

Tadeusz Janik
Zbigniew Ryczko

Zakład Maszyn Elektrycznych
Politechniki Śląskiej

**METODA WYZNACZANIA I REJESTROWANIA
CHARAKTERYSTYK STATYCZNYCH SILNIKÓW MAŁEJ MOCY**

Streszczenie. Podano sposób formowania sygnałów napięciowych niezbędnych do rejestrowania mocy pobieranej z sieci, współczynnika mocy, mocy użytecznej silnika i sprawności. Celem sprawdzenia proponowanych układów zdjęto charakterystyki obciążenia silnika indukcyjnego z kondensatorem pracy.

1. Wstęp

Masowa produkcja silników elektrycznych małej mocy przeznaczonych do sprzętu powszechnego użytku wymaga przeprowadzenia dużej ilości badań w krótkim czasie. Wynika stąd konieczność maksymalnego uproszczenia samych pomiarów, zautomatyzowania rejestracji i opracowania wyników. Dotyczy to przede wszystkim wyznaczenia charakterystyk statycznych:

- stanu jałowego $I_0, P_0, \cos \varphi_0, n_0 = f(U)$ przy $M = 0, f = f_N$
- zwarcia $I_z, P_z, \cos \varphi_z, M = f(U)$ przy $n = 0, f = f_N$
- obciążenia $I_1, P_1, \cos \varphi, \eta, n = f(P_2)$ przy $U = U_N, f = f_N$

Najwygodniejszym sposobem uzyskania wymienionych charakterystyk jest wykreślenie ich przy pomocy rejestratora XY. Zachodzi jednak konieczność zastosowania przetworników rejestrowanych wielkości, dających napięcie stałe potrzebne do wysterowania rejestratora XY. Dodatkowo należy wytworzyć sygnały napięciowe proporcjonalne do wielkości, które nie są mierzone bezpośrednio:

- mocy czynnej pobieranej z sieci $P_1 = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) i(t) dt$

- współczynnik mocy $\cos \varphi = \frac{P_1}{U I_1}$

- mocy oddawanej $P_2 = M \omega$

- sprawności $\eta = \frac{P_2}{P_1}$

Wymienione zależności można stosunkowo łatwo zrealizować przy wykorzystaniu elementów operacyjnych szybkiej maszyny analogowej. W skład układu do rejestracji charakterystyk statycznych silników będzie więc wchodził zespół odpowiednich czujników pomiarowych (takich jak przekładnik prądowy z bocznikiem, przekładnik napięciowy, miernik prędkości obrotowej, miernik momentu), maszyna analogowa oraz rejestrator XY.

2. Układ formowania sygnałów

Silniki elektryczne małej mocy można obciążać za pomocą jednej z hamownic typu KTM-133, KTM-138, KTM-140. Są to hamownice indukcyjne produkcji japońskiej umożliwiające pomiar prędkości obrotowej, momentu obciążenia oraz momentu rozruchowego. Każda z hamownic jest wyposażona w zaciski wyjściowe umożliwiające rejestrację momentu i prędkości obrotowej. Przedział zmienności napięć sygnałów momentu i prędkości obrotowej wynosi $(0 \div 10 \text{ mV})$.

Wyposażenie układu zasilania silnika w przekładnik napięciowy z potencjometrem oraz przekładnik prądowy z bocznikiem zapewnia otrzymanie napięć proporcjonalnych do napięcia zasilania oraz prądu obciążenia. Są to dwie dalsze wielkości wejściowe do przekształtników realizowanych za pomocą maszyny analogowej.

Pole napięć maszyny analogowej powinno być dostosowane do niskiego poziomu sygnałów prądu, momentu i prędkości obrotowej. Najlepiej nadaje się do tego celu tranzystorowa maszyna analogowa o jednostce maszynowej $\pm 10 \text{ V}$.

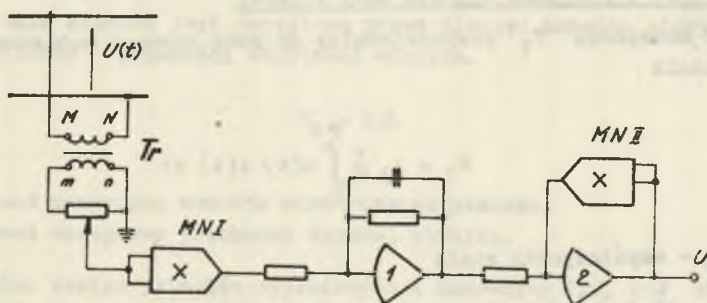
2.1. Układ przetwarzania napięcia zasilania silnika

Sygnał maszynowy U jest proporcjonalny do wartości skutecznej napięcia zasilania silnika $u(t)$

$$U = A_1 \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [u(t)]^2 dt} \quad (1)$$

gdzie A_1 - współczynnik skali.

Sposób modelowania zależności (1) przedstawiono na rys. 1. Napięcie strony wtórnej przekładnika T_r podane na układ mnożący MNI , a następnie uśrednione przez element inercyjny 1 jest z kolei pierwiastkowane w układzie wzmacniacza operacyjnego 2 z mnożarką $MNII$ w obwodzie sprzężenia zwrotnego. Stała czasowa elementu inercyjnego powinna być co najmniej o 2 rzędy większa od okresu napięcia $u(t)$.



Rys. 1. Układ przetwarzania napięcia zasilania silnika

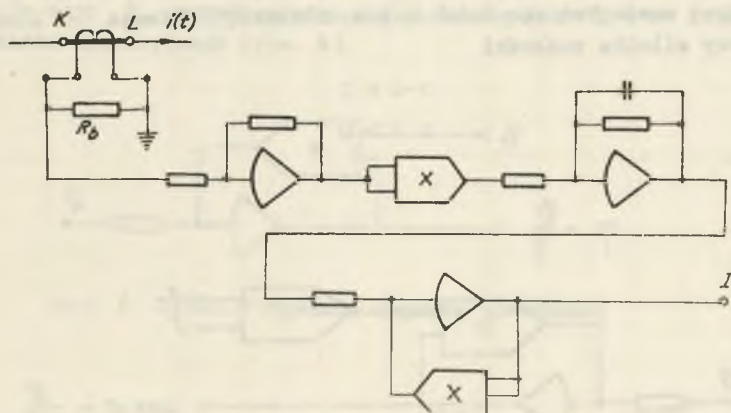
2.2. Układ przetwarzania prądu obciążenia silnika

Podobnie jak sygnał maszynowy U można uzyskać sygnał maszynowy I proporcjonalny do wartości skutecznej prądu obciążenia $i(t)$

$$I = A_2 \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [i(t)]^2 dt} \quad (2)$$

gdzie A_2 - współczynnik skali.

Sposób modelowania zależności (2) przedstawiono na rys. 2.



Rys.2. Układ przetwarzania prądu obciążenia silnika na sygnał napięciowy

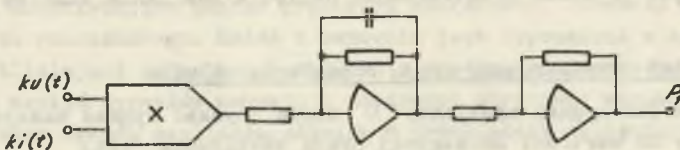
2.3. Układ formowania sygnału mocy czynnej

Sygnał maszynowy P_1 proporcjonalny do mocy czynnej pobieranej przez zadany silnik

$$P_1 = A_3 \frac{1}{T} \int_0^T u(t) i(t) dt \quad (3)$$

gdzie A_3 - współczynnik skali

realizuje układ przedstawiony na rys. 3.



Rys. 3. Układ formowania sygnału mocy czynnej pobieranej przez silnik

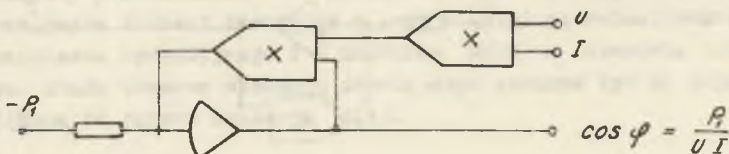
2.4. Układ formowania sygnału współczynnika mocy

Dla współczynnika mocy obowiązuje zależność (4)

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{UI} \quad (4)$$

Sposób modelowania zależności (4) pokazano na rys. 4. Wielkościami wejściowymi są przekształcone według punktu 2.1-2.3 sygnały napięcia U , prądu I oraz mocy czynnej P_1 . Ograniczenia w wykonaniu operacji dzielenia przez maszynę analogową nie zostaną przekroczone, ponieważ z każdym zestawem tanów pracy silnika zachodzi

$$\begin{aligned} P &< U I \\ U I &> 0 \end{aligned} \quad (5)$$



Rys. 4. Układ formowania sygnału współczynnika mocy

2.5. Układ formowania sygnału mocy oddawanej

Moc na wale silnika jest określona przez iloczyn momentu elektromagnetycznego silnika i prędkości obrotowej wirnika.

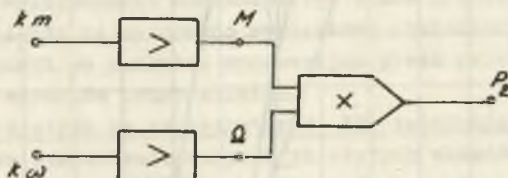
$$P_2 = M\Omega \quad (6)$$

gdzie:

M - sygnał maszynowy momentu elektromagnetycznego,

Ω - sygnał maszynowy prędkości kątowej wirnika.

Maksymalny poziom sygnałów wyjściowych z hamownicy (k_m , k_ω) nie przekracza 10 mV. Zachodzi więc konieczność odpowiedniego wzmacnienia tych napięć tak, aby były dopasowane do zakresu napięciowego mnożarki.

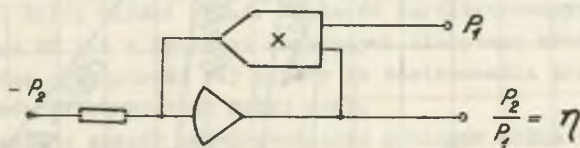


m - moment elektromagnetyczny w Nm

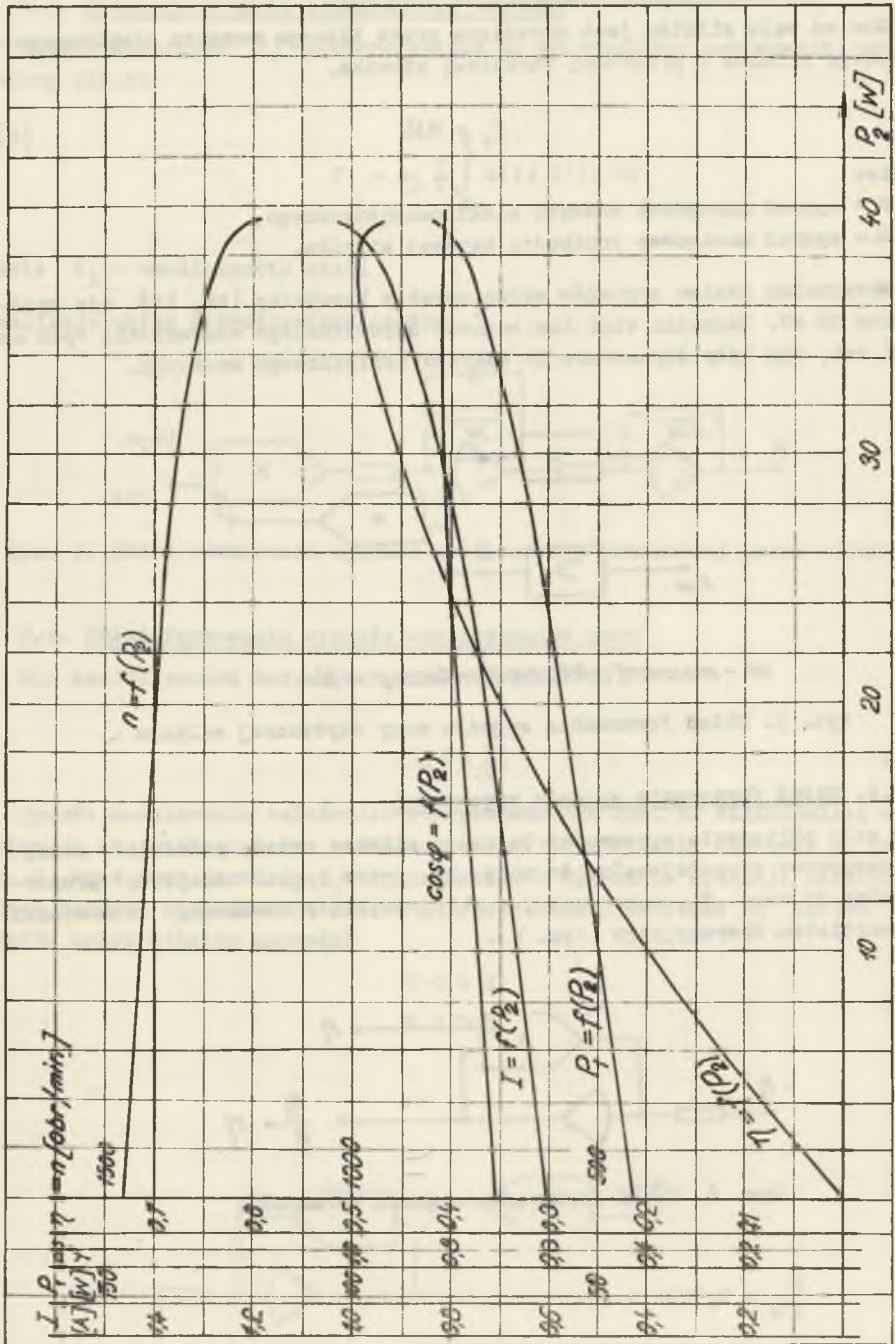
Rys. 5. Układ formowania sygnału mocy użytecznej silnika

2.6. Układ formowania sygnału sprawności

W celu obliczenia sprawności badanego silnika należy podzielić napięcie maszynowe proporcjonalne do mocy P_2 przez sygnał maszynowy proporcjonalny do mocy P_1 , wykorzystując układ dzielący zbudowany z mnożarki i wzmacniacza operacyjnego (rys. 6).



Rys. 6. Układ formowania sygnału sprawności



Rys. 7. Charakterystyki obciążenia 1-fazowego silnika indukcyjnego SN 406

3. Wyznaczenie charakterystyk obciążenia silnika

Dla jednofazowego silnika indukcyjnego typu SN 406 o następujących danych znamionowych

$$\begin{aligned}U_N &= 100 \text{ V} \\P_N &= 20 \text{ W} \\n_N &= 1400 \text{ obr/min}\end{aligned}$$

wyznaczono charakterystyki obciążenia. Wykorzystano do tego celu hamownicę indukcyjną KTM-140, maszynę analogową UA-4, dwa wzmacniacze pomiarowe prądu stałego oraz rejestrator XY. Zarejestrowane charakterystyki $I_1 = f(P_2)$, $\cos \varphi = f(P_2)$, $P_1 = f(P_2)$, $\eta = f(P_2)$, $n = f(P_2)$ są przedstawione na rys. 7.

Ze względu na występowanie mechanicznego stanu nieustalonego przy zmianie momentu obciążenia rejestrowano wymienione charakterystyki nie w sposób ciągły lecz punkt po punkcie, opuszczając pisak rejestratora dopiero po ustaleniu się warunków pracy silnika.

Wyskalowanie zdjętych na rejestratorze XY zależności wymaga znajomości współczynników wzmocnienia wszystkich użytych układów przetwarzania i formowania. Duża ilość zastosowanych elementów komplikuje obliczenia współczynników skali wielkości fizycznych. Dlatego związki między wielkościami fizycznymi a zarejestrowanymi określono drogą pomiarową. Przy zadanej z góry ustalonej wielkości wejściowej dowolnego sygnału tak zmieniano wartość wzmocnienia w torze przekształcania, aby wychylenie pisaka rejestratora osiągnęło wymagane położenie.

4. Wnioski

Przedstawiona metoda wyznaczania charakterystyk statycznych cechuje się mniejszą pracochłonnością w porównaniu z tradycyjnym sposobem badania silników i opracowywania wyników pomiarów. Szczególne znaczenie ma ona przy wykonywaniu dużej ilości badań. Zgodność zarejestrowanych charakterystyk silnika typu SN 406 z wynikami uzyskanymi klasyczną metodą pomiarową w pełni potwierdza przydatność tej metody do zastosowania przy badaniach pełnych silników elektrycznych małej mocy.

Przedstawiony sposób przeprowadzania pomiarów można wykorzystać również do badań maszyn prądu stałego.

LITERATURA

- [1] Lebson S.: Podstawy miernictwa elektrycznego. WNT Warszawa 1970.
- [2] Szopliński Z.: Elektroniczna technika analogowa. WNT Warszawa 1966.

Przyjęto do druku w czerwcu 1974 r.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РЕГИСТРИРОВАНИЯ СТАТИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Резюме

Подан способ формирования сигналов напряжения, необходимых для регистрации мощности, потребляемой из сети, коэффициента мощности, полезной мощности двигателя и коэффициента полезного действия. С целью проверки предлагаемых систем, были сняты характеристики нагрузки однофазного асинхронного двигателя.

METHOD OF DETERMINATION AND REGISTRATION OF PERFORMANCE
CHARACTERISTICS OF ELECTRICAL LOW-POWER MACHINES

Summary

The method of composition of voltage signals necessary for registration of electric power, the power factor, the machine power output and efficiency are presented. In order to check the proposed systems the load characteristics of the induction single-phase capacitor motor were registered.