

Seria: ENERGETYKA z. 35

Nr kol. 280

Stanisław Dziedzic

## METODA BADAŃ PRZEKŁADNI TRÓJDROŻNEJ Z HYDRAULICZNIEM WYRÓWNIWANIEM OBCIĄŻEŃ

**Streszczenie.** W artykule podano opis konstrukcji trójdrożnej współosiowej przekładni zębatej z hydraulicznym wyrównywaniem obciążeń skonstruowanej w Katedrze Ogólnych Podstaw Konstrukcji Maszyn. Ponadto podano opis stanowiska badawczego do badań współosiowych przekładni zębatych. Stanowisko badawcze składa się z następujących elementów:

- silnika prądu stałego,
- momento-generatora, jako czynnika wywołującego obciążenie w układzie,
- zespołu dwóch trójdrożnych współosiowych przekładni zębatych,
- momentomierza tensometrycznego,
- przekładni zębatej zamykającej układ mocy zamkniętej.

### Wstęp

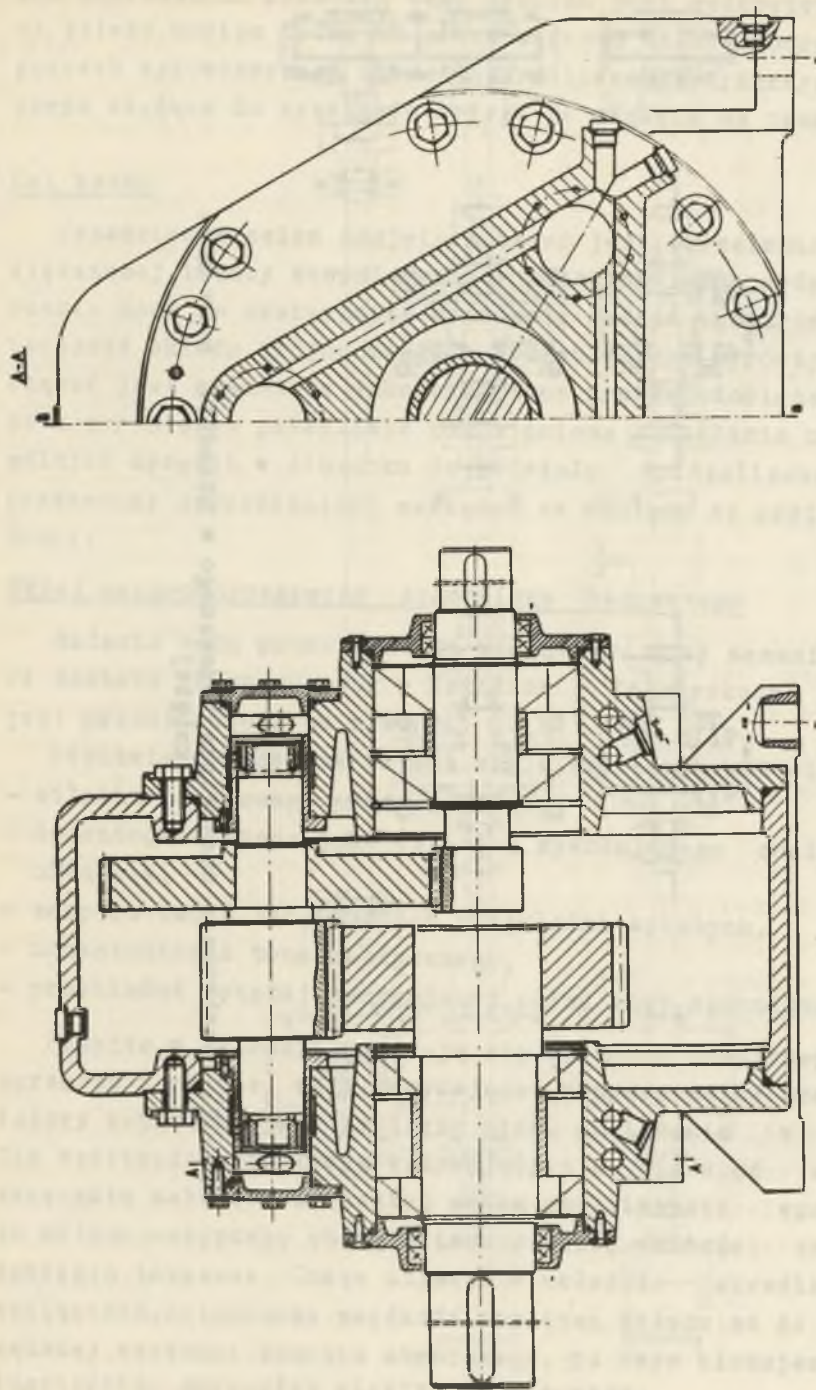
Spośród licznych kryteriów wynikających z racji celowości technicznej i ekonomicznej istotne są kryteria gabarytu i ciężaru. Z uwagi na te kryteria w przekładniach zębatych służących do przenoszenia dużej mocy stosowane są układy wielodrożne. W tych układach moc przenoszona jest w ten sposób, że wejście i wyjście stanowią wały pojedyncze, natomiast między nimi moc przenoszona jest kilkoma drogami. Układ, jakim jest przekładnia zębata, charakteryzuje się na ogół dużą sztywnością czy w ogóle brakiem swobody przemieszczenia jednego elementu względem drugiego poza swobodą wynikającą z samego działania mechanizmu. Ta własność układu nie stanowiłaby przyczyny żadnych trudności, gdyby wykonanie elementów było na tyle dokładne, żeby po zmontowaniu przekładni zębatej w każdej chwili działania wszystkie pary kół zębatych były w jednakowej mierze w przyporze. Tylko w takich przypadkach moce na poszczególnych

drogach byłyby sobie równe, oznacza to, że w takim układzie zachodziłoby równomierne rozdzielenie obciążenia. Uzyskanie odpowiedniej klasy dokładności wykonania tak, by występował przypór w jednakowej mierze na wszystkich drogach nawet przy bardzo dużych nakładach, jest mało prawdopodobne. Z tego względu zachodzi konieczność zwiększenia stopni swobody całego układu.

### Opis istoty działania napędu

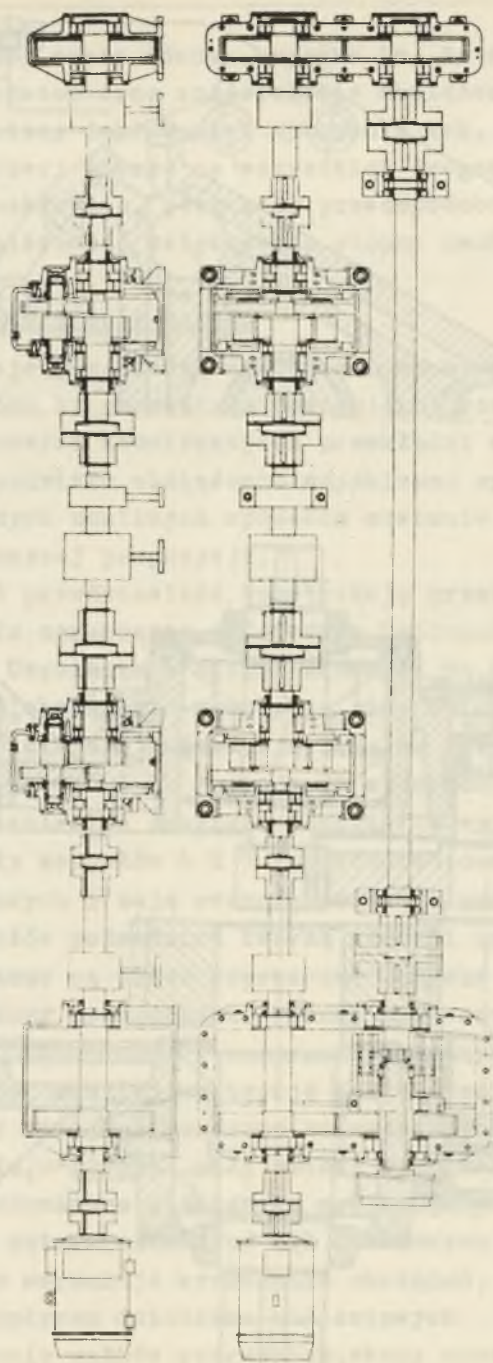
Konstrukcje przekładni wielodrożnych wymagają takiego opracowania, które by zapewniły równomierny rozdział obciążenia. W dotychczasowych konstrukcjach przekładni wielodrożnych optymalizację rozdziału obciążenia uzyskiwano sposobami mechanicznymi. Z różnych możliwych sposobów zostanie opisane rozwiązanie według naszej propozycji.

Na rys. 1 przedstawiono konstrukcję przekładni trójdrożnej, która została opracowana w Katedrze Ogólnych Podstaw Konstrukcji Maszyn. Uzębienia z zębami skośnymi są tak dobrane, że przy przenoszeniu obciążenia występują siły osiowe, spośród których szczególnie nas interesują siły na zespołach pośrednich oznaczonych jako 6 i 7. Pozycja 10 oznaczono zębniak na wejściu, zaś 8 koło centralne drugiego stopnia na wyjściu z przekładni zębatej. Wały zespołów 6 i 7 (pośrednie) osadzone są w łożyskach ślizgowych i mają swobodę osiowego przemieszczenia. Końce czopów wałów pośrednich tworzą tłoczki zamykające cylindry, które utworzone są przez poprzeczne łożyska ślizgowe i zewnętrzne komory tych łożysk. Komory połączono kanałami w ten sposób, że każdorazowo w komorach położonych po jednej stronie przekładni zębatej występuje takie samo ciśnienie. Dzięki temu zespoły wirujące osadzone na wałach pośrednich zajmują takie położenia, w których siły osiowe wywołane zębami skośnymi zostaną zrównoważone ciśnieniem występującym w komorach. Ponieważ siły osiowe zależą od sił obwodowych wobec tego układ hydrauliczny warunkuje wyrównanie obciążeń, a tym samym mocy. Jeżeli pod wpływem działania sił osiowych nastąpi nadmierne przemieszczenie wałków pośrednich, wtedy zostaną odsłonięte dopływowe kanały, a jednocześnie we wszystkich trzech komorach wzrośnie ciśnienie uniemożliwiające dalsze przemieszczenie wał-



Rys. 1. Konstrukcja przekładni trójdrożnej z hydraulicznym wyrównywaniem obciążeń





Rys. 2. Konstrukcja stanowiska badawczego w układzie mooy zam-  
kniętej

ków pośrednich. Przebieg tego procesu jest całkowicie samoczynny, zależy bowiem tylko od przemieszczeń wałków pośrednich. Dla potrzeb wyrównawczego układu hydraulicznego wykorzystana jest pompa służąca do zasilania łożysk ze względu na opory tarcia.

### Cel badań

Zasadniczym celem podjętych badań jest określenie wpływu zwiększonej liczby stopni swobody poszczególnych dróg przeniesienia mocy na skuteczność działania układu trójdrożnego. Skuteczność układu trójdrożnego z hydraulicznym wyrównywaniem obciążeń jest rozumiana jako określone prawdopodobieństwo tego, że w określonym przedziale czasu zmiana obciążenia na poszczególnych drogach w stosunku do podziału wyidealizowanego nie przekroczy dopuszczalnej wartości ze względu na kryterium trwałości.

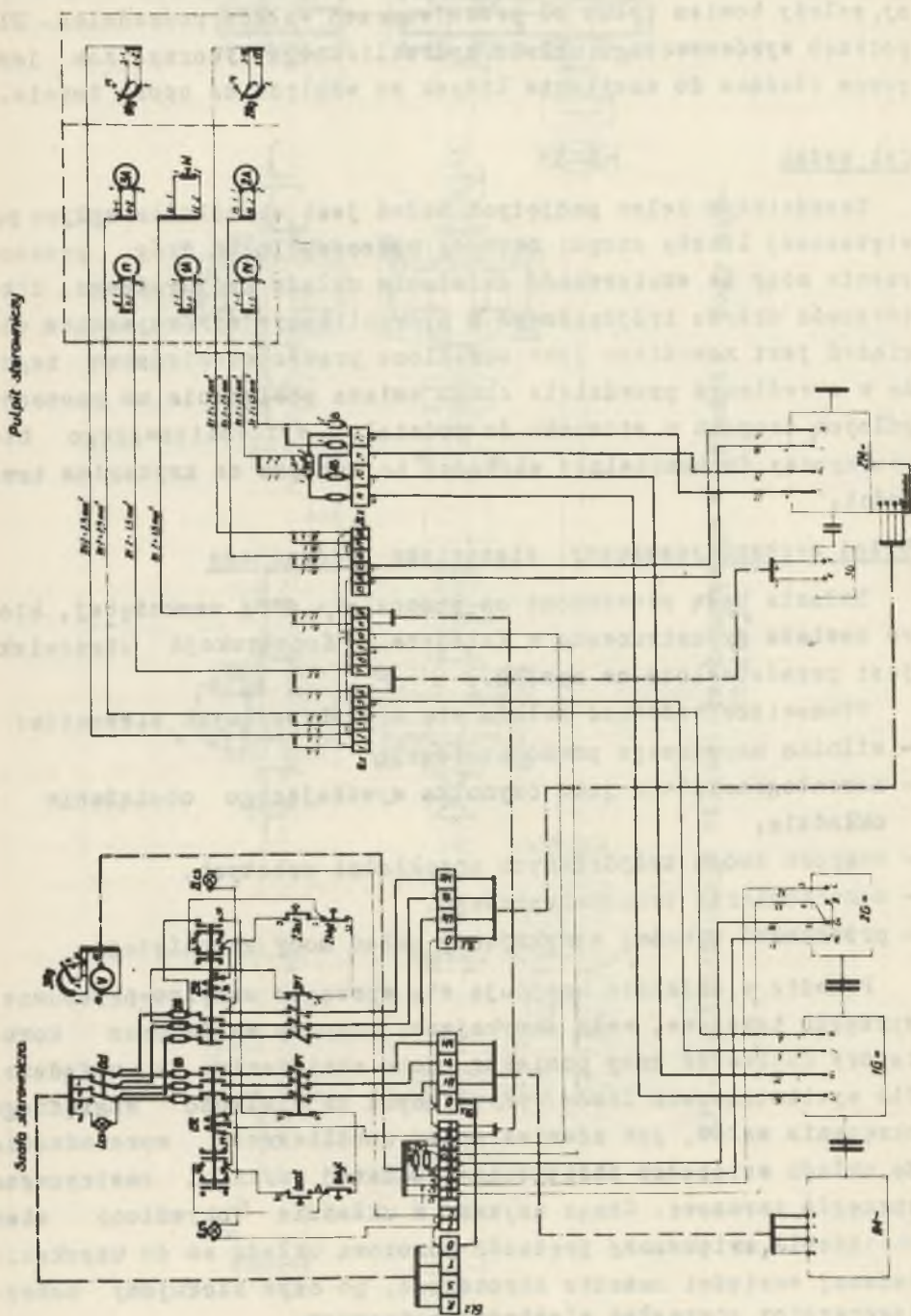
### Układ mechaniczny stanowiska badawczego

Badania będą prowadzone na stanowisku mocy zamkniętej, które zostało skonstruowane w Katedrze. Konstrukcja stanowiska jest przedstawiona na rys. 2.

Stanowisko badawcze składa się z następujących elementów:

- silnika napędowego prądu stałego,
- momentogeneratora jako czynnika wywołującego obciążenie w układzie,
- zespołu dwóch trójdrożnych przekładni zębatych,
- momentomierza tensometrycznego,
- przekładni zębatej zamykającej układ mocy zamkniętej.

Ponadto w układzie znajdują się sprzęgła uchylno-przesuwne, sprzęgło tarczowe, wały zamykające, podpory wałów oraz komutatory końcowe przy pomiarze stanu obciążenia w układzie. Dla wyeliminowania luzów wpływających na wielkość względnego skręcenia wałów, jak również celem umożliwienia wprowadzenia do układu wstępnego obciążenia o żądanej wartości zastosowano sprzęgło tarczowe. Chcąc uzyskać w układzie określony stan obciążenia, zwiększamy prędkość obrotową układu aż do uzyskania żądanej wartości momentu obrotowego, po czym blokujemy momentogenerator sprzęgłem elektromagnetycznym.



Rys. 3. Schemat połączeń układu Ward-Leonarda



Pozwala to na badanie przekładni zębatej w pewnym zakresie prędkości obrotowych, przy stałej wartości momentu w układzie mocy zamkniętej.

### Elektryczny układ napędowy

Układ mocy zamkniętej napędzany jest silnikiem prądu stałego. Regulację prędkości obrotowej silnika napędowego uzyskano przez zastosowanie układu Ward-Leonarda, którego schemat pokazano na rys. 3.

Załączenie układu następuje z szafy sterowniczej. Po załączeniu łącznika warstwowego "Od" szafa sterownicza jest pod napięciem. Następnie należy załączyć silnik wentylatora chłodzącego przy pomocy przycisku sterującego "2 zał". Załączenie wentylatora silnika napędowego "2M" umożliwia załączenie głównego silnika indukcyjnego "1M" przy pomocy przycisku sterującego "1 zał". Załączenie silnika napędowego "1M" należy dokonać po uprzednim nastawieniu regulatora "1 Rg" na maksimum oporu, i regulatora "2 Rg" na minimum oporu, celem uzyskania małego prądu uderzenia w silniku "2M". Przy pomocy regulatora "3Rg" nastawiamy napięcie wzbudzenia w generatorze "2G" na wartość nominalną.

Uzwojenie wzbudzenia generatora "1G" zasilane jest napięciem z zacisków generatora "2G". Uzwojenie wzbudzenia silnika napędowego "2M" jest zasilane napięciem z zacisków generatora "2G".

Dalsze sterowanie układu odbywa się z pulpitu sterowniczego. W układzie istnieje możliwość regulacji prędkości obrotowej silnika "2M" przez zmianę napięcia na zaciskach obwodu głównego tego silnika lub przez zmianę napięcia wzbudzenia. Zmianę napięcia na zaciskach obwodu głównego uzyskuje się przy pomocy regulatora "1Rg", zaś napięcia wzbudzenia przy pomocy regulatora "2Rg". Na wspólnym wale z silnikiem "2M" umieszczony jest tachogenerator "3G" pozwalający mierzyć prędkość obrotową silnika.

### Układ pomiarowy

Stan obciążenia na wejściu i wyjściu badanej trójdrożnej przekładni zębatej będzie określony na drodze pomiarów tensometrycznych w trzech punktach pomiarowych. Zasada tensometrii oporowej opiera się na właściwości drutu metalowego, polegającej na zmianie oporności drutu z jego odkształceniem. Zależy nam bowiem na zarejestrowaniu tej wielkości, która jest przedmiotem analizy, a wyeliminowaniu wpływu innych czynników, jak np. wpływu zginania na wielkość odkształceń czujników oporowych przeznaczonych do rejestracji momentu skręcającego. W tym celu stosuje się odpowiedni układ par czujników. Oprócz wspomnianej wielkości należy się liczyć z wpływem elementu pośredniczącego w przekazywaniu wskazań z wirującego czujnika oporowego na nieruhotomy przyrząd wzmacniający i oscylograf. W tym celu komutatory zostaną poddane badaniom, które obejmą:

- wyznaczenie zmiany oporu przy przejściu przez komutator,
- wyznaczenie górnej granicy przekazywanych impulsów elektrycznych bez zniekształceń w funkcji prędkości obrotowej,
- wyznaczenie zakłóceń równowagi układu mierniczego przy ustalonej prędkości obrotowej wału i ustalonym obciążeniu,
- wyznaczenie zakłóceń równowagi układu mierniczego przy różnych prędkościach obrotowych wału i ustalonym obciążeniu,
- wyznaczenie wpływu zmiany oporu przy zmianie temperatury.

Wartość obciążenia na wałach pośrednich zostanie wyznaczona poprzez pomiar wartości ciśnienia w komorach ciśnieniowych. Pomiar ten zostanie dokonany za pomocą czujników ciśnieniowych i będzie rejestrowany w czasie działania napędu. Ponadto będziemy rejestrować wielkości przemieszczeń osiowych wałów pośrednich. Badania będą prowadzone przy różnych obciążeniach i różnych prędkościach obrotowych na wejściu napędów.



## LITERATURA

- [1] Dietrych J., Kocańda St., Korewa W. - Podstawy Konstrukcji Maszyn WNT Warszawa 1964.
- [2] Chomczyk Wł. - Badania możliwości wykorzystania mechanicznego momentogeneratora w badaniach przekładni zębatych w układzie mocy zamkniętej. Zeszyt nr 20 Katedry OPKM Pol. Sl. Gliwice 1965.
- [3] Ochęduszek K. - Koła zębate - sprawozdanie PWT Warszawa 1957.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕХХОДОВОЙ ЗУБЧАТОЙ  
ПЕРЕДАЧИ С ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ НАГРУЗОК

## Р е з ю м е

В статье подано описание конструкции трёхходовой соосной зубчатой передачи с гидравлической компенсацией нагрузок сконструированной на Кафедре общих основ конструкции машин. Кроме того подано описание испытательного стенда для исследования соосных зубчатых передач. Испытательный стенд состоит из следующих комплексов:

- двигатель постоянного тока,
- моменто-генератор, фактор вызывающий нагрузку в системе,
- комплекс двух трёхходовых соосных зубчатых передач,
- тенсометрические моментоизмерители
- зубчатая передача, закрывающая системы замкнутой мощности.

## A METHOD OF INVESTIGATING A THREE-WAY GEAR TRANSMISSION WITH A HYDRAULIC COMPENSATION OF LOADS

### S u m m a r y

The article describes the structure of a tree-way coaxial gear transmission with a hydraulic compensation of loads, as has been constructed at the Department of General Fundamentals of Machine Construction. Besides that the article contains a description of the reasearch stand for investigations concerning coaxial gear transmissions. This reasearch stand consists of the following units:

- a D.C. engine,
- a moment-generator, causing the load in the system,
- a set of two three-way coaxial gear transmissions,
- tensometric momentometers,
- a gear transmission which shuts the system of closed power.