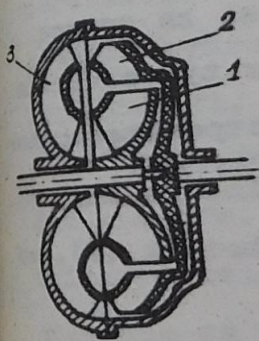


7.4.1. Wiadomości wstępne

Przekładnia hydrauliczna, stosowana w spalinowych szynowych pojazdach trakcyjnych, powinna charakteryzować się:

- 1) możliwością, zwiększania od czterech do pięciu razy, momentu obrotowego generowanego przez silnik spalinowy przy ruszaniu pojazdu z miejsca,
- 2) płynnością zmiany siły pociągowej pojazdu trakcyjnego przy wszystkich prędkościach jazdy,
- 3) stałością momentu obrotowego silnika spalinowego przy wszystkich prędkościach kątowych wału napędowego na wyjściu z przekładni,
- 4) możliwością rozruchu silnika spalinowego w stanie nieobciążonym,
- 5) możliwością zmiany kierunku jazdy pojazdu trakcyjnego.



Rys. 7.4.1.

Przekładnik hydrauliczny

Zasadniczymi elementami w przekładni hydraulicznej są przekładniki i sprzęgła hydrauliczne. Przekładnik hydrauliczny (rys. 7.4.1.) składa się z pompy (1), turbiny (2) oraz z łączącego je pierścienia kierowniczego (3). Ciecz (olej), pompowana przez wirnik pompy, osadzony na wale czynnym, płynie do wirnika turbiny, osadzonego na wale biernym (napędzanym), a następnie przez nieruchome łopatki pierścienia kierowniczego wraca do pompy. Wskutek hydrodynamicznego oddziaływania cieczy na turbinę działa na nią moment obrotowy, który wprawia ją w ruch. Wielkość przeniesionego momentu ob-

rotowego w przekładniku zależy od obciążenia wału biernego.

Sprzęgło hydrauliczne (rys. 7.4.2.) składa się z układu dwóch kół: pompy (1) i turbiny (2). W odróżnieniu od przekładnika hydraulicznego sprzęgło hydrauliczne przenosi ten sam moment obrotowy, jaki występuje na wirniku pompy.

Przekładnie hydrauliczne występujące w pojazdach szynowych można zakwalifikować do jednego z trzech następujących systemów:



Rys. 7.4.2.
Sprzęgło hydrauliczne

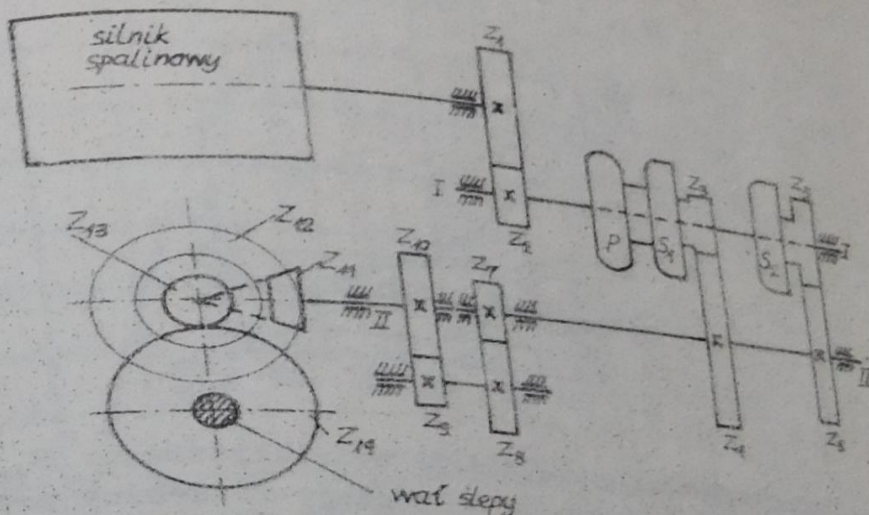
- 1) system z szeregowym układem hydrauliczno-mechanicznym,
- 2) system z równoległym układem hydrauliczno-mechanicznym,
- 3) system z wielofunkcyjnym elementem hydraulicznym.

W systemie z szeregowym układem hydrauliczno-mechanicznym przekładnik hydrauliczny współpracuje z układem kół zębatach. Jeden przebieg najczęściej cztery biegi (zmiany w przełożeniu układu kół zębatach). Stosuje się tu przekładnik stale wypełniany jest cieczą roboczą. W ramach każdego biegu zmiana momentu obrotowego następuje w przekładniku. Przekładnia hydrauliczne tego typu daje więc ciągły przebieg momentu obrotowego na wale za przekładnią. Przekładnie hydrauliczne w tym systemie produkują następujące firmy: Maybach - Mekydro, Lysholm-Krupp.

W systemie z równoległym układem hydrauliczno-mechanicznym przekładniki oraz sprzęgła hydrauliczne połączone są z odpowiednimi niezmiennymi przekładnikami mechanicznymi i razem z nimi tworzą oddzielne zespoły hydrauliczne. Przejście z jednego zespołu hydraulicznego na drugi odbywa się poprzez opróżnienie jednego zespołu i napełnianie drugiego olejem. Moment obrotowy na wejściu z przekładni zmienia się w całym zakresie prędkości za pomocą składowych zespołów hydraulicznych. Przekładnie hydrauliczne w tym systemie produkuje firma Voith. Przekładnie tego typu są najbardziej rozpowszechnione w trakcyjnych pojazdach szynowych. W praktyce stosuje się różne układy, odpowiednich zespołów hydraulicznych w których występuje przekładnik (P), lub sprzęgło hydrauliczne (S). Najczęściej stosuje się układy:

- przekładnik - sprzęgło (p-s),
- przekładnik - sprzęgło - sprzęgło (p-s-s),
- przekładnik - przekładnik (p-p),
- przekładnik - przekładnik - sprzęgło (p-p-s),
- przekładnik - przekładnik - przekładnik (p-p-p).

Dla przykładu na rysunku 7.4.3. przedstawiono schemat przekładni hydraulicznej charakteryzującej się równoległym układem hydrauliczno-mechanicznym. Przekładnia ta ma jeden przekładnik (p) oraz dwa sprzęgła hydrauliczne (S_1 , S_2). Wał I-I napędza wirniki pomp przekładnika oraz wirniki obu sprzęgieł. Najpierw jest wypełniony olejem przekładnik, następnie po opróżnieniu go napełnia się olejem pierwsze sprzęgło (S_1). W dalszej kolejności opróżnia się z oleju sprzęgło S_1 i napełnia się drugie sprzęgło (S_2).



Rys. 7.4.3. Schemat przekładni hydraulicznej z równoległym układem hydrauliczno-mechanicznym

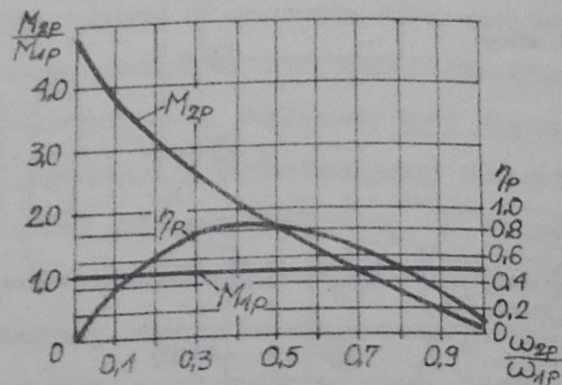
W systemie z wielofunkcyjnym elementem hydraulicznym zmiana momentu obrotowego następuje w wyniku zmiany układu elementu hydraulicznego. Przekładnie hydrauliczne budowane w tym systemie mają przekładniki specjalnej konstrukcji, zmieniające transformację momentu obrotowego w różnych zakresach prędkości pojazdu. Przekładniki te przeważnie współpracują ze sprzęgłem ciernym. Charakterystyki przekładni z wielofunkcyjnym elementem hydraulicznym zależą od budowy i działania tych przekładni i nie mogą być przedstawione za pomocą uniwersalnych krzywych.

7.4.2. Przekładnik hydrauliczny

Przekładnik hydrauliczny ma charakterystykę płynnie zmieniającą się (rys. 7.4.4.), przy niezmiennej prędkości kątowej i momencie obrotowym pompy. W przekładniku hydraulicznym przy wartości $\frac{\omega_{2p}}{\omega_{1p}}$ bliskich zero wartości stosunku momentów $\frac{M_{2p}}{M_{1p}} = 4 \div 3$, natomiast przy $\frac{\omega_{2p}}{\omega_{1p}}$ bliskich 1 stosunek $\frac{M_{2p}}{M_{1p}}$ maleje praktycznie do zera.

Współczynnik sprawności przekładnika wyraża się następującym wzorem:

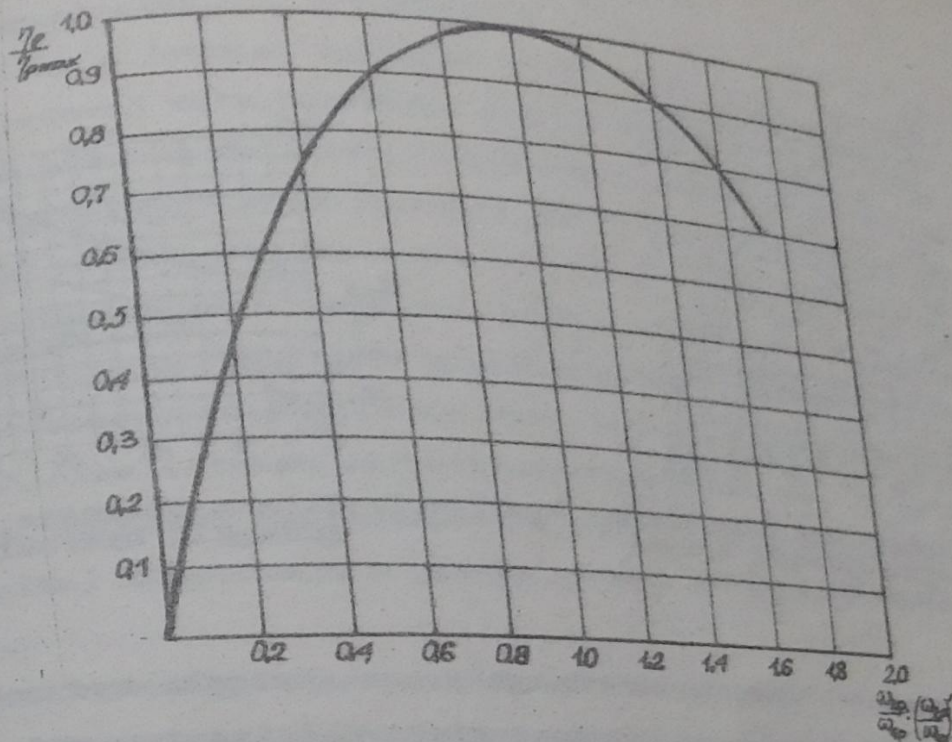
$$\eta_p = \frac{M_{2p} \cdot \omega_{2p}}{M_{1p} \cdot \omega_{1p}} \quad (7.4.1.)$$



Rys. 7.4.4. Charakterystyka przekładnika hydraulicznego: M_{1p} , M_{2p} - momenty obrotowe odpowiednio na wale pompy i turbiny przekładnika, ω_{1p} , ω_{2p} - prędkości kątowe odpowiednio pompy i turbiny przekładnika, η_p - współczynnik sprawności przekładnika.

Krzywa sprawności przekładnika ma w przybliżeniu kształt paraboli. Krzywa sprawności η_p rośnie od wartości $\eta_p = 0$ (przy $\frac{\omega_{2p}}{\omega_{1p}} = 0$) do pewnej wartości maksymalnej i dalej spada aż do zera. Maksymalne wartości współczynnika sprawności przekładników wynoszą:

$$\eta_{p \max} = 0,8 \div 0,86$$



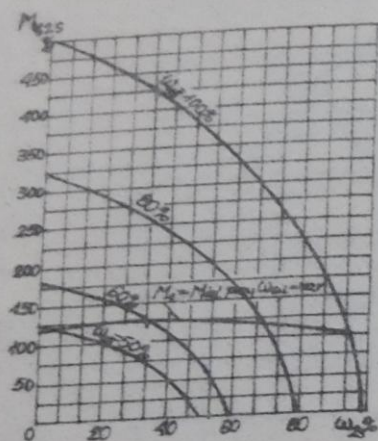
rys. 7.4.5. Uniwersalna charakterystyka sprawnościowa przekładnika hydraulicznego

$$\eta_p = \frac{\eta_p}{\eta_{p \max}} \cdot \eta_{p \max}$$

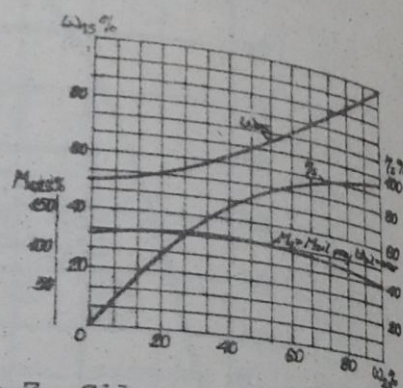
Co pozwala na sporządzenie wykresu $\eta_p = f\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)$ dla danego przekładnika.

7.4.3. Sprzęgło hydrauliczne

Charakterystyka uniwersalna sprzęgła hydraulicznego (rys. 7.4.6.) pokazuje zmianę przenoszonego momentu obrotowego ($M_{1,2s}$) w zależności od prędkości kątowej turbiny (ω_{2s}), dla różnych prędkości kątowych pompy sprzęgła (ω_{1s}). Dla uzyskania siłowej charakterystyki sprzęgła hydraulicznego nanosi się na uniwersalną charakterystykę krzywą momentu obrotowego generowanego przez silnik spalinowy (krzywa $M_{\text{pompy}} = M_{\text{siln}}$ przy $\omega_{\text{siln}} = \text{var}$ - rys. 7.4.6.). Przykładową siłową charakterystykę sprzęgła hydraulicznego przedstawiono na rysunku 7.4.7.



Rys. 7.4.6. Uniwersalna charakterystyka sprzęgła hydraulicznego



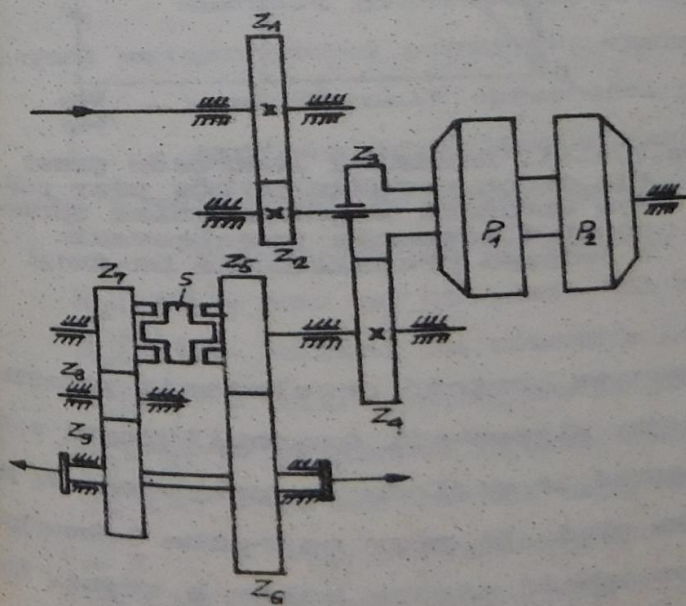
Rys. 7.4.7. Siłowa charakterystyka sprzęgła hydraulicznego

Przy przenoszeniu momentu obrotowego przez sprzęgło hydrauliczne występuje pewien poślizg pompy względem turbiny. Poślizg ten można wyrazić wzorem:

$$s = \frac{\omega_{1s} - \omega_{2s}}{\omega_{1s}} = 1 - \eta_s$$

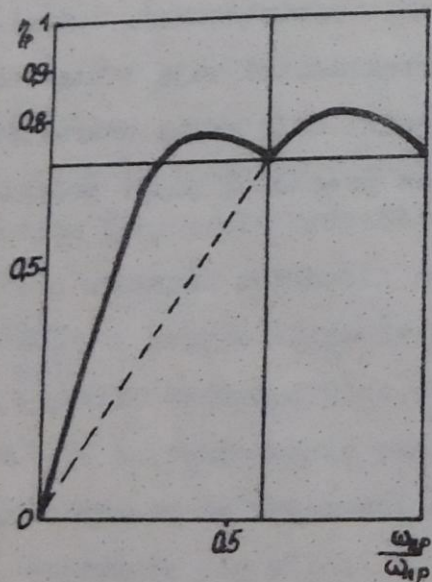
(7.4.2.)

Przekładnia hydrauliczna z dwoma przekładnikami pracuje w systemie z równoległym układem hydrauliczno-mechanicznym. Dla przykładu na rysunku 7.4.9 przedstawiono schemat przekładni hydraulicznej pracującej w tym systemie. Układ z dwoma przekładnikami daje możliwość pełnego wykorzystania mocy silnika, ponieważ w czasie pracy na przekładnikach hydraulicznych moc silnika jest niezmieniona. Współczynnik wykorzystania mocy silnika jest więc wtedy w przybliżeniu równy jedności ($\Psi \approx 1$). Wadą układu p-p jest niewielka sprawność w całym zakresie prędkości jazdy, a także niewielka transmisja momentu obrotowego na drugim przekładniku. Układ p-p stosowany jest najczęściej w lokomotywach manewrowych i liniowych przy czym przenoszone moce dochodzą do 750 KW. W przypadku przekładni hydraulicznej, której schemat przedstawiono na rysunku 7.4.9. obydwa przekładniki mają stałą jedną przekładnię kół zębatych. Wymienione przekładniki mają różne charakterystyki, ponieważ każdy z nich obejmuje inny zakres prędkości jazdy pojazdu.

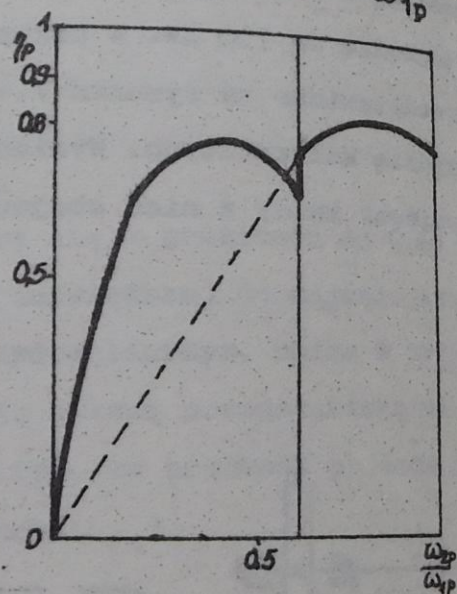


Rys. 7.4.9. Schemat przekładni hydraulicznej z dwoma przekładnikami

Przy przejściu z pracy na przekładniku p_1 na pracę z przekładnikiem p_2 mogą wystąpić dwie różne sytuacje, w zależności od parametrów konstrukcyjnych tych przekładników. Sytuacja pierwsza (rys.7.4.10.) ma miejsce wtedy, gdy sprawność dla obu przekładników w momencie przejścia jest taka sama i równa jest sprawności dla pracy na drugim przekładniku, przy maksymalnej prędkości jazdy. W sytuacji drugiej (rys.7.4.11) jest pewien wzrost współczynnika sprawności w momencie przełączenia z przekładnika p_1 na przekładnik p_2 . Sytuacja druga występuje wówczas, gdy jest duża różnica pomiędzy maksymalnymi wartościami sprawności poszczególnych przekładników. Najczęściej przekładnik p_1 (przekładnik rozruchowy) ma mniejszą wartość maksymalnej sprawności niż przekładnik p_2 , natomiast przejście z przekładnika p_1 na p_2 występuje zazwyczaj przy wartości stosunku prędkości kątowych $\frac{\omega_{2p}}{\omega_{1p}} = 0,5-0,6$

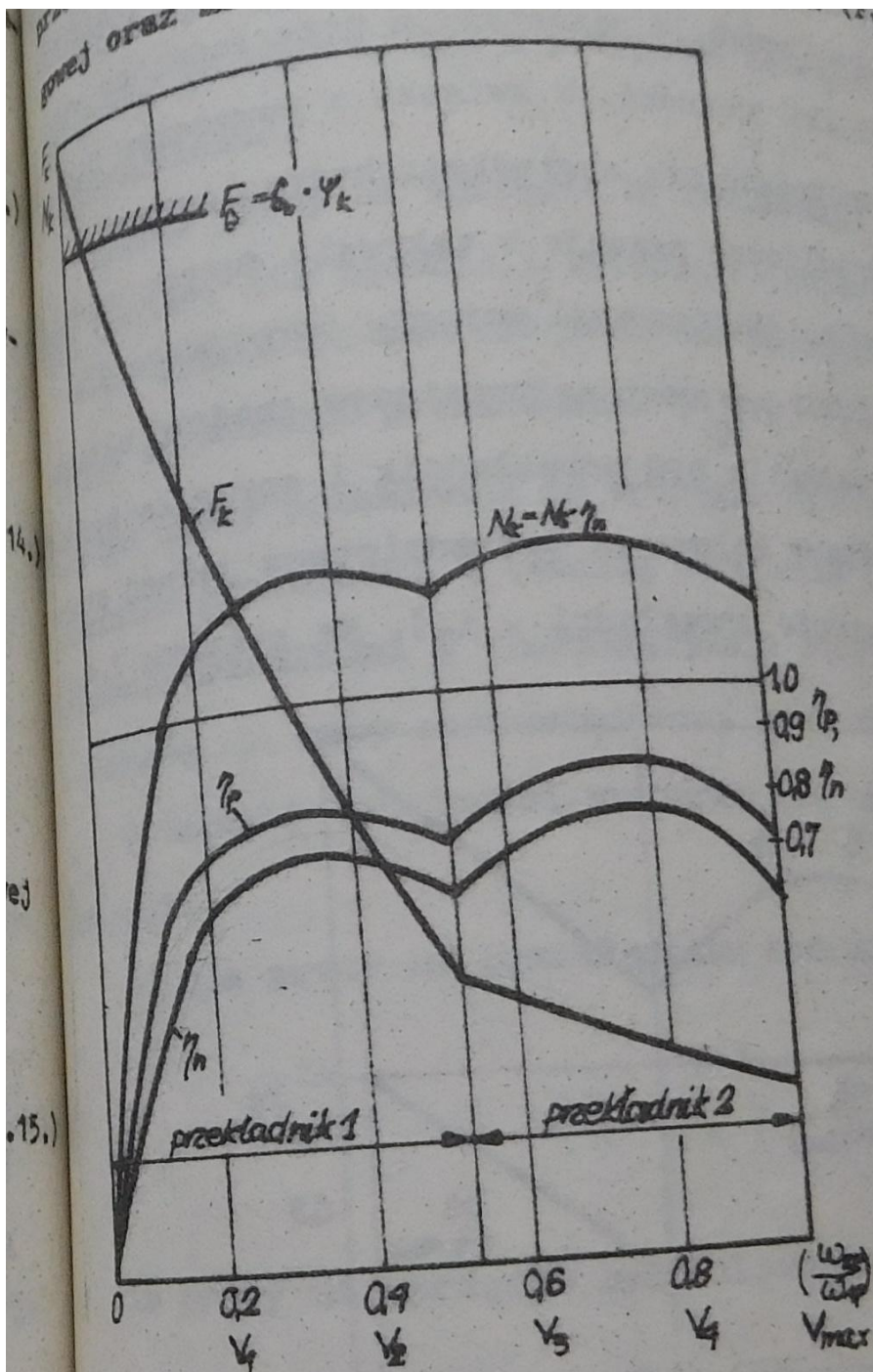


Rys.7.4.10. Rozdział zakresów pracy dla dwóch przekładników, przy zachowaniu tej samej wartości sprawności, w momencie przejścia z jednego przekładnika na drugi



Rys.7.4.11. Rozdział zakresów pracy dla dwóch przekładników przy pewnym wzroście współczynnika sprawności w momencie przełączenia z jednego przekładnika na drugi

Przy pracach projektowych nad lokomotywą wartość przełożenia przekładni mechanicznej (stałej), zawartej pomiędzy elementami hydraulicznymi a zestawami kołowymi napędnymi, należy wyznaczać ze względu na przyczepność pomiędzy kołem a szyną. Zalecenie to wynika stąd, iż przy rozruchu lokomotywy powinna być w pełni wykorzystana przyczepność między kołem a szyną. Dla wagonu silnikowego wyżej wymieniona przekładnia mechaniczna powinna mieć przełożenie o wartości zależnej od maksymalnej prędkości jazdy.

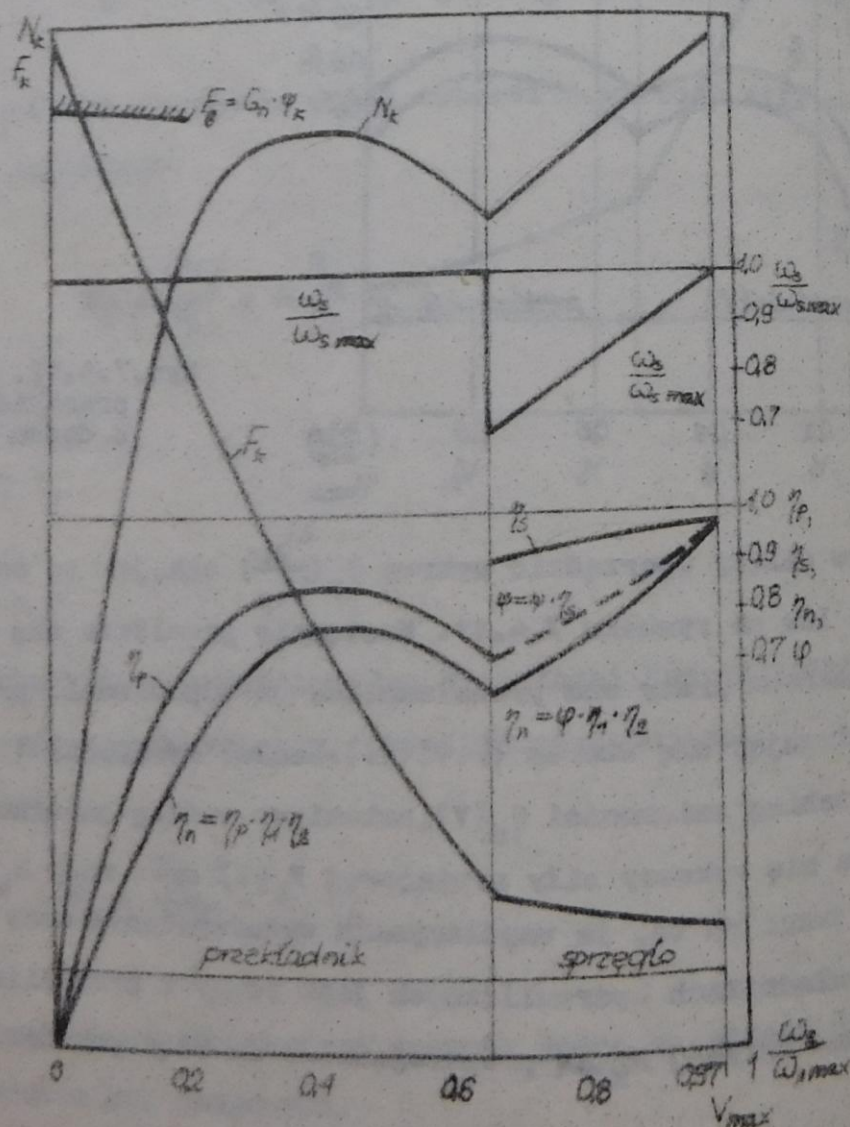


Rys.7.4.12. Charakterystyki przekładni hydraulicznej z dwoma przekładnikami

7.4.5 Przekładnia hydrauliczna z przekładnikiem i sprzęgłem hydraulicznym (układ p-s)

Z poprzednich rozważań wynika, że w układach z samymi przekładnikami hydraulicznymi tylko pierwszy przekładnik pracuje z wysokim współczynnikiem transformacji momentu obrotowego. W pozostałych przekładniach współczynnik transformacji jest bliski jedności. W związku z powyższym bardzo często kolejne przekładniki zastępuje się sprzęgłami hydraulicznymi.

Wiadomo, że sprzęgło hydrauliczne pracuje w zakresie dużych wartości sprawności oraz, że współczynnik transformacji momentu obrotowego dla sprzęgła równa się jedności. Układ p-s jest najprostszym spośród układów ze sprzęgłami hydraulicznymi. W układzie tym przekładnik i sprzęgło hydrauliczne przekazują napęd na zestawy kołowe za pośrednictwem jednej stałej przekładni mechanicznej (przełożenie przekładni - i_2). Na rysunku 7.4.13.



Rys. 7.4.13. Charakterystyki przekładni hydraulicznej mającej przekładnik i sprzęgło hydrauliczne