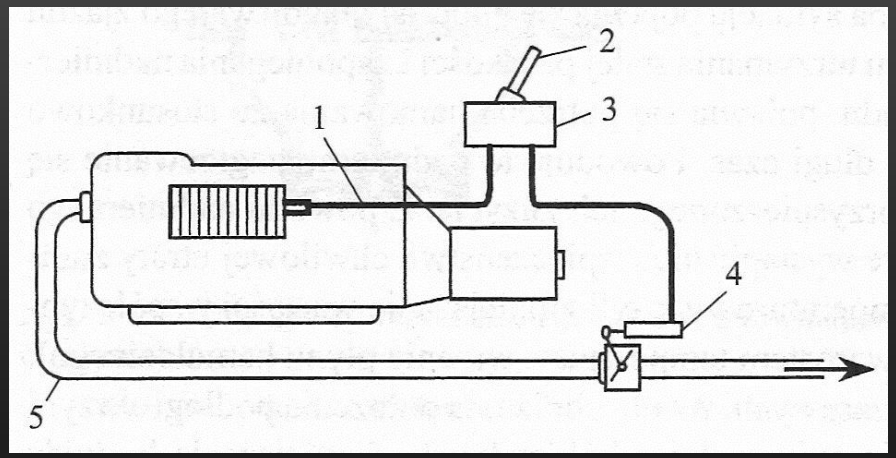
Hamulce ciągłego działania mają zastosowanie w samochodach ciężarowych i autobusach. Umożliwiają długotrwałe hamowanie bez użycia hamulca zasadniczego, często jako układy zautomatyzowane.

Rodzaje hamulców ciągłego działania:

1. Hamulce silnikowe:
   - klapowe
   - kompresyjne
2. Zwalniacze (retardery):
   - elektromagnetyczne
   - hydropneumatyczne
     (jako szeregowe lub bocznikowe)

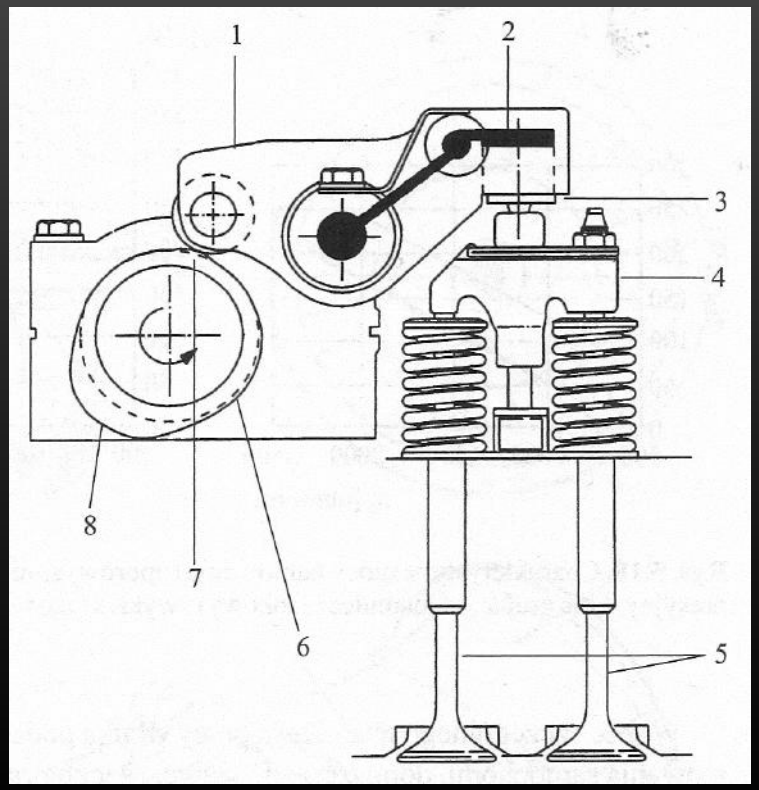
Hamulce ciągłego działania

Schemat działania hamulca typu klapowego:



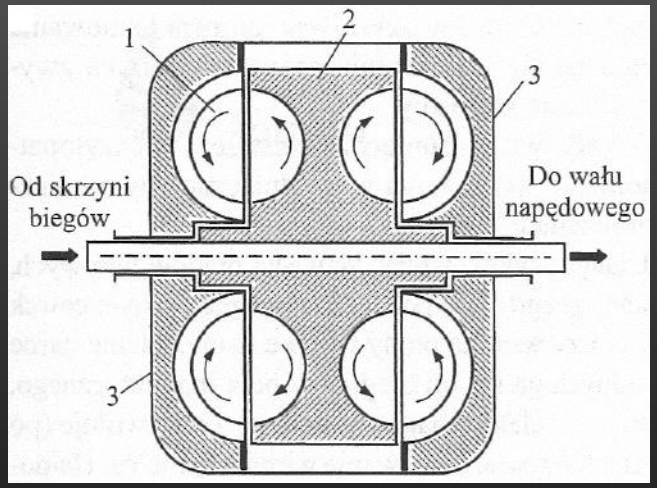
1- ogranicznik dopływu paliwa z pompy wtryskowej, 2- dźwignia nastawcza, 3- sterownik hamulca, 4- siłownik przysłony wylotu spalin, 5- kanał wylotu spalin z silnika

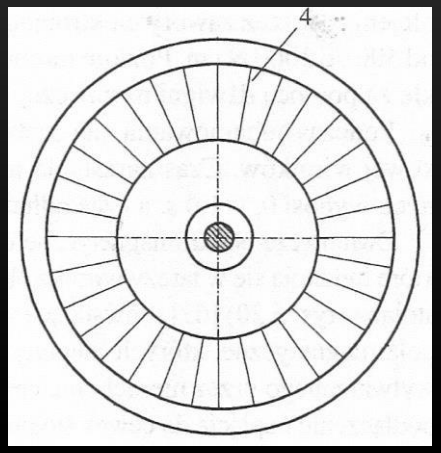
Sterowanie zaworami wylotowymi w kompresyjnym hamulcu silnikowym



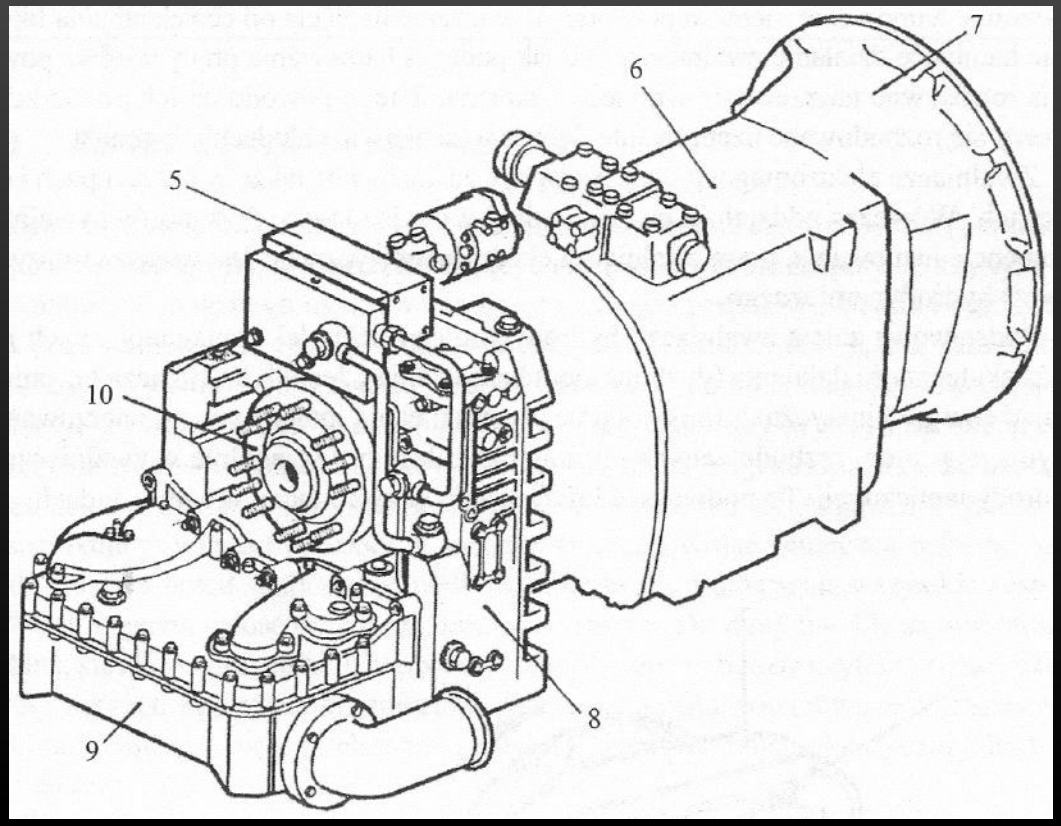
1- dźwignia zaworów wylotowych, 2- kanał przepływu oleju, 3- popychacz z hydraulicznym kasowaniem luzu, 4- jarzmo zaworów wylotowych, 5- zawory wylotowe w głowicy silnika, 6- krzywka na wałku rozrządu, 7- garbik sterujący na krzywce, 6,8- wznios krzywki zaworów wylotowych

Hamulce ciągłego działania





Zwalniacz hydrodynamiczny

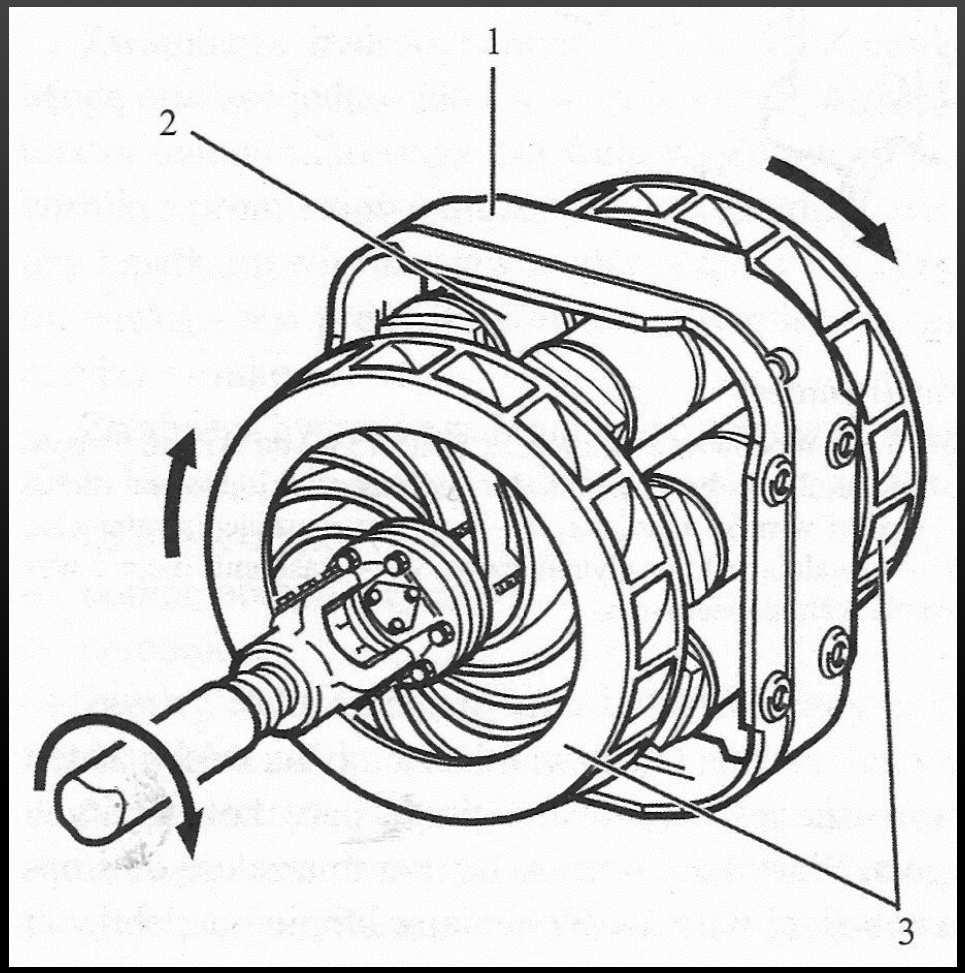


a- schemat zwalniacza dwuwirnikowego, b- mocowanie zwalniacza do skrzyni biegów

1- przepływ cieczy podczas pracy zwalniacza, 2- dwa wirniki, 3- obudowa z łopatkami nieruchomej części zwalniacza (stojana), 4- łopatki wirnika i stojana, 5- zawory sterujące zwalniacza, 6- skrzynia biegów, 7- sprzęgło, 8- zwalniacz hydrodynamiczny, 9- zasobnik oleju i wymiennik ciepła, 10- kołnierz do mocowania wału napędowego

Hamulce ciągłego działania

Zwalniacz elektrodynamiczny (VOLVO)



1- stojan, 2- cewki (elektromagnesy), 3- tarcze wirników

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ