

STANISŁAW SZYJA

Zakład Elektryfikacji i Automatyzacji ZKMPW

WPLYW WARUNKÓW ZASILANIA NA PRACĘ GÓRNICZYCH
SILNIKÓW ELEKTRYCZNYCH

Streszczenie: Zmienność momentu rozruchowego silnika asynchronicznego klatkowego w zależności od warunków zasilania i od parametrów znamionowych silnika.

1. Wstęp

Wymagania odnośnie parametrów silników napędowych maszyn i urządzeń górniczych, muszą być sprecyzowane w opraciu o charakterystykę pracy danej maszyny oraz o warunki zasilania tych silników z sieci dołowej.

Wpływ sieci zasilającej jest bowiem szczególnie ważny przy napędach przodkowych instalowanych z dala od źródła zasilania. Stosunkowo "miękkie" sieci elektryczne w oddziałach górniczych są przyczyną powstawania dużych spadków napięć zwłaszcza przy rozruchu.

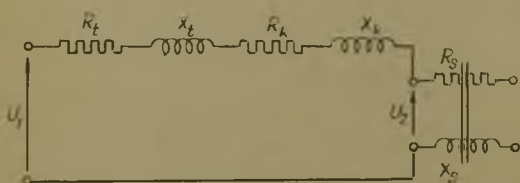
Spadki napięcia pociągają za sobą obniżenie wartości momentu obrotowego silników, co jest szczególnie niekorzystne przy rozruchu maszyn górniczych ruszających pod obciążeniem. Problem rozruchu silnika asynchronicznego z uwzględnieniem wpływu warunków zasilania został ujęty teoretycznie przy przyjęciu daleko idących założeń upraszczających.

Wszystkie rozważania matematyczne, prowadzone w dalszym ciągu tego referatu, wykonane zostały przy pominięciu wszelkich stanów nieustalonych występujących w momencie załączenia silnika na sieć.

Zasadniczym celem podanych rozważań jest uchwycenie wpływu sieci zasilającej silnik asynchroniczny na przebieg jego charakterystyki momentu.

2. Metoda określenia charakterystyki momentu silnika asynchronicznego z uwzględnieniem wpływu sieci zasilającej

Dla określenia charakterystyki momentu silnika oparto się na układzie zasilania łącznie z silnikiem przedstawionym za rys. 1.



Rys. 1. Schemat zastępczy silnika, sieci zasilającej i transformatora

ci, można wyprowadzić zależność momentu obrotowego silnika asynchronicznego uwzględniając warunki zasilania silnika.

Zależności wyprowadzono przy założeniu stałości napięcia U . Jest to równoznaczne z przyjęciem stałości napięcia pierwotnego transformatora.

Opierając się na podstawowych zależnościach oraz założeniu proporcji między momentem silnika a mocą pobieraną przez ten silnik z sie-

$$M_s = M \frac{P_s}{P} = M \left(\frac{U_1}{U_N} \right)^2 \frac{1}{\left(\frac{Z}{Z_s} \right)^2 + 1 + 2 \frac{Z}{Z_s} \cos(\varphi_z - \varphi_s)}$$

gdzie:

M_s - moment obrotowy przy obniżonym napięciu zasilania,

U_1 - napięcie biegu luzem transformatora,

U_N - " " znamionowe silnika,

M - moment obrotowy przy nap. znamionowym,

Z_z - oporność pozorna sieci i transformatora,

Z_s - " " silnika.

Wzór powyższy pozwala obliczyć charakterystykę momentu silnika asynchronicznego z uwzględnieniem spadku napięcia w sieci. Wartość Z_s w ostatnim wzorze zmienia się wraz z poślizgiem silnika asynchronicznego.

Obliczając ekstremum równania można określić wartość oporności silnika Z_s przy której silnik oddaje maksimum mocy użytecznej w zależności od oporności pozornej Z_z .

Maksimum to występuje wtedy, gdy:

$$Z_s = Z_z$$

Z powyższego wywodu wynika, że w danych warunkach zasilania największy moment obrotowy rozwija silnik, którego oporność pozorna równa jest oporności pozornej obrotu zasilającego.

Stosowanie przy danych warunkach zasilania silnika o większej mocy (mniejsza oporność pozorna Z_s) nie poprawi warunków napędowych a wprost przeciwnie - pogorszy je.

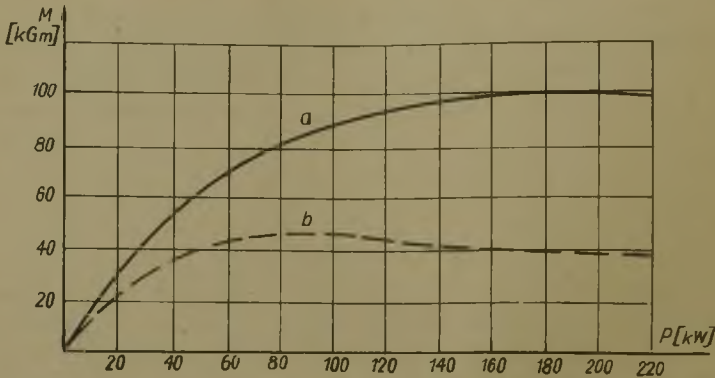
3. Dobór silnika napędowego w zależności od warunków zasilania

Z rozważań matematycznych, mających na celu określenie wpływu sieci zasilającej na prace silników asynchronicznych wynika, że przy doborze silnika do napędu należy sprawdzić jak będzie przebiegać jego charakterystyka momentu w danych warunkach zasilania. Ze względu na trudności w określeniu całej charakterystyki $M = f(n)$ wystarczy zazwyczaj znaleźć jeden punkt tej charakterystyki, a mianowicie wartość momentu rozruchowego.

Dla obliczenia tej wartości można posłużyć się wyprowadzonym wzorem. Na rys.2 przykładowo podano krzywe obrazujące zależność momentu rozruchowego silnika w funkcji jego mocy znamionowej $M_R + f(P_N)$, dla różnych warunków zasilania. Krzywe te określone przy następujących założeniach:

- 1) rozpatrywane silniki są czterobiegunowe,
- 2) współczynnik mocy przy rozruchu $\cos \varphi_s = 0,5$,
- 3) dla wszystkich silników niezależnie od ich mocy znamionowej $\cos \varphi_N \cdot \eta_N = 0,77$,
- 4) prąd rozruchu wszystkich silników $J_R = 5,5 J_N$,

- 5) moment rozruchowy przy napięciu znamionowym wynosi dla wszystkich silników niezależnie od ich mocy 250% momentu znamionowego.



Rys.2. Charakterystyki $M_R = f(P_N)$ dla różnych warunków zasilania

Krzywa "a" przedstawia zależność rzeczywistego momentu rozruchowego silników w funkcji ich mocy znamionowych dla następujących warunków zasilania:

transformator typu JTa o mocy 200 kVA, $U_{zw} = 3\%$

$U_1 = 525 \text{ V}$. Kabel zasilający składa się z dwu odcinków

$l_1 = 350 \text{ m}$, $s_1 = 70 \text{ mm}^2$ żyły Cu

$l_2 = 150 \text{ m}$, $s_2 = 50 \text{ mm}^2$ żyły Cu

Krzywa "b" określona została dla warunków:

transformator 160 kVA, $U_{zw} = 3\%$, $U_1 = 525 \text{ V}$,

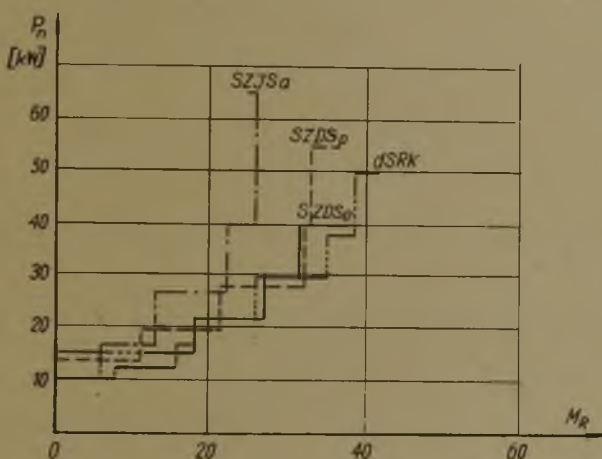
kabel zasilający $l = 1000 \text{ m}$, $s = 50 \text{ mm}^2$ żyły Cu

Z przedstawionych krzywych wynika, że dla warunków zasilania "a" graniczna moc znamionowa silnika wynosi około 200 kW. Instalowanie w tych warunkach silników większych jest bezcelowe, gdyż nie da żadnych korzyści ze względu na moment silnika, natomiast wywołane jego prądem rozruchu duże spadki napięć wpłyną niekorzystnie na pracę innych silników w oddziale.

Dla warunków zasilania "b" moc graniczna wynosi już tylko 90 kW. Z wykresu widać ponadto, że wyraźne zwiększenie momentu rozruchowego w tym wypadku uzyskuje się przy zwiększeniu mocy silników do około 50 kW.

Przedstawione krzywe na rys.3 pozwalają na dobór silnika ze względu na moment rozruchowy przy znanych parametrach sieci zasilającej. Wykresy przedstawione są w formie krzywych schodkowych i uwzględniają stopniowanie mocy w poszczególnych seriach.

Jak widać z załączonego rysunku dla otrzymania określonego momentu rozruchowego można stosować silniki różnej mocy zależnie od rodzaju serii.



Rys.3. Charakterystyki schodkowe $P_N = f(M_R)$ dla warunków zasilania:
 transformator 200 kVA, $U_z = 3\%$, $U_1 = 525$ V
 kabel $l = 1500$ m, $s = 50$ mm²Cu.

Na przykład dla otrzymania w podanych warunkach zasilania c, momentu rozruchowego $M_R = 22$ kGm należy zastosować silniki o mocy 22 kW serii SZDSe lub serii dSRK, 28 kW serii SZDSp lub 40 kW serii SZJSa.

Analiza krzywych schodkowych (rys.3) pozwala na ocenę "dobroci" serii ze względu na parametry rozruchowe.

Właściwie zaprojektowane serie powinny posiadać wykres schodkowy, przebiegający możliwie nisko. Znaczy to, że pewny zakres momentów rozruchowych może być uzyskany przez silniki o minimalnej mocy znamionowej.

Dla porównania "dobroci" poszczególnych serii można wprowadzić współczynnik określony wzorem

$$k_d = \frac{1}{M_2 - M_1} \int_{M_1}^{M_2} P_N(M) dM$$

gdzie:

$M_2 - M_1$ - zakres momentu rozruchowego, w którym porównywane są serie,

$P_N(M)$ - funkcja schodkowa przedstawiająca zależność $P_N = f(M_R)$ w pewnych warunkach zasilania.

Współczynnik dobroci serii jest zatem średnią wartością mocy znamionowej w danym przedziale momentu rozruchowego i przy określonych warunkach zasilania.

Dla rozpatrywanych warunków zasilania, najkorzystniejsze współczynniki "dobroci" posiada seria SZDSe.

4. Wnioski

Rozważania przeprowadzone powyżej prowadzą do następujących wniosków:

1. Silniki asynchroniczne górnicze powinny mieć prąd rozruchu nie większy od pięciokrotnej wartości prądu nominalnego. Warunek ten powinien być spełniony nawet kosztem obniżenia wartości momentu rozruchowego do około 220% momentu znamionowego silnika.

2. Przy doborze silników dla maszyn górniczych należy mieć na uwadze, że zwiększenie momentu obrotowego przez zainstalowanie większego silnika uzależnione jest od sieci zasilającej. W pewnych wypadkach zainstalowanie większego silnika może doprowadzić do zmniejszenia rozwijanego momentu obrotowego.

3. Zasadniczy wpływ na wielkość spadków napięć przy rozruchu silnika a tym samym na moment rozruchowy, ma oporność kabla zasilającego, która jest na ogół znacznie większa od oporności transformatora.

Przy projektowaniu sieci oddziałowej należy zatem zwrócić szczególną uwagę na właściwy dobór kabli zasilających.

4. Z porównania właściwości rozruchowych serii silników krajowych wynika, że najwłaściwsze parametry posiada nowa seria typu SZDSe. Seria ta przewyższa nawet właściwościami rozruchowymi silniki typu dSRK.

LITERATURA

1. Graham R.S.: Routin and development testing as applied to coal-face motors and switchgear. The Mining Electrical and Mechanical Engineer. December 1955.
2. Imas A.D.: Ispytanie elektrodwigatielej dla ugodnych szacht. Uglietechizdat 1954.
3. Kiklewicz N.A.: Uproszczeniowe podszczyty puskowych i maksymalnych momentów korotkozamknutyh elektrodwigatielej pitajemyh ot małomoszcznoj sieti. Elektrichestwo nr 8, 1951 r.
4. Kiklewicz N.A.: Elektropriwod ugodnowo kombajna tipa Donbass. Elektrichestwo nr 4, 1952 r.
5. Grzywak A., Szyja S.: Badanie i dobór silników maszyn górniczych. Komunikat IMG, nr 20. Wydawnictwo "Śląsk" 1957 r.

Влияние условий снабжения на работу горных двигателей

Изменения пускового момента асинхронного короткозамкнутого двигателя от условий электроснабжения и номинальных параметров двигателя.

L'influence des conditions d'alimentation sur le régime des moteurs pour mines

Variations du moment de démarrage d'un moteur asynchrone à cage dependant des conditions d'alimentation et des paramètres nominaux du moteur.