

W.SZTWIERTNIA, W.GABRYŚ, A.MATZNER, L.LATOCHA

Katedra Elektryfikacji  
Zakł.Przem.Pol.Śl., B.Proj.P.W.  
Gliwice

CHARAKTERYSTYKA NAPĘDU  
PROTOTYPOWEJ KRAJOWEJ MASZYNY WYCIĄGOWEJ  
W UKŁADZIE LEONARDA 1600 kW

Streszczenie: Referat zawiera omówienie najistotniejszych wyników badań oraz wnioski odnoszące się do ulepszeń i uproszczeń układu napędowego.

Na III-cim seminarium maszyn i napędów elektrycznych podano krótki komunikat o pierwszych wynikach badania napędu objętego nagłówkiem. Niniejsze streszczenie obejmuje najistotniejsze wyniki dalszych badań.

1. Dane znamionowe maszyn głównych

Silnik wyciągowy prądu stałego: typ P-4100/24/550  
1600 kW, 650 V, 2660 A, 45 obr/min. wzbudzenia obce  
220 V, 63 A.

Prądnicą sterująca: typ P-1500/10/250, 1750 kW,  
650 V, 2700 A, 750 obr/min., wzbudzenie obce 220 V, 18 A.

Silnik synchroniczny: typ GAd-168 b, 1850 kW, 6000  
V/trójkąt/, 240 A,  $\cos \phi$  0,8 poj., 750 obr/min. wzbudzenie 50 V, 250 A.

Koło pędne  $\emptyset$  6 m, skip o udźwigu użyt. 7,5 t, ciągnięcie z poziomu 280 m, droga jazdy 311 m, prowadniki linowe.

2. Pomiar momentu, straty w szybie, nadwaga liny

Maszyna wyciągowa umożliwia bezpośredni pomiar momentu w zależności od prądu. Dla wydzielenia strat w szybie mierzono prąd przy ciągnięciu i opuszczaniu znanego ciężaru. Wpływ prędkości określono przez pomiar przy prędkości pełzającej oraz przy 5 m/s i 8 m/s. Uwzględniono wpływ cięższej liny dolnej. Pomiar przeprowadzono przy ciężarach w skipie: 2,5 - 5 - 7,5 - 10 ton odczytując prąd w skrajnych i w środkowym położeniu naczyń.

W wyniku pomiarów wyznaczono zależność prądu twornika od momentu na wale  $I = f(M)$  w przedziale 7,5 ... 30 tm przy znamionowym prądzie wzbudzenia, określonym z charakterystyki biegu jałowego i wynoszącym 63 A.

Pomiar umożliwił sprawdzenie prądu znamionowego silnika (rozbieżność pomijalna), oraz pozwolił wycechować silnik jak dynamometr do pomiaru oporów szybu, nadwagi liny dolnej, ładunku w skipie, momentu dynamicznego itp.

Opory ruchu w badanym szybie w stosunkowo małym stopniu zależą od prędkości i przy udźwigu znamionowym 7,5 t całkowita siła tarcia (w tonach) w funkcji prędkości "v" (w m/s) wynosi:

$$2 R = 0,71 + 0,017 \times v$$

Odpowiada to sprawności szybu ok. 89% przy prędkości 14 m/s, która to wartość tylko nieznacznie przewyższa sprawności podawane w literaturze (85 ... 88%).

Po wymianie liny dolnej nadwaga jej wzrosła do ok. 950 kG, powodując przez to wzrost niebezpieczeństwa poślizgu liny przy dojeździe pełnego naczynia do nadszymbia, zwłaszcza że dojazd odbywa się przy prądzie silnikowym (niewłaściwy kształt krzywek).

3. Straty w maszynach, zużycie energii, sprawność

Dla znamionowego udźwigu użytecznego 7,5 t, znamionowej prędkości ustalonej 14 m/s i dla jednego cyklu pracy zmierzono oraz obliczono zużycie energii:

Praca użyteczna w szybie	23200 kWs
straty w szybie	2900 kWs
Praca wykonana w szybie	A = 26100 kWs

Straty energii w maszynach głównych:

Silnik wyciągowy	4890 kWs
Prądnica sterująca	3400 kWs
Silnik synchroniczny	3800 kWs

Straty energii w zespołach pomocniczych:

Zespoły wzbudzające	700 kWs
Zespoły wentylacyjne	1350 kWs
Tor główny prądu stałego	<u>150 kWs</u>
Straty energii w maszynach	A = 14290 kWs

Sprawność energetyczna napędu elektrycznego:

$$\eta = \frac{A}{A + \Delta A} = \frac{26100}{26100 + 14290} = 0,646$$

Sprawność energetyczna całości urządzenia:

$$\eta = \frac{23200}{40390} = 0,574$$

#### 4. Prąd zastępczy silnika wyciągowego - nagrzanie

Zarejestrowano przebieg prądu głównego dla ok. 250 wyciągów. Na podstawie taśmy rejestracyjnej stwierdzono, że maksymalne i ustalone wartości prądu dla poszczególnych wyciągów wahają się w granicach  $\pm 20\%$ , na skutek niejednakowych wartości ładunku.

Do wyznaczenia prądu zastępczego wybrano 4 wyciągi o największych wartościach prądu maksymalnego. Odpowiadające sobie wartości w tych przebiegach wynoszą:

Nr wyciągu	62	77	102	103
$I_{\max}$ (A)	2700	2750	2900	2700
$I_u$ (A)	1700	1900	2000	2050
$I_z$ (A)	1680	1920	1850	2000
$I_{\max} / I_z$	1,6	1,44	1,45	1,32
$I_d = I_{\max} - I_z$	1000	850	900	650
Q (t)	6,6	7,3	7,6	7,6

Podnoszony ciężar określono z ustalonej wartości prądu  $I_u$ , odejmując straty w szybie.

### W n i o s k i:

a) Prąd zastępczy silnika przy znamionowym udźwigu 7,5 ton wynosi ok. 75% prądu znamionowego. Uwzględniając także wyniki pomiarów nagrzania (L.1) postawiono wnioski, że silnik jest pod względem cieplnym przewymiarowany i można go będzie przeznaczyć do napędu maszyn z kołem pędnym  $\emptyset$  6 m i udźwigu 10 ton. Przepuszczalnie komutacja nie będzie w tym przypadku ograniczała tej możliwości.

Pomiary nagrzania przetwornicy wskazały natomiast na konieczność zastosowania w takim przypadku ( $Q = 10$  ton,  $v = 14$  m/s,  $\emptyset = 6$  m) większej prądnicy i większego silnika synchronicznego.

b) Dla udźwigu 7,5 ton i  $\emptyset = 6$  m nie jest potrzebne obce chłodzenie silnika wyciągowego.

Pomiary nagrzania poszczególnych uzwojeń silnika wyciągowego wskazały na celowość zmniejszenia gęstości prądu w uzwojeniu kompensacyjnym.

## 5. Prądnica i silnik synchroniczny - grzanie

Nadmierne nagrzewanie się uzwojeń stojana silnika synchronicznego zmusiło do pracy przy obniżonym prądzie wzbudzenia (200 A, zamiast 250 A). Silnik nie może pracować przy  $\cos\varphi = 0,8$  poj. Przepuszczalnie w okresie letnim zajdzie potrzeba dalszego obniżenia prądu wzbudzenia. Celowe poprawienie systemu przewietrzania silnika. Zwiększenie obciążenia prądnicy ponad wartości zachodzące w warunkach dotychczasowej pracy - niewskazane.

## 6. Zdolność wydobywczą maszyn

Najkrótsze praktycznie osiągalne przerwy na napełnienie i wyładowanie skipu zmierzone w czasie pomiarów wynosiły 4-5 sek.

Najkrótszy czas 1 cyklu pracy przy prędkości ustalonej 13 m/s wynosił 49 sek. Zdolność wydobywcza wyciągu w przypadku zautomatyzowania napędu wynosi więc

$$\frac{3600}{50} \times 7,5 = 540 \text{ t/h}$$

Dla obecnie stosowanego sterowania ręcznego czas jednego cyklu (na podstawie pomiarów osiągnięty przy 10% wyciągów) wynosi poniżej 55 sek., zatem praktyczna maksymalna zdolność wydobywcza wynosi

$$\frac{3600}{55} \times 7,5 = 490 \text{ t/h}$$

Rzeczywista liczba wyciągów w godzinie (mierzona w czasie największego natężenia ruchu tzn. od 7,00 - 12,00 i od 16,00 - 19,00) była o ok. 40% mniejsza i wyniosła średnio 40 wyc./h co odpowiadałoby wydajności 300 t/h. Zarejestrowane przebiegi wykazały jednakże, że ładowność skipu wykorzystana była w ok. 80% tzn. że maszyna wykorzystana była w ok. 50% (240 t/h). Przyczyny niewykorzystania maszyny tkwią poza nią.

## 7. Rozruch silnika synchronicznego

Zmierzony maksymalny prąd przy rozruchu pośrednim na zaczepie  $0,55 U_n$  autotransformatora (po stronie wtórnej) wynosi  $4,5 I_n$ . Zatem przy rozruchu bezpośrednim udar prądowy byłby rzędu  $(7,5 \dots 8) I_n$ . Tak duża wartość prądu rozruchowego nie pozwala na rezygnację z autotransformatora.

W następnej maszynie krajowej 1600 kW uruchomionej w tym roku udar prądu rozruchowego jest znacznie mniejszy (rzędu  $4,5 I_n$ ).

### 8. Układ sterowniczy

Przebiegi nieustalone przy awaryjnym hamowaniu stosunkowo korzystne. Hamowanie łagodne, bez poślizgu liny. Wpływ hamowania elektrycznego znikomy.

Istnieje możliwość wyeliminowania oporu ochronnego i wyłącznika w obwodzie głównym Leonarda.

W porównaniu do rozwiązań w maszynach importowanych i uruchamianych w ostatnich latach, rozwiązanie w badanym napędzie niewątpliwie lepsze.

Szczegółowe opisy metod pomiarów i badań, sposoby obliczeń oraz wnioski - ujęto w opracowaniach Katedry Elektryfikacji Zakładów Przemysłowych z r. 1960 i 1961. Wymienione prace udostępniono zainteresowanym.

Характеристика электропривода шахтной подъёмной машины отечественного производства по схеме Г—Д мощности 1600 кв

Работа представляет результаты опытов и измерений и предложения упрощений и улучшений привода.

Les caractéristiques d'une commande d'une machine á extraction d'origine polonaise, système Lenard 1600 kW

Le rapport donne les résultats des mesures et essais, aussi que les conclusions concernant les améliorations et simplifications proposées.