

Franciszek DUDA

PRZYMIOTY RUCHOWE DOŚWIADCZALNYCH NAPĘDÓW ZE SPRZĘGLAMI WIROPRAĐOWYMI  
W MASZYNACH GÓRNICZYCH

**Streszczenie.** W artykule omówiono w oparciu o badania ruchowe, pracę doświadczalnych napędów z silnikiem indukcyjnym i sprzęgłem wiroprowadowym w zastosowaniu do niektórych maszyn górniczych. Przedstawiono zalety takiego napędu.

### 1. Wstęp

Napęd elektryczny wielu maszyn górniczych pracuje w trudnych warunkach z powodu częstych rozruchów przy pełnym obciążeniu oraz uderowych przeciążeń.

Przykładowo można wymienić przenośniki taśmowe, często zasypywane uróbką, kruszarki, podsadzarki, prasy brykietowe, zapycharki wozów do klatek i inne.

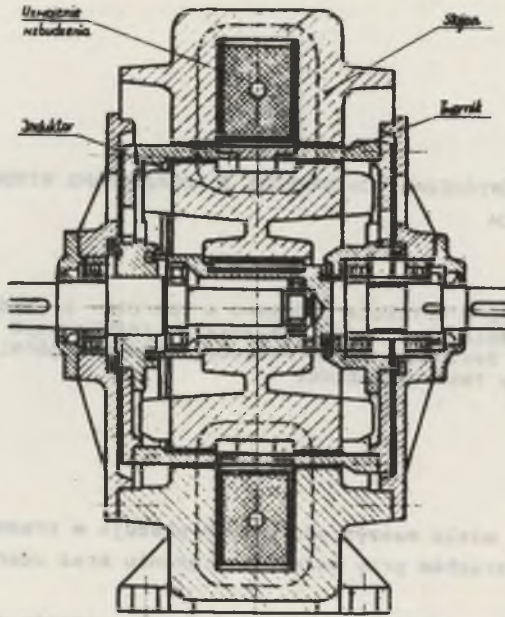
Znacznie korzystniejsze warunki pracy napędu elektrycznego w tych urządzeniach uzyskuje się przy zastosowaniu sprzęgieł elektromagnetycznych na prąd wirowy. Napęd ze sprzęgłem umożliwia płynny rozruch oraz ogranicza przenoszony moment obrotowy, co uzyskuje się przez zmianę prądu wzbudzenia lub nastawienie granicznej wartości tego prądu, odpowiednio do charakterystyki mechanicznej sprzęgła.

Jeżeli moment obciążenia o charakterze biernym przekroczy wartość graniczną, prędkość mechanizmu napędzanego zmniejszy się do zera.

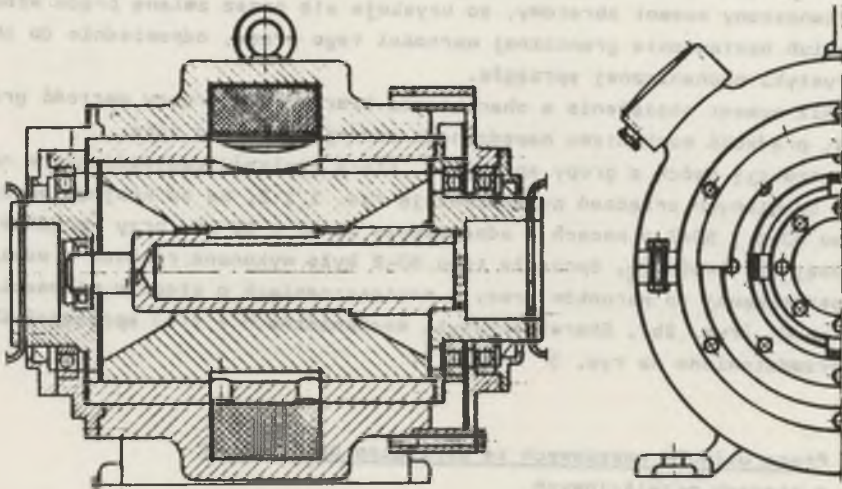
Konstrukcję dwóch z grupy sprzęgieł, które znalazły zastosowanie w napędzie omawianych urządzeń przedstawiają rys. 1 i 2. Są to krajowe sprzęgła typu SJ-1 i SJ-2 o mocach - odpowiednio 15 kW i 10 kW przy prędkości obrotowej ok.  $1450 \frac{1}{min}$ . Sprzęgło typu SJ-2 było wykonane również w odmianie dostosowanej do warunków pracy w pomieszczeniach o stopniu niebezpieczeństwa C, (rys. 2b). Charakterystyki mechaniczne  $M = f(s)$  sprzęgieł SJ-1 SJ-2 przedstawiono na rys. 3 i rys. 4.

### 2. Praca układów napędowych ze sprzęgłem poślizgowym w stanach przejściowych

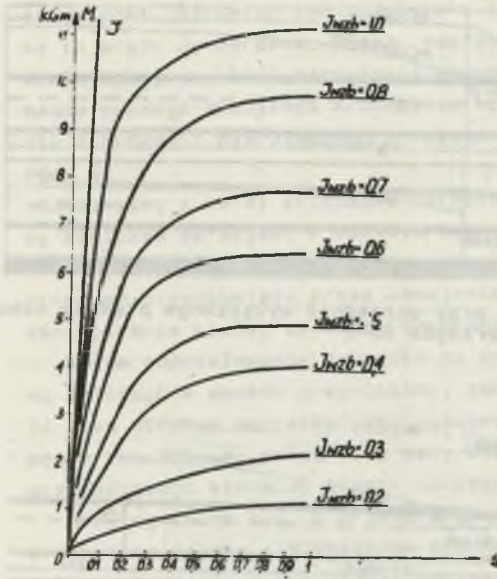
Rozważmy najczęściej występujące w eksploatacji stany przejściowe układu napędowego ze sprzęgłem, a mianowicie - rozruch oraz zmiany momentu obciążenia.



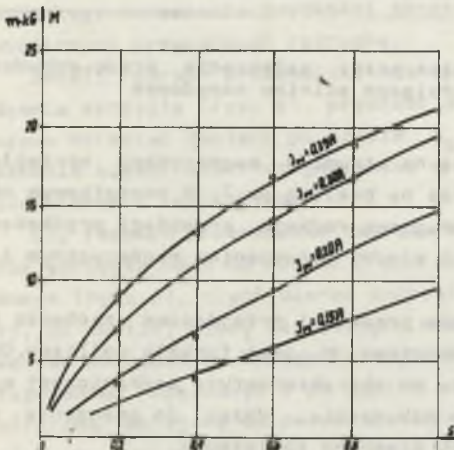
Rys. 1. Przekrój konstrukcyjny sprzęgła SJ-1



Rys. 2. Przekrój konstrukcyjny sprzęgła typu SJ-2



Rys. 3. Charakterystyki mechaniczne sprzęgła SJ-1



Rys. 4. Charakterystyki mechaniczne sprzęgła SJ-2

Punktem wyjściowym do analizy stanów przejściowych są równania dynamiki części czynnej:

$$M_n(t), \omega_1 - M_{el}(t), \omega_2 = J_1 \frac{d\omega_1}{dt} \quad (1)$$

oraz części biernej sprzęgła

$$M_{el}(t), \omega_2 - M_{ob}(t), \omega_2 - M_0 = J_2 \frac{d\omega_2}{dt} \quad (2)$$

W wyrażeniach powyższych moment elektromagnetyczny  $M_{el}$  przenoszony przez pole wirujące z części czynnej (napędzającej) na bierną (napędzaną) jest - ogólnie biorąc - funkcją czasu  $t$  i prędkości części biernej  $\omega_2$ , zgodnie z zależnością tego momentu od poślizgu oraz od strumienia magnetycznego w sprzęgle. Również moment obrotowy silnika napędowego oraz moment obciążenia  $M_{ob}$  mogą w ogólnym przypadku być funkcją czasu tak bezpośrednio jak i pośrednio. Moment strat  $M_0$  odpowiada stratom mechanicznym napędu.

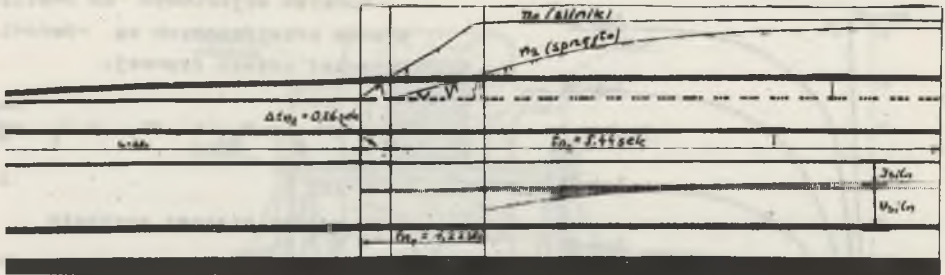
Stosownie do charakteru zmian momentu elektromagnetycznego  $M_{el}$  można wyróżnić dwa zasadnicze rodzaje przebiegów przejściowych w układach napędowych ze sprzęgłem poślizgowym:

- przebiegi przejściowe przy stałym prądzie wzbudzenia,
- przebiegi przejściowe przy zmieniającym się prądzie wzbudzenia.

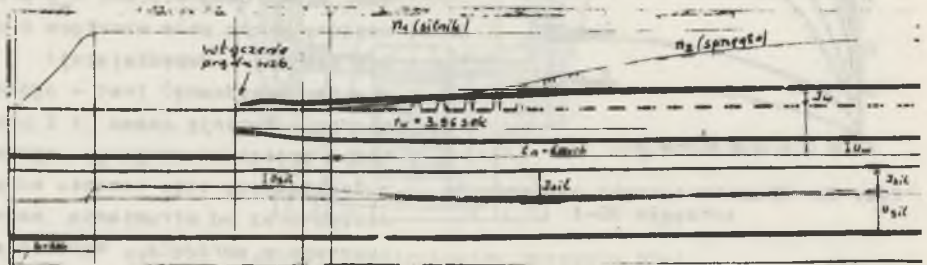
Do pierwszego rodzaju należą przebiegi występujące w wyniku zmian momentu obciążenia mechanizmu napędzanego lub spowodowane przez zmianę prędkości silnika napędzającego część czynną sprzęgła.

Do drugiego rodzaju zaliczyć można przebiegi przy rozruchu, hamowaniu, nawrocie i regulacji prędkości, gdyż występują one przy włączaniu lub wyłączaniu obwodu wzbudzenia na skutek zmian wartości prądu wzbudzenia.





Rys. 5. Rozruch silnika napędowego przy uprzednio wyłączonym prądzie wzbudzenia sprzęgła SJ-2



Rys. 6. Rozruch napędu ze sprzęgłem przez załączenie prądu wzbudzenia sprzęgła SJ-2 przy wirującym silniku napędowym

Zmiany prądu wzbudzenia wpływają na strumień magnetyczny sprzęgła i moment elektromagnetyczny ( $M_{e1}$ ) oraz na poślizg ( $\omega_2$ ). W początkowym okresie trwania stanów przejściowych drugiego rodzaju przebiegi prędkości i momentu są wynikiem współzależności między strumieniem magnetycznym i poślizgiem.

Po ustaleniu się prądu wzbudzenia przebiegi przejściowe zachodzą przy stałym strumieniu i wtedy moment obrotowy  $M$  jest funkcją poślizgu. Oznacza to, że punkt pracy przesuwają się po charakterystyce mechanicznej sprzęgła  $\omega_2 = f(M)$  przy stałym prądzie wzbudzenia, dążąc do położenia, przy którym moment sprzęgła będzie równy momentom obciążenia.

Rozruch układu napędowego ze sprzęgłem elektromagnetycznym poślizgowym może odbywać się przy uprzednio załączonym prądzie wzbudzenia sprzęgła (rys. 5) w wyniku załączenia do sieci silnika napędowego lub w drugiej alternatywie, rozruch maszyny może nastąpić przy wirującym silniku napędowym w wyniku załączenia do źródła prądu stałego obwodu wzbudzenia (rys. 6).

Rozpatrzmy na wstępie przebieg narastania prądu w uzwojeniu wzbudzenia przy nieruchomych obu częściach sprzęgła. Prąd narastający w uzwojeniu wzbudzenia przy skokowej zmianie napięcia zasilania, powoduje narastanie

strumienia. Strumień ten indukuje w litym żelazie sprzęgła prądy wirowe i są to prądy wytworzone przez napięcie transformacji  $\frac{d\Phi}{dt}$ . Prądy wirowe zmniejszają szybkość narastania strumienia i powiększają inercję obwodu magnetycznego uzwojenia wzbudzenia L. Przebieg narastania prądu w uzwojeniu wzbudzenia nieruchomego sprzęgła typu SJ-2 przedstawia oscylogram na rys. 5.

Rozważmy z kolei przypadek narastania prądu wzbudzenia w trakcie zmiany poślizgu sprzęgła. W masywie twornika indukują się wówczas prądy wirowe wytworzone przez napięcie rotacji. Oddziaływanie twornika zmniejsza strumień przenikający przez uzwojenie wzbudzenia i powoduje pośrednio zmniejszenie stałej czasowej uzwojenia wzbudzenia.

Wpływ oddziaływania twornika na stałą czasową uzwojenia wzbudzenia można obliczyć w sposób przybliżony, zakładając, że obwód magnetyczny sprzęgła poza obrębem twornika jest nienasycony. Można uznać, że nasycający się masyw twornika ma procentowo mały udział w łącznym masywie ferromagnetyka przewodzącego strumień główny sprzęgający się z uzwojeniem wzbudzenia.

Oscylogram na rys. 6 przedstawia przebieg narastania prądu wzbudzenia przy zmieniającym się poślizgu obu części sprzęgła SJ-2. Czas narastania prądu wzbudzenia w tym przypadku jest krótszy od czasu narastania prądu wzbudzenia przy nieruchomych obu częściach sprzęgła.

Na oscylogramach zamieszczonych na rys. 5 i 6 uwidocznione są również przebiegi narastania prędkości obrotowej silnika i sprzęgła SJ-2 w obu omówionych przypadkach rozruchu.

Jeżeli rozruch przenośnika następuje przy załączonym uzwojeniu wzbudzenia sprzęgła (rys. 5), prędkość obrotowa części biernej sprzęgła zaczyna narastać dopiero po czasie  $t_1 = 0,26s$ , a więc z chwilą, gdy powstanie moment elektromagnetyczny w wyniku odpowiedniego poślizgu między induktorem i twornikiem.

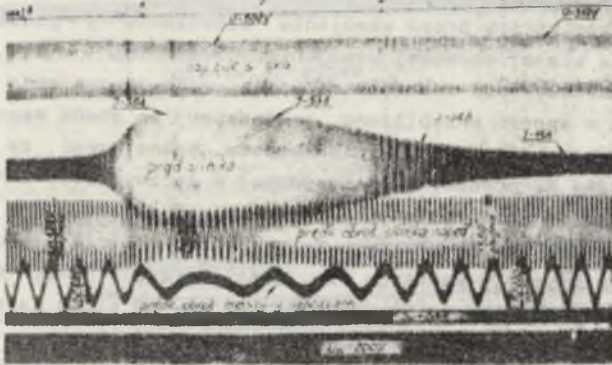
Gdy rozruch przenośnika następuje na skutek załączenia obwodu wzbudzenia sprzęgła SJ-2 do źródła prądu stałego przy wirującym już silniku napędowym (rys. 6), część bierna sprzęgła pozostaje nieruchoma przez  $1,04s$ , tj. do chwili, kiedy narastający moment obrotowy sprzęgła zrówna się z momentem obciążenia. Następnie część bierna sprzęgła przyspiesza wraz z urządzeniem napędzanym i po czasie  $t_2 = 6,38s$  osiąga ustaloną prędkość obrotową, mniejszą od prędkości silnika  $n_1$  o różnicę określoną poślizgiem obu części sprzęgła.

### 3. Wyniki badań napędu ze sprzęgłem przy przenośniku górniczym, udarowo przeciążanym ładunkiem

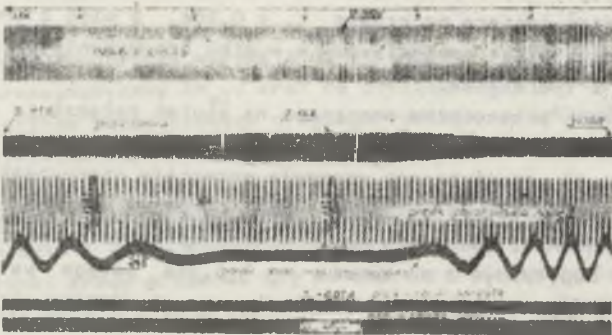
Zdolność sprzęgła poślizgowego do łagodzenia skutków przeciążeń udarowych zależy od dostosowania jego charakterystyki zewnętrznej  $M = f(s)$  do obciążenia przenośnika.

Wybór właściwej charakterystyki zewnętrznej dokonuje się przez zmianę wartości prądu wzbudzenia sprzęgła.

Na rys. 7 i 8 przedstawiono oscylograficzne przebiegi prądu pobieranego przez silnik oraz prędkości obrotowej silnika napędowego połączonego sztywno z częścią czynną sprzęgła SJ-2 i prędkości obrotowej części biernej sprzęgła, przy udarowym przeciążeniu ładunkiem przenośnika.



Rys. 7. Oscylograficzne przebiegi prądu silnika oraz prędkości obrotowej silnika i części biernej sprzęgła SJ-2, przy udarowym przeciążeniu ładunkiem, gdy prąd wzbudzenia  $J_w = 0,3$  A



Rys. 8. Oscylograficzne przebiegi prądu silnika oraz prędkości obrotowej silnika i części biernej sprzęgła SJ-2, przy udarowym przeciążeniu ładunkiem, gdy prąd wzbudzenia  $J_w = 0,07$  A

Sprzęgło poślizgowe zadowalająco spełnia tu funkcję zabezpieczenia napędu przed skutkami udarowych przeciążeń, przy właściwie dobranym prądzie wzbudzenia do spodziewanych przeciążeń układu momentem obciążenia.



#### 4. Zastosowanie sprzęgieł elektromagnetycznych poślizgowych w napędach innych maszyn

Napęd ze sprzęgieł elektromagnetycznym poślizgowym ma zastosowanie do podsadzarki i zapychaka wozów z podszybia do klatki oraz przenośnika zgrzeblowego.

#### 5. Wnioski

1. Napęd elektryczny ze sprzęgieł elektromagnetycznym poślizgowym i silnikiem indukcyjnym dobrze nadaje się do różnych maszyn górniczych.
2. Zastosowanie sprzęgieł w napędzie maszyn jest ekonomicznie uzasadnione z uwagi na prostotę budowy i pewność działania oraz możliwość jego adaptacji do sterowania automatycznego.

#### РАБОЧЕ ПРИМЕНЕНИЕ ОМНЫХ ПРИВОДОВ С ВОРОБЖЕНЫМИ СВЯЗКАМИ В ГОРНЫХ МАШИНАХ

#### Р е з ю м е

В статье обсуждается, опираясь на рабочие исследования, работа опытных приводов с индукционным двигателем и токовикрными муфтами в применении к некоторым горным машинам. Представлены преимущества такого привода.

#### OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF DRIVES WITH WHIRL-CURRENT COUPLINGS IN MINING EQUIPMENT

#### S u m m a r y

The paper discusses on the basis of operation tests the work of experimental induction motor drives with whirl-current couplings as applied to some mining machines. Advantages of such drives have been presented.