

Ryszard RUT

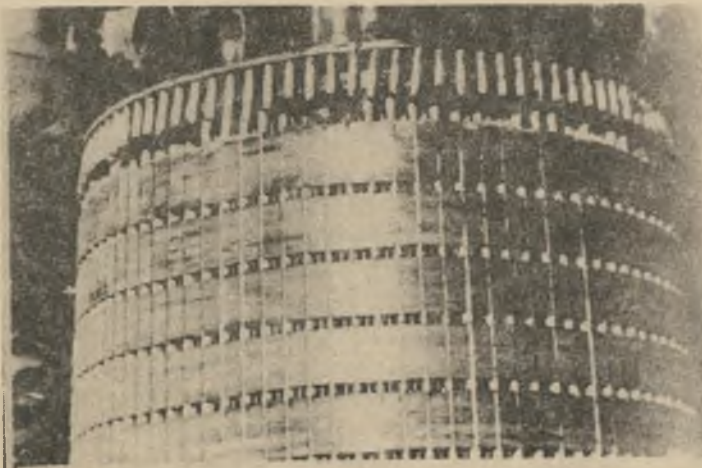
Instytut Elektrotechniki
Politechniki Rzeszowskiej

POMIAROWE BADANIA WPLYWU POŁOŻENIA USZKODZONYCH
PRĘTÓW KLATKI WIRNIKA SILNIKA ASYNCHRONICZNEGO
NA JEGO STATYCZNĄ CHARAKTERYSTYKĘ MECHANICZNĄ

Streszczenie. Przedstawiono wpływ asymetrii wirnika klatkowego, spowodowanej uszkodzeniem prętów klatki, na własności rozruchowe silnika. Problem powyższy analizowano w oparciu o pomierzone charakterystyki mechaniczne dla różnych konfiguracji i różnej liczby uszkodzonych prętów klatki silnika asynchronicznego. W prowadzonej analizie uzasadniono poprawność zastosowanej metody pomiarowej.

1. Wstęp

Częstym niedomaganiem silników asynchronicznych klatkowych pracujących w trudnych warunkach eksploatacyjnych jest asymetria klatki wirnika spowodowana uszkodzeniem prętów (pęknięciem lub zupełną przerwą). Ponieważ liczba uszkodzonych prętów klatki, a także ich usytuowanie na obwodzie, jest przypadkowe, dlatego analityczne ujęcie wpływu asymetrii wywołanej uszkodzeniem prętów wirnika jest nader trudne.



Rys. 1. Zdjęcie uszkodzonej rozruchowej klatki wirnika silnika indukcyjnego

W związku z tym przeprowadzono pomiary wpływu przerwanych prętów na pracę maszyny, zdejmując charakterystykę elektromagnetycznego momentu średniego $M_{eś} = f(n)$ w stanie statycznym ustalonym dla różnych położenia uszkodzonych prętów na obwodzie wirnika. W oparciu o wykonane pomiary określono charakterystyki $M_{eś} = f(n)$.

2. Pomiar momentu

Charakterystykę mechaniczną średniego momentu elektromagnetycznego silnika klatkowego można wyznaczyć metodą:

1. Bezpośrednią, polegającą na bezpośrednim pomiarze momentu średniego i prędkości obrotowej w stanie ustalonym.
2. Metodą oscylograficzną polegającą na pomiarze momentu dynamicznego w procesie wolnego rozbiegu silnika.
3. Metodą pomiarów czujnikami tensometrycznymi momentu przekazywanego przez wał dodatkowym masom bezwładności.

2.1. Wyznaczenie charakterystyki mechanicznej metodą bezpośrednią

Metodą bezpośrednią nazwano tu metodę polegającą na pomiarze średniego momentu elektromagnetycznego i prędkości obrotowej bezpośrednio obciążanego silnika przy prędkości zmieniającej się od 0 do n . Uszkodzenie klatek pociąga za sobą charakterystyczne pulsacje momentu elektromagnetycznego. Moment średni określa punkt statycznej charakterystyki mechanicznej. Badany silnik jest hamowany za pomocą obciążającej najczęściej maszyny prądu stałego. Stosunkowo prosty jest układ, w którym maszyna hamująca pracuje w układzie Leonarda.

Pomiar wymaga wielu pracochłonnych przygotowań spośród których najtrudniejszą do opanowania komplikacją jest szybki przyrost temperatury badanego silnika asynchronicznego w trakcie wykonywania pomiarów. Aby uniknąć wpływu zmian temperatury na wynik pomiarów, trzeba szybko przeprowadzać pomiary, a po zdjęciu każdego punktu średniej charakterystyki zachodzi konieczność ochłodzenia uzwojenia przez włączenie silnika na bieg jałowy.

Charakterystyka mechaniczna zdjęta sposobem bezpośrednim ma tylko pełną wartość jeśli pomiar był wykonany przy napięciu znamionowym. Jednakże dość często, bądź to ze względu na nagrzewanie bądź też z powodu maszyny hamującej o odpowiednio dużej mocy, wykonuje się pomiary przy obniżonym napięciu, a następnie przelicza na napięcie znamionowe mnożąc zmierzony moment przez stosunek kwadratów napięć. Należy tu podkreślić, że przeliczenie momentu zdjętego przy obniżonym napięciu na napięcie znamionowe w relacji kwadratu napięć ma jedynie wartość tylko orientacyjną, gdyż proporcjonalność momentu średniego do kwadratu napięcia jest tylko przybliżona. W wielu przypadkach nie można tu pominąć zmieniających się reaktancji

silnika wskutek nasycenia obwodu strumieniami rozproszczenia. Rezultatem zmian reaktancji średni moment elektromagnetyczny silnika zmienia się w funkcji napięcia z potęgą większą niż druga.

Wpływ nasycenia na udział momentów od wyższych harmoniczných pola powoduje wzrost ich udziału przy obniżeniu napięcia.

2.2. Wyznaczenie charakterystyki mechanicznej za pomocą metod oscylograficznych

Przy pomijalnie małym momencie hamującym kątowne przyspieszenie $\frac{d\omega}{dt}$ w czasie rozruchu silnika jest proporcjonalne do momentu elektromagnetycznego.

Na tej zasadzie można wyznaczyć zależność momentu elektromagnetycznego oscylografując prędkość silnika w czasie rozruchu $n = f(t)$ a następnie punkt po punkcie wyznaczyć graficznie $\frac{dn}{dt}$ jako nachylenie stycznej krzywej prędkości. Przy zastosowaniu elektrycznego różniczkowania funkcji $n = f(t)$ można wyznaczanie pochodnej uczynić bardziej dokładnym. Warunkiem użyteczności tak zdjętej wartości momentu elektromagnetycznego dla wyznaczania przebiegu wartości średniej przy danej prędkości ze średniego momentu w stanach ustalonych jest wolny, elektromagnetycznie quasi ustalony przebieg zmian prędkości obrotowej. Przy wirniku w pełni symetrycznym zawartość składowej pulsującej momentu elektromagnetycznego jest na ogół znikoma tak, że jedyna trudność polega na uzyskaniu kompromisu przyspieszeń kątowych, na tyle zwolnionych aby można uważać proces narastania prędkości silnika jako quasi - ustalony z jednocześnie mierzalnym przyspieszeniem układu. W przypadku wirników o niesymetrycznych obwodach elektrycznych składowa pulsująca w stanie ustalonym a tym bardziej quasi ustalonym utrudnia wyznaczenie wartości średniej momentu elektromagnetycznego przy danej prędkości wirowania. Uwzględniając, że tętnienia momentu w stanie ustalonym wynikające z niesymetrii obwodów elektrycznych wirnika mają podwójną częstotliwość poślizgu [1] separacja składowej stałej momentu jest utrudniona dopiero dla małych poślizgów, przy których moment bezładności w małym stopniu tłumi amplitudę oscylografowanej prędkości obrotowej.

Rys. 2 przedstawia schemat układu różniczkującego złożonego z dwójnika RC. Prąd w obwodzie RC zasilany z prądniczki tachometrycznej przy założeniu pomijalnie małej indukcyjności wewnętrznej twornika jest określony równaniem operatorowym przy zerowych warunkach początkowych:

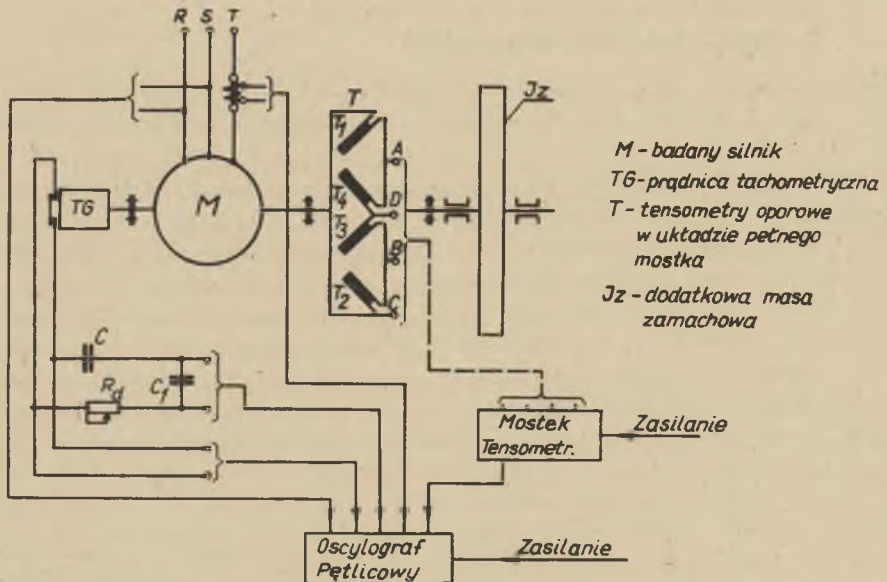
$$i(p) = \frac{1}{R} \cdot \frac{p T}{1 + p T} U_T(p)$$

$$T = RC; \quad R = R_t + R_d + R_p$$

$$U_T = kn$$

$$R_t = \text{rezystancja tachoprądnicy.}$$

- R_p - rezystancja pętlicy oscylografu,
 R_c - rezystancja dodatkowa,
 C - pojemność,
 k - stała tachoprędmicy.



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego, do rejestracji charakterystyki mechanicznej

Dla wolnych przebiegów $U_T(t)$:

$$i(t) \approx C \frac{d U_T}{dt} = C k \frac{dn}{dt}$$

Z kolei moment dynamiczny silnika w przybliżeniu równy momentowi elektromagnetycznemu przy biegu jałowym zespołu:

$$M_e \approx J 2\pi \frac{dn}{dt},$$

gdzie:

J - moment bezwładności mas wirujących.

Stąd odpowiednio skala momentu elektromagnetycznego wyznaczonego na podstawie prądu $i(t)$ pętlicy wynika ze stałej $K = \frac{M_{\theta}}{I}$:

$$K = \frac{J}{C} \frac{2\pi}{k}$$

Zachodzi konieczność doboru stałej czasowej T układu różniczkującego dla optymalności jego działania jak i doboru momentu zamachowego dodatkowych mas bezwładności sprzęgniętych z wałem silnika dla uzyskania przebiegów elektromagnetycznych quasi ustalonych w czasie rozruchu.

W pierwszej chwili po włączeniu silnika pojawiają się w uzwojeniach swobodne prądy przejściowe, wywołujące odpowiednie momenty przejściowe. Wzrost małych stałych czasowych rzędu 2-3 okresów elektromagnetyczne zjawiska przejściowe wygasają po czasie zwykle krótszym niż 0,1 s. Przedłużenie czasu rozruchu ma na celu zlokalizowanie wahań momentu spowodowanych stanami przejściowymi do początkowego odcinka zapisu. Przy zastosowaniu nawrotu nieustalone zjawiska przejściowe występują przy poślizgach $s > 1$.

Podana metoda oscylograficzna daje rozwiązania w postaci zapisu dwóch funkcji $n = f(t)$ i $M_{\theta} = f(t)$. Dyskusja użyteczności oscylograficznej metody zdejmowania charakterystyki momentu silnika asynchronicznego sprowadza się do oceny błędu metody wynikającego:

- a) z pomiaru momentu w stanie nie ustalonym,
- b) z pomiaru momentu chwilowego M_{θ} , podczas gdy charakterystyka mechaniczna silnika ujmuje zależność momentu średniego $M_{\theta s}$ od prędkości obrotowej.

Ad a) W przypadku silnika o pełnej symetrii wirnika oscylacje zmniejszają się w miarę powiększenia czasu rozruchu silnika, w czasie którego rejestruje się prędkość i przyspieszenie kątowne. Nie ustalony przebieg prędkości kątowej wpływa również pośrednio na stan elektrodynamiczny, jednakże przy zwolnionym narastaniu prędkości wpływ ten jest znacznie osłabiony [3], [4]. Przy małych przyspieszeniach, które otrzymuje się w czasie rozruchu przy odpowiednio dużych momentach zamachowych, rejestrowany moment silnika w znikomym tylko stopniu różni się od momentu statycznego w stanie ustalonym.

Ad b) Niesymetria wirnika spowodowana np. przerwami klatek powoduje powstanie elektromagnetycznych momentów tętniących nakładających się na moment podstawowy. Częstotliwość tych tętnień jest równa podwójnej częstotliwości poślizgu wirnika. Moment rejestrowany w czasie rozruchu za pomocą różniczkowania prędkości obrotowej jest zatem momentem zawierającym składową przemienną momentu tętniącego. Przy stosunkowo małych asymetriach klatki wirnika składowa przemienna momentu jest odpowiednio mała. Przy dużych asymetriach trzeba uwzględnić wpływ tych momentów na chwilowy przebieg rejestrowanego momentu. Ponieważ charakterystyka mechaniczna silnika

ujmuje zależność momentu średniego od prędkości obrotowej trzeba od wyniku rejestrowanego odseparować składową przemionną. Można ją wyodrębnić przy odpowiednio wydłużonym rozruchu, uwzględniając częstotliwość tej składowej. O istnieniu i wartości charakterystyki składowej przemiennej momentu można zorientować się na podstawie rejestracji momentu przy stałym obciążeniu mechanicznym silnika.

2.3. Wyznaczenie charakterystyki $M_{e_s} = f(n)$ silnika asynchronicznego za pomocą czujników tensometrycznych

Metoda wyznaczania charakterystyki momentu za pomocą czujników tensometrycznych [5], [6] nadaje się do pomiaru charakterystyk $M_{e_s} = f(n)$ silników z uszkodzeniami klatki.

Dla uzyskania charakterystyki mechanicznej wygodnej dla analizy jakościowej czas rozbiegu należy wybierać w ten sposób, żeby znacznie przewyższał czas tłumienia elektromagnetycznych procesów przejściowych i drgań własnych wirnika.

Zapewnienie optymalnego czasu rozbiegu badanego silnika w zależności od jego typu uzyskuje się przez zmianę masy zamachowej składającej się z wymiennych kół. Skale momentów uzyskuje się przez skalowanie urządzenia tensometrycznego przykładając do końca wału statyczny moment skręcający.

Określając moment obrotowy silnika uwzględnia się, że tylko część momentu dynamicznego powoduje przyspieszenie masy zamachowej wirnika, a tylko część przekazana jest przez wał tensometryczny dodatkowej masie zamachowej. Przy nieobciążonym statycznie układzie w czasie rozruchu

$$M_e = M_{dw} + M_{dz} + M_{st}$$

M_e - moment silnika,

M_{dw} - moment dynamiczny tracony na przyspieszenie wirnika,

M_{dz} - moment dynamiczny przekazywany zewnętrznym masom zamachowym,

M_{st} - moment statyczny (moment tarcia i wentylacji).

Ponieważ oscylograf rejestruje tylko sumę momentów M_{dz} i M_{st} :

$$M_e = \frac{J_w + J_z}{J_z} M_{dz} + M_{st}$$

J_w - moment bezwładności wirnika,

J_z - moment bezwładności dodatkowej masy,

M_{st} - moment statyczny mas zamachowych można pominąć bez uszczerbku dokładności.

Na podstawie zdjętych przebiegów $M_e(t)$ oraz $n(t)$ można w wyniku uśrednień otrzymać charakterystykę $M_{eś} = f(n)$. Można stwierdzić przydatność zarówno metody oscylograficznej z elektrycznym różniczkowaniem oraz metody tensometrycznej.

Podobnie jak przy pomiarach oscylograficznych z elektrycznym różniczkowaniem trzeba uwzględnić przy pomiarach momentu metodą tensometryczną, że w czasie rozruchu silnika wpływ elektromagnetycznego stanu nieustalonego nawet przy symetrycznym wirniku powoduje oscylacyjne odchylenia wartości momentu $M_e(t)$ od średniej wartości $M_{eś}$. Dlatego czas rozbiegu winien być możliwie duży. Przy wydłużonym rozruchu można pominąć wpływ przyspieszenia kąowego na elektromagnetyczny moment silnika w stanie quasi ustalonym. Przy niesymetrii wirnika periodyczne momenty tętniące zmniejszają wynik pomiaru. Jeśli czas rozruchu jest odpowiednio duży, udaje się wyodrębnić periodyczne momenty tętniące z rejestrowanego przebiegu momentu i można wyznaczyć wartość średnią momentu, jako punkty charakterystyki mechanicznej silnika w stanie quasi-ustalonym.

3. Wyniki pomiarów charakterystyki mechanicznej $M_{eś} = f(n)$

Pomiary przeprowadzono w silniku typu SJJWa-74 o następujących danych znamionowych:

$$\begin{aligned} P_N &= 8 \text{ kW}, & J_W &= 0,81 \text{ kg m}^2, \\ U_N &= 220/380 \text{ V}, & \cos\varphi_N &= 0,88, \\ J_N &= 27,6/16 \text{ A}, & \eta_N &= 87\%, \\ n_N &= 1450 \text{ obr/min}, & f_N &= 50 \text{ Hz}. \end{aligned}$$

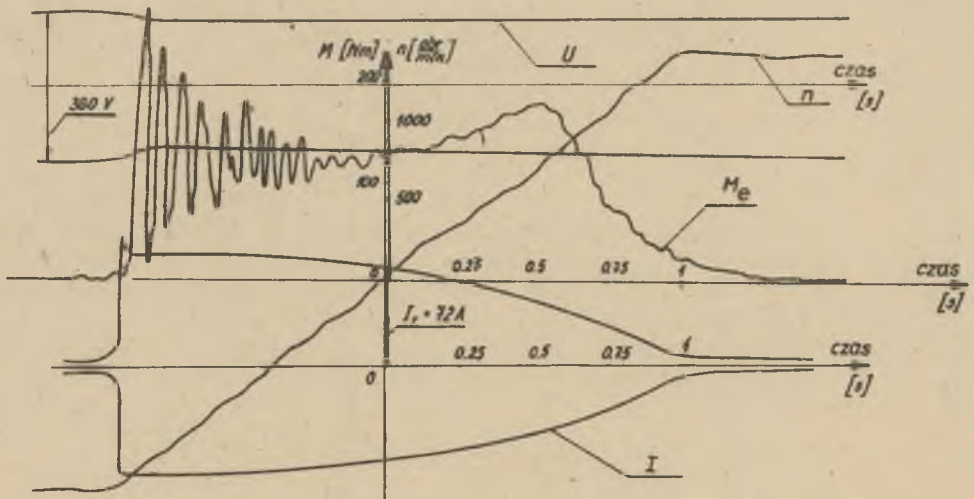
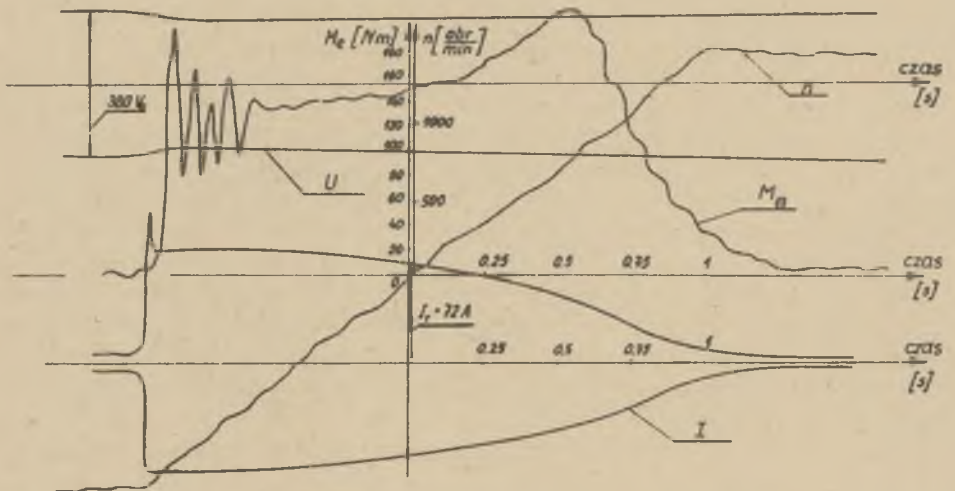
Przystosowano połączenia prętów i pierścienia zawierającego klatki do wykonania galwanicznych przerw w dowolnej liczbie prętów, przy dowolnej ich konfiguracji. Stanowisko badawcze wyposażone było zarówno w układ elektromagnetycznego różniczkowania jak też w aparaturę tensometryczną.

Stosowano parametry obwodu różniczkującego, które okazały się optymalne:

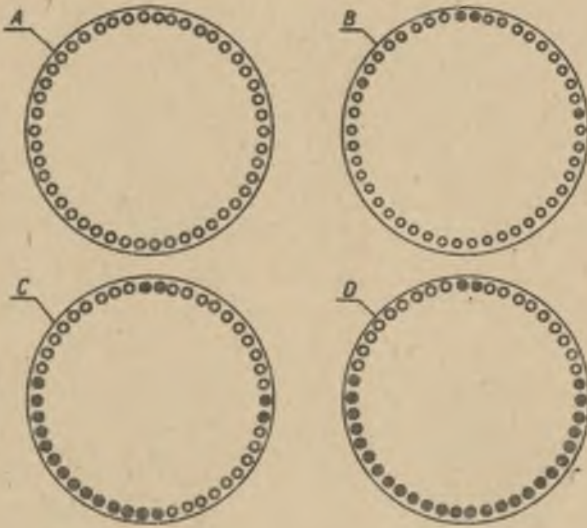
$$C = 10 \mu\text{F}; \quad R = 60\Omega; \quad R = 0,06 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

Na podstawie oscylogramu wykonanego z rewersji wyznaczono charakterystykę momentu w funkcji prędkości obrotowej $M_{eś} = f(n)$. Zastosowano dodatkowe masy bezwładności o stosunku momentów bezwładności względem momentu bezwładności wirnika $\frac{J_z}{J_W} = 4$.

Rys. 3a,b przedstawia przebiegi momentu elektromagnetycznego zdjęte metodą różniczkowania prędkości i metodą tensometryczną silnika o symetrycznej klatce wirnika.

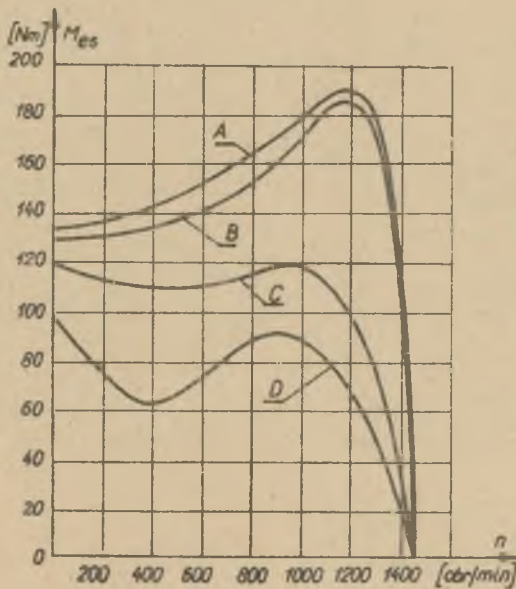


Rys. 3a,b. Przebiegi momentu elektromagnetycznego zdjęte metodą różniczkowania prędkości (a) i metodą tensometryczną (b) silnika o symetrycznej klatce



Rys. 4. Nieuszkodzona klatka (A) oraz konfiguracja przerwanych prętów klatki

B - klatka posiada dwa uszkodzone pręty (4% pełnej liczby prętów), C - klatka posiada osiemnaście uszkodzonych prętów (40% pełnej liczby prętów), D - klatka posiada dwadzieścia osiem uszkodzonych prętów (60% pełnej liczby prętów)



Rys. 5. Charakterystyki mechaniczne wykreślone w oparciu o oscylograficzne pomiary dla niesymetrii wirnika wynikającej z konfiguracji przedstawionej na rys. 4

Przy uszkodzonych prętach klatki przeprowadzono pomiary metodą elektrycznego różniczkowania krzywej prędkości i metodą tensometryczną. Dla różnych miejsc uszkodzeń wirnika pokazanych na kolejnych rysunkach (rys.4) zdjęto przy pomocy oscylografu pętlicowego przebiegi $M_e = f(t)$, $n = f(t)$ i $I_1 = f(t)$ wykonane w czasie rozruchu i reweraży.

Na podstawie oscylogramów wykonanych z reweraży sporządzono charakterystyki mechaniczne silnika $M_{e6} = f(n)$, które przedstawiono na wykresach. Na rys. 5 przedstawiono łącznie kilka uzyskanych charakterystyk.

4. Wnioski

W celu zbadania wpływu konfiguracji uszkodzonych prętów klatki wirnika silnika asynchronicznego na przebieg charakterystyki mechanicznej $M_{e6} = f(n)$ zbadano szereg metod pomiaru charakterystyk dynamicznych momentu, pod kątem ich przydatności w praktyce ruchowej starając się wybrać metodę możliwie mało skomplikowaną, przy zadowalających rezultatach. Metoda oparta na pomiarze przyspieszeń w układzie elektrycznego różniczkowania prędkości obrotowej okazała się przydatna. Pozwala ona na dokonanie bezpośredniego zapisu krzywej momentu w funkcji czasu, nie wymaga stosowania skomplikowanych układów pomiarowych oraz żmudnych przeliczeń.

Celem określenia optymalnych parametrów obwodu różniczkującego, przeprowadzono liczne próby, przy różnych wartościach rezystancji i pojemności układu. Aby uniknąć inercji w rejestrowaniu przebiegu momentu, wymagana jest mała stała czasowa obwodu różniczkującego ($T = RC \approx 10^{-2}$ s). Ponieważ wychylenie plamki oscylografu jest proporcjonalne do pojemności różniczkującej, dlatego też zmniejszenie pojemności wymaga zastosowania bardzo czułej pętlicy oscylografu. Zmniejszenie rezystancji układu powoduje nałożenie się na przebieg zasadniczy różnego rodzaju zakłóceń. Zakłócenia, których przyczyną jest tachoprądnicza (żłobkowe, komutator) eliminujemy przez wprowadzenie filtru pojemnościowego. Całkowite odfiltrowanie zakłóceń wymaga stosowania dużej pojemności ($C \approx 700$ F) w filtrze, co wprowadza do układu dodatkową inercję. W wyniku prób ustalono najbardziej korzystne parametry układu:

$$R = 60 \Omega; \quad C_1 = 200 \mu\text{F}; \quad C = 10 \mu\text{F}; \quad RC = 0,06 \cdot 10^{-2} \text{ s},$$

gdzie:

- C - kondensator różniczkujący,
- C_1 - kondensator filtrujący,
- R - rezystancja obwodu różniczkującego.

Przy tych parametrach układu przeprowadzono 11 pomiarów charakterystyki momentu silnika asynchronicznego, przy różnym położeniu uszkodzonych

prętów klatki wirnika. Jednocześnie mierzono moment za pomocą tensometrów, które w układzie pełnego mostka naklejono na odpowiednim wałku skrętnym łączącym (rys. 2) badany silnik z dodatkową masą powiększającą moment bezwładności mas wirujących. Otrzymane charakterystyki $M_{\text{kr}} = f(n)$ zestawione porównawczo z charakterystyką silnika nie uszkodzonego. Charakterystyki te dowodzą, że dalsze uszkodzenie prętów klatki wirnika powoduje dalsze pogorszenie się własności silnika. Maleje moment krytyczny, moment rozruchowy, rośnie poślizg krytyczny.

Moment krytyczny silnika z uszkodzonymi prętami maleje w miarę wzrostu ilości uszkodzonych prętów. Zmiana ta jest widoczna już przy dwóch uszkodzonych prętach. Niemniej jednak wynik taki nie może przesądzać o uszkodzeniu, bowiem poszczególne egzemplarze silników mogą posiadać dość znaczne odchylenia wartości momentów zgodnie z dopuszczalnymi tolerancjami wykonania silnika u wytwórcy. Kształt charakterystyki momentów nie odbiega wyraźnie od kształtu charakterystyki momentu silnika nie uszkodzonego. Gdy silnik pracuje przy 40% uszkodzonych prętach, jego moment krytyczny osiąga około 50% momentu krytycznego nie uszkodzonego silnika. Przy takim uszkodzeniu praca silnika jest niemożliwa przy znamionowym obciążeniu. Jednocześnie zmienia się wyraźnie kształt charakterystyki, co pozwala na stwierdzenie wewnętrznych uszkodzeń wirnika. Przy 60% uszkodzonych prętów, charakterystyka momentu ulega całkowitej degeneracji.

Wewnętrzne przerwy klatki w mniejszym stopniu wpływają na wartość momentu rozruchowego. Przy uszkodzeniu 40% prętów, moment rozruchowy osiąga około 70% wartości momentu rozruchowego dobrego silnika. Gdy uszkodzone pręty stanowią 60% wszystkich prętów wirnika, to wartość momentu rozruchowego spada do 50% wartości momentu rozruchowego silnika nieuszkodzonego.

W miarę wzrostu przerwanych prętów rośnie poślizg krytyczny. Poślizg krytyczny dobrego silnika wynosi 0,2, natomiast przy 40% uszkodzonych prętów wzrasta do 0,4.

Czas rozruchu silnika nie uszkodzonego, bez dodatkowego momentu zamachowego wynosi 0,23 s. W przypadku uszkodzenia 40% prętów klatki wirnika, czas rozruchu wynosi 0,42 s. Dla ostatniej próby, to znaczy przy 60% uszkodzonych prętów rozruch silnika trwa 0,8 s. Z przeprowadzonej analizy wynika, że przy małej liczbie przerwanych prętów klatki wirnika, krzywa momentu zmienia się tylko w małym stopniu. Dopiero uszkodzenie większej ilości prętów (w granicy 40%) powoduje zniekształcenie charakterystyki uniemożliwiającej normalną pracę silnika.

LITERATURA

- [1] Paszek W., Glinka T. (zesp. 6 autorów): Badania charakterystyk maszyn elektrycznych, Zeszyty Naukowe Pol. Śląskiej "Elektryka" 27/1970.
- [2] Glinka T.: Wyznaczanie charakterystyk momentów i prądu w funkcji poślizgu maszyn asynchronicznych na podstawie charakterystyk częstotliwości. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej "Elektryka" Nr 120, 1964.
- [3] Kazowski E.: Perekhodnyje processy w elektryczeskich maszynach peregennogo toka. Izdatelstwo Akademii Nauk ZSRR, Leningrad, 1962.
- [4] Praca zbiorowa: Elektromagnetyczne procesy przejściowe w asynchronicznym napędzie elektrycznym, WNT, Warszawa, 1970.
- [5] Łapiński M.: Miernictwo elektryczne wielkości nieelektrycznych. WNT, Warszawa, 1968.
- [6] Morecki A.: Miernictwo mechanicznych parametrów maszyn metodami elektrycznymi. PWN, Oddział Łódź, 1972.

Przyjęto do druku w lipcu 1977 r.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ КЛЕТКИ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Р е з ю м е

Представлено влияние асимметрии клеточного ротора на пусковые свойства двигателя, вследствие повреждения стержней клетки ротора.

Представлено результаты измерения механических характеристик для разных конфигураций и для разных чисел поврежденных стержней клетки ротора индукционного электродвигателя.

Подтверждено правильность измерительного метода.

THE INFLUENCE OF THE DISLOCATION OF DAMAGED ROTOR BARS IN INDUCTION SQUIRREL CAGE MOTOR ON ITS MECHANICAL CHARACTERISTICS

S u m m a r y

An influence of the cage rotor asymmetry caused by damage of the cage bars on the starting properties of a motor has been presented.

The mechanical characteristics were measured for various configurations and various numbers of damaged cage bars of an induction motor. The applied measuring method has been theoretically justified.