

ENERGOELEKTRYKA	NORMA BRANŻOWA	BN-81
	Maszyny elektryczne Elementy automatyki <b>Silniki skokowe</b> Wymagania i badania	3016-10
		Zamiast BN-76/3016-10
		Grupa katalogowa 0661

## SPIS TREŚCI

## 1. WSTĘP

- 1.1. Przedmiot normy
- 1.2. Warunki środowiskowe pracy
- 1.3. Określenia

## 2. WYMAGANIA

- 2.1. Błąd statyczny skoku silnika
- 2.2. Maksymalny statyczny moment synchronizujący
- 2.3. Przyrosty temperatur
- 2.4. Częstotliwości charakterystyczne silnika
- 2.5. Nachylenie charakterystyki momentu statycznego synchronizującego
- 2.6. Częstotliwość drgań własnych i logarytmiczny dekrement tłumienia
- 2.7. Tabliczka znamionowa
- 2.8. Dokumenty towarzyszące
- 2.9. Pozostałe wymagania

## 3. PAKOWANIE, PRZECHOWYWANIE I TRANSPORT

## 4. BADANIA

- 4.1. Program badań
- 4.2. Zakres i kolejność badań
- 4.3. Liczność próbek i sposób jej pobierania
- 4.4. Ogólne warunki wykonywania badań
- 4.5. Opis badań
  - 4.5.1. Sprawdzenie impedancji pasm uzwojeń
  - 4.5.2. Sprawdzenie przyrostów temperatury
  - 4.5.3. Sprawdzenie poziomu hałasu

- 4.5.4. Sprawdzenie poziomu drgań
- 4.5.5. Sprawdzenie charakterystyki statycznego momentu synchronizującego
- 4.5.6. Sprawdzenie charakterystyk
  - 4.5.6.1. Sprawdzenie charakterystyk częstotliwościowych oraz częstotliwości charakterystycznych silnika
  - 4.5.6.2. Sprawdzenie charakterystyki rozruchowej
  - 4.5.6.3. Sprawdzenie maksymalnej częstotliwości rozruchu
  - 4.5.6.4. Sprawdzenie charakterystyki granicznej
  - 4.5.6.5. Sprawdzenie częstotliwości granicznej
  - 4.5.6.6. Sprawdzenie charakterystyki nawrotu
  - 4.5.6.7. Sprawdzenie maksymalnej częstotliwości nawrotu
- 4.5.7. Sprawdzenie błędu statycznego skoku
- 4.5.8. Sprawdzenie częstotliwości drgań własnych wirnika i logarytmicznego dekrementu tłumienia
- 4.5.9. Sprawdzenie wytrzymałości na suche gorąco
- 4.5.10. Sprawdzenie wytrzymałości na zimno
- 4.5.11. Sprawdzenie wytrzymałości na cykliczne zmiany temperatury
- 4.5.12. Sprawdzenie wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe
- 4.5.13. Sprawdzenie wytrzymałości na udary mechaniczne
- 4.5.14. Sprawdzenie wytrzymałości na wibracje
- 4.5.15. Sprawdzenie odporności na suche gorąco
- 4.5.16. Sprawdzenie odporności na zimno
- 4.5.17. Sprawdzenie odporności na udary mechaniczne
- 4.5.18. Sprawdzenie odporności na wibracje
- 4.5.19. Sprawdzenie wytrzymałości mechanicznej
- 4.5.20. Sprawdzenie trwałości
- 4.5.21. Sprawdzenie momentu bezwładności wirnika
- 4.6. Ogólna ocena badań

## INFORMACJE DODATKOWE

Zgłoszona przez Instytut Elektrotechniki  
 Ustanowiona przez Dyrektora Zjednoczenia Przemysłu Maszyn i Aparatów Elektrycznych EMA dnia 20 października 1981 r.  
 jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1982 r.  
 (Dz. Norm. i Miar nr 3/1982 poz. 7 )

## 1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są wymagania i badania dotyczące silników skokowych.

**1.2. Warunki środowiskowe pracy** — wg PN-79/E-06030.

### 1.3. Określenia

**1.3.1. liczba pasm uzwojeń silnika skokowego** — liczba niezależnych uzwojeń sterujących silnika.

**1.3.2. znamionowy cykl komutacji** — określony system przełączania pasm uzwojeń silnika umożliwiający dla danej metody sterowania uzyskanie kolejnych, równoległych od siebie położeń wirnika.

**1.3.3. znamionowy skok silnika** — wartość kąta pojedynczego skoku silnika przy znamionowym cyklu komutacji.

**1.3.4. błąd statyczny skoku** — różnica między pomierzoną a znamionową wartością skoku silnika.

**1.3.5. normalna praca silnika skokowego** — praca silnika przy zasilaniu komutatora napięciem znamionowym oraz przy momencie bezwładności obciążenia równym 0,5 momentu bezwładności wirnika, znamionowym cyklu komutacji i częstotliwości przełączania równej maksymalnej częstotliwości rozruchu.

**1.3.6. maksymalny statyczny moment synchronizujący** — maksymalny moment wytwarzany przez silnik przy znamionowym napięciu zasilania, znamionowym cyklu komutacji oraz częstotliwości przełączania równej zeru.

**1.3.7. stan nagrzany normalny** — stan cieplny, jaki osiągnie silnik zamocowany w płycie montażowej (załącznik) w warunkach normalnej pracy silnika w ciągu 1 h.

**1.3.8. Pozostałe określenia** — wg PN-79/E-06030.

## 2. WYMAGANIA

**2.1. Błąd statyczny skoku silnika** nie powinien przekraczać:

— przy skoku znamionowym do 45' —  $\pm 20\%$  wartości znamionowej skoku,

— przy skoku znamionowym do 45' —  $\pm 5\%$  wartości znamionowej skoku,

— przy skoku znamionowym ponad 5° do 15° —  $\pm 3\%$  wartości znamionowej skoku,

— przy skoku znamionowym ponad 15° —  $\pm 2\%$  wartości znamionowej skoku.

**2.2. Maksymalny statyczny moment synchronizujący i rozruchowy** nie powinien być mniejszy niż podano w dokumentach towarzyszących.

**2.3. Przyrosty temperatur** poszczególnych części silnika nie powinny być większe niż dopuszczalne przyrosty temperatury wg PN-79/E-06030.

**2.4. Częstotliwości charakterystyczne silnika.** Częstotliwość graniczna, maksymalna częstotliwość rozruchu i maksymalna częstotliwość nawrotu nie powinny być mniejsze niż podane w dokumentach towarzyszących.

**2.5. Nachylenie charakterystyki momentu statycznego synchronizującego** nie powinno być mniejsze niż 0,9.

**2.6. Częstotliwość drgań własnych i logarytmiczny dekrement tłumienia** powinny być uzgodnione pomiędzy producentem i odbiorcą.

**2.7. Tabliczka znamionowa** powinna być trwale umieszczona na maszynie i powinna zawierać następujące dane:

- typ silnika,
- numer silnika,
- napięcie zasilania,
- maksymalny statyczny moment synchronizujący.

**2.8. Dokumenty towarzyszące.** Do każdego silnika powinna być dołączona dokumentacja techniczno-ruchowa zawierająca:

- rysunek techniczny wymiarów silnika,
- schemat połączeń pasm uzwojeń,
- napięcie zasilania,
- maksymalny statyczny moment synchronizujący,
- częstotliwości charakterystyczne silnika,
- rezystancje i impedancje pasm uzwojenia,
- masę silnika,
- moment bezwładności wirnika,
- instrukcję mocowania.

**2.9. Pozostałe wymagania** — wg PN-79/E-06030.

## 3. PAKOWANIE, PRZECHOWYWANIE I TRANSPORT

Pakowanie, przechowywanie i transport — wg PN-79/E-06030.

## 4. BADANIA

**4.1. Program badań** — wg PN-79/E-06030 p. 4.1.

**4.2. Zakres i kolejność badań** w próbie pełnej i niepełnej podano w tablicy.

Lp.	Nazwa próby	Badanie pełne	Badanie niepełne	Wymaganie wg	Opis próby wg
1	2	3	4	5	6
1	Oględziny, sprawdzenie wymiarów montażowych i masy maszyny	+	+	PN-79/E-06030	PN-79/E-06030
2	Sprawdzenie bicia roboczego końca wału	+	-	PN-79/E-06030	PN-79/E-06030
3	Sprawdzenie rezystancji pasm uzwojeń	+	-	PN-79/E-06030	PN-79/E-06030

cd. tablicy

Lp.	Nazwa próby	Badanie pełne	Badanie niepełne	Wymaganie wg	Opis próby wg
1	2	3	4	5	6
4	Sprawdzenie impedancji pasm uzwojeń	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 1
5	Sprawdzenie rezystancji izolacji	+	+	PN-79/E-06030	PN-79/E-06030
6	Sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej izolacji	+	+	PN-79/E-06030	PN-79/E-06030
7	Sprawdzenie przyrostów temperatury	+	-	2. 4	4. 5. 2
8	Sprawdzenie poziomu hałasu	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 3
9	Sprawdzenie poziomu drgań	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 4
10	Sprawdzenie charakterystyki statycznego momentu synchronizującego	+	-	2. 2	4. 5. 5
11	Sprawdzenie charakterystyki rozruchowej	+	-	2. 4	4. 5. 6 4. 5. 6. 1
12	Sprawdzenie maksymalnej częstotliwości rozruchu	-	+	2. 4	4. 5. 6 4. 5. 6. 2
13	Sprawdzenie charakterystyki granicznej	+	-	2. 4	4. 5. 6 4. 5. 6. 3
14	Sprawdzenie częstotliwości granicznej	-	+	2. 4	4. 5. 6 4. 5. 6. 4
15	Sprawdzenie charakterystyki nawrotu	+	-	2. 4	4. 5. 6 4. 5. 6. 5
16	Sprawdzenie maksymalnej częstotliwości nawrotu	-	+	2. 4	4. 5. 6 4. 5. 6. 6
17	Sprawdzenie błędu statycznego skoku	+	-	2. 1	4. 5. 7
18	Sprawdzenie częstotliwości drgań własnych wirnika i logarytmicznego dekrementu tłumienia (tylko na żądanie odbiorcy)	+	-	2. 6	4. 5. 8
19	Sprawdzenie wytrzymałości na suche gorąco	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 9
20	Sprawdzenie wytrzymałości na zimno	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 10
21	Sprawdzenie wytrzymałości na cykliczne zmiany temperatury	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 11
22	Sprawdzenie wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 12
23	Sprawdzenie wytrzymałości na udary mechaniczne	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 13
24	Sprawdzenie wytrzymałości na wibracje	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 14
25	Sprawdzenie odporności na suche gorąco	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 15

cd. tablicy

Lp.	Nazwa próby	Badanie pełne	Badanie niepełne	Wymaganie wg	Opis próby wg
1	2	3	4	5	6
26	Sprawdzenie odporności na zimno	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 16
27	Sprawdzenie odporności na udary mechaniczne	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 17
28	Sprawdzenie odporności na wibracje	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 18
29	Sprawdzenie wytrzymałości mechanicznej	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 19
30	Sprawdzenie trwałości	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 20
31	Sprawdzenie momentu bezwładności wirnika	+	-	PN-79/E-06030	4. 5. 21

**4.3. Liczność próbki i sposób jej pobierania** — wg PN-79/E-06030.

**4.4. Ogólne warunki wykonywania badań** — wg PN-79/E-06030.

#### 4.5. Opis badań

**4.5.1. Sprawdzenie impedancji pasm uzwojeń.** Impedancję własną jednego pasma uzwojenia silnika należy wyznaczyć, zasilając je napięciem sinusoidalnie zmiennym o wartości skutecznej równej 0,7 wartości napięcia na paśmie uzwojenia w stanie ustalonym oraz częstotliwości 50 Hz. Pomiar należy wykonać dla dwóch położeń wirnika odpowiadających minimum i maksimum reluktancji.

Silnik powinien być sprzęgnięty mechanicznie z samohamowaną przekładnią ślimakową, za pomocą której ustawia się wirnik w określonych położeniach. Pomiar należy wykonać dla wszystkich pasm uzwojenia silnika.

**4.5.2. Sprawdzenie przyrostów temperatury** — wg PN-79/E-06030. Próbę należy przeprowadzić przy zasilaniu silnika napięciem znamionowym, znamionowym cyklu komutacji oraz częstotliwości przełączania równej zeru. Badany silnik podczas próby należy zamocować w płycie montażowej o kształtach i wymiarach podanych wg załącznika. Silnik powinien być mocowany zgodnie z fabryczną instrukcją mocowania.

**4.5.3. Sprawdzenie poziomu hałasu** — wg PN-81/E-04257. Silnik w czasie próby powinien pracować w warunkach pracy normalnej.

**4.5.4. Sprawdzenie poziomu drgań** — wg PN-73/E-04255. Silnik w czasie próby powinien pracować w warunkach pracy normalnej.

**4.5.5. Sprawdzenie charakterystyki statycznego momentu synchronizującego.** Należy wyznaczyć charakterystykę statycznego momentu synchronizującego w funkcji kąta obrotu wirnika obejmującego pełny okres zmian momentu i na jej podstawie określić maksymalny moment synchronizujący, maksymalny moment rozruchowy i nachylenie charakterystyki momentu.

Pomiary należy przeprowadzić w stanie cieplnym praktycznie ustalonym silnika. Stanowisko do wyzna-

czenia charakterystyk powinno umożliwiać jednoczesny pomiar momentu silnika i kąta obrotu wirnika.

Charakterystykę należy wyznaczyć dla wszystkich możliwych stanów cyklu komutacji, np. dla silnika czteropasmowego sterowanego wg sekwencji włączania pasm: 1-2; 2-3; 3-4; 4-1; przeprowadza się cztery próby. Jako wartość maksymalnego statycznego momentu synchronizującego należy przyjąć najmniejszą z amplitud spośród wszystkich wyznaczonych charakterystyk.

Wartości statycznych momentów rozruchowych są wyznaczone przez rzędne punktów przecięcia charakterystyk statycznych momentów wyznaczonych dla kolejnych stanów elektrycznych uzwojeń w sekwencji cyklu komutacji. Jako wartość maksymalnego momentu rozruchowego należy przyjąć najmniejszą spośród wszystkich otrzymanych w opisany sposób wartości statycznych momentów rozruchowych. Nachylenia charakterystyk statycznego momentu synchronizującego należy wyznaczyć graficznie, prowadząc do nich styczne w punktach przejścia przez zero. Stosunek współczynników kierunkowych (N·m/stopień) tych stycznych do współczynnika kierunkowego stycznej do sinusoidy idealnej o tym samym okresie co okres charakterystyki statycznego momentu synchronizującego i amplitudzie równej maksymalnej wartości momentu synchronizującego — powinien być większy lub równy 0,9. Charakterystyki należy wyznaczyć dla napięcia znamionowego.

Przy badaniach niepełnych należy sprawdzić tylko maksymalny statyczny moment synchronizujący. Sprawdzenie można przeprowadzić np. zakładając na wał wyjściowy silnika kółko pasowe ze sznurkiem, na którym zawiesza się ciężar  $G$ . Silnik należy zasilć napięciem znamionowym przy znamionowym cyklu komutacji. Zawieszony ciężar  $G$ , wytwarzający moment równy maksymalnemu momentowi synchronizującemu, należy wyliczyć wg wzoru

$$G = \frac{2M_{\max}}{D + g} \quad (1)$$

w którym:

$M_{\max}$  — wartość maksymalnego momentu synchronizującego,

$D$  — średnica kółka pasowego,

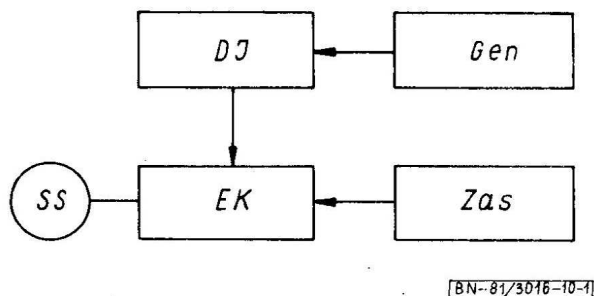
$g$  — grubość nawiniętego sznurka.

Próby należy powtórzyć dla każdego z możliwych stanów komutacji. Wynik próby uznaje się za dodatni, jeżeli wirnik nie obróci się pod wpływem ciężaru  $G$ .

#### 4.5.6. Sprawdzenie charakterystyk

**4.5.6.1. Sprawdzenie charakterystyk częstotliwościowych oraz częstotliwości charakterystycznych silnika.** Próby należy przeprowadzić w stanie nagrzanym normalnym i w normalnych warunkach badań. Zaleca się dodatkowe wykonanie pomiarów przy momentach bezwładności obciążenia równych krotnościom 1; 5; 10 momentu bezwładności wirnika.

**4.5.6.2. Sprawdzenie charakterystyki rozruchowej.** Silnik z umocowanym na wale kółkiem zamachowym o momencie bezwładności równym 0,5 momentu bezwładności wirnika należy umieścić na hamownicy imitującej suche tarcie. Silnik należy włączyć do źródła prądu stałego za pośrednictwem komutatora elektronicznego sterowanego z generatorem częstotliwości poprzez dozownik impulsów wg schematu na rys. 1.



Rys. 1

- SS — silnik skokowy,  
EK — elektroniczny komutator,  
DI — dozownik impulsów,  
Zas — zasilacz,  
Gen — generator częstotliwości.

Na dozowniku impulsów należy nastawić serię impulsów odpowiadającą wielokrotności obrotu wału silnika, a następnie włączyć generator częstotliwości. Wirnik silnika, po wykonaniu nastawionej liczby obrotów, powinien zatrzymać się w położeniu wyjściowym. Nastawiając na hamownicy określone obciążenie i zmieniając nastawienie generatora częstotliwości, należy znaleźć odpowiadające danym obciążeniom największe częstotliwości następowania impulsów sterujących, przy których wirnik silnika wraca jeszcze do położenia wyjściowego. Próby należy powtórzyć dla obu kierunków wirowania, przy czym każdy rozruch należy zaczynać przy innej kombinacji zasilania pasm uzwojeń aż do wyczerpania wszystkich stanów w nominalnym cyklu komutacji, np. dla silnika czteropasmowego możliwe są trzy różne cykle komutacji: a) cykl 1, 2, 3, 4, b) cykl 1-2, 2-3, 3-4, 4-1 oraz c) cykl 1, 1-2, 2, 2-3, 3, 3-4, 4, 4-1. W zależności od wybranego cyklu próbę należy powtórzyć czterokrotnie (cykle a) i b) lub ośmiokrotnie (cykl c). Dla uzyskanych wyników należy wykreślić rodzinę charakterystyk  $M = f(f_r)$  przy  $J = J_n = \text{const}$  i z nich odczytać maksymalną częstotliwość rozruchu.

Jako wartość odpowiednich maksymalnych częstotli-

wości rozruchowych należy przyjąć najmniejsze spośród otrzymanych ze wszystkich charakterystyk.

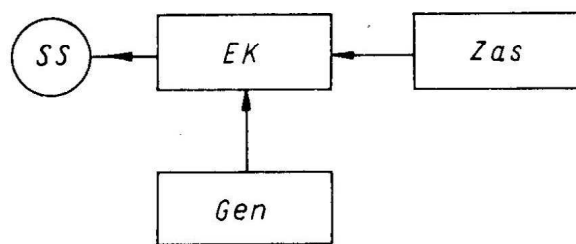
Aproksymując przebiegi charakterystyk rozruchowych, aż do przecięcia się ich z osiami momentów, należy wyznaczyć wartości maksymalnych momentów rozruchowych i najmniejszy z nich porównać z wyznaczonym wg 4.5.5.

Jeżeli niezgodność będzie większa niż  $\pm 10\%$  próby wg 4.5.5 i 4.5.6.2 należy powtórzyć. W przypadku utrzymania się takiej niezgodności — za ostateczny należy przyjąć wynik próby wg 4.5.5.

**4.5.6.3. Sprawdzenie maksymalnej częstotliwości rozruchu** wykonuje się z zastosowaniem tego samego schematu pomiarowego co przy sprawdzeniu charakterystyki rozruchowej.

Na dozowniku impulsów należy nastawić serię impulsów odpowiadającą wielokrotności obrotu wału silnika i po włączeniu uzwojenia silnika na napięcie znamionowe uruchomić generator. Wirnik nie obciążonego silnika po wykonaniu nastawionej liczby obrotów powinien wrócić do położenia wyjściowego, tzn. rozruch i zatrzymanie się silnika powinno nastąpić bez opuszczenia skoku i bez wybiegu. Próby należy powtórzyć kilka razy dla obu kierunków wirowania, przy czym każdy rozruch należy zaczynać przy innej kombinacji zasilających pasm uzwojeń.

**4.5.6.4. Sprawdzenie charakterystyki granicznej.** Badany silnik zaopatrzonego w kółko zamachowe o momencie bezwładności równym 0,5 momentu bezwładności wirnika umieszczony w hamownicy imitującej suche tarcie należy włączyć do źródła prądu stałego za pośrednictwem komutatora elektronicznego sterowanego z generatora częstotliwości wg schematu na rys. 2.



Rys. 2

Częstotliwość generatora należy nastawić poniżej maksymalnej częstotliwości rozruchowej silnika i silnik włączyć. Z kolei silnik należy obciążyć, a częstotliwość generatora zadającego zwiększyć w sposób płynny tak długo, aż silnik wypadnie z synchronizmu i zatrzyma się. Największa częstotliwość następowania impulsów sterujących, przy której silnik nie wypada jeszcze z synchronizmu jest poszukiwaną częstotliwością graniczną dla danego obciążenia.

Pomiar należy powtórzyć, zwiększając stopniowo obciążenie.

Następnie należy wykreślić charakterystykę  $M = f(f_r)$  przy  $J = J_n = \text{const}$  i z niej odczytać częstotliwość graniczną silnika przy biegu jałowym.

**4.5.6.5. Sprawdzenie częstotliwości granicznej** należy wykonać z zastosowaniem tego samego schematu po-

miarowego, co przy sprawdzeniu charakterystyki granicznej.

Na generatorze należy ustawić częstotliwość mniejszą od maksymalnej częstotliwości rozruchu silnika, uruchomić silnik, a następnie zwiększyć płynnie częstotliwość aż do wypadnięcia silnika z synchronizmu. Częstotliwość, przy której nie obciążony wirnik silnika wypadnie z synchronizmu, jest częstotliwością graniczną dla danego momentu bezwładności na wale.

**4.5.6.6. Sprawdzenie charakterystyki nawrotu.** Pomiar przebiegu wykonać w sposób identyczny jak przy sprawdzeniu charakterystyki rozruchowej z tym, że na dozowniku impulsów o dwu torach wyjściowych należy nastawić dwie serie impulsów dla obu kierunków wirowania. Liczby impulsów w seriach powinny być jednakowe. Wirnik silnika po rozruchu i odwzorowaniu pierwszej serii impulsów zmienia kierunek ruchu i odwzorowuje drugą serię impulsów, wracając do położenia wyjściowego.

Należy wyznaczyć rodzinę charakterystyk, przy czym każdy rozruch należy zaczynać przy innej kombinacji załączonych pasm uzwojeń (wynikającej ze znamionowego cyklu komutacji). Dla każdego stanu należy wyznaczyć dwie charakterystyki: jedną przy rozruchu w prawo, drugą przy rozruchu w lewo. Za wartość odpowiednich maksymalnych częstotliwości nawrotu należy przyjąć najmniejszą spośród otrzymanych ze wszystkich charakterystyk.

**4.5.6.7. Sprawdzenie maksymalnej częstotliwości nawrotu** należy wykonać z zastosowaniem tego samego schematu pomiarowego, co przy sprawdzeniu charakterystyki rozruchowej. Na generatorze należy ustawić żadaną częstotliwość podaną w dokumentach towarzyszących, a na dozowniku impulsów — dwie serie impulsów, włączyć generator częstotliwości i sprawdzić, czy wirnik nie obciążonego silnika po nawrocie powraca do położenia wyjściowego.

Pomiar należy powtórzyć dla obydwu kierunków rozruchu.

**4.5.7. Sprawdzenie błędu statycznego skoku** należy wykonać z zastosowaniem podzielnicy optycznej wyposażonej w uchwyt mocujący silnik skokowy (np. precyzyjny uchwyt samocentrujący tokarski). Jako wskaźnik położenia wału silnika należy zastosować przetwornik położenia kąтового (np. selsyn transformatorowy lub transformator położenia kąтового). Po zamocowaniu w uchwycie podzielnicy, należy, obracając głowicę podzielnicy optycznej, znaleźć zero napięcia wyjściowego z przetwornika położenia kąтового. Następnie należy przełączyć uzwojenia silnika w taki sposób, aby silnik wykonał jeden skok i znaleźć najbliższe nowe położenie głowicy podzielnicy optycznej odpowiadające zeru napięcia wyjściowego z przetwornika położenia kąтового. Różnica położenia głowicy podzielnicy optycznej, odczytana z jej skali, daje wartość skoku silnika. Pomiar należy wykonać dla kolejnych skoków tyle razy, ile wynosi liczba skoków przypadająca na jeden pełny obrót wału silnika. Wyniki pomiaru należy przedstawić graficznie, odkładając na osi rzędnych różnicę między skokiem znamionowym a zmierzonym (błąd bezwzględny), a na odciętej — numery kolejnych skoków.

Dopuszcza się stosowanie innych metod pomiarowych sprawdzenia błędu statycznego skoku silnika, wówczas jednak zastosowaną metodę należy opisać w sprawozdaniu z badań.

**4.5.8. Sprawdzenie częstotliwości drgań własnych wirnika i logarytmicznego dekrementu tłumienia.** Próbę należy przeprowadzić, sprzęgając sztywno wirnik badanego silnika z wałem selsyna transformatorowego o momencie bezwładności nie większym od momentu bezwładności wirnika silnika badanego. Jedno z pasm (lub inną liczbę zależnie od przyjętego cyklu komutacji) włącza się na napięcie znamionowe.

Uzwojenia wyjściowego selsyna dołącza się do oscyloskopu. Uzwojenia selsyna zasila się ze źródła o częstotliwości rzędu 1 kHz. Obracając stojan selsyna transformatorowego, znajduje się położenie odpowiadające zeru napięcia wyjściowego selsyna. Następnie uzwojenie badanego silnika przełącza się do kolejnego stanu elektrycznego wynikającego z przyjętego cyklu. Wirnik silnika przemieszcza się o skok, zajmując nowe położenie ustalone, przy czym wokół nowego położenia równowagi występują na ogół oscylacyjne drgania tłumione.

Przebieg tego przemieszczenia uzyska się na oscylografie. Z przebiegu obwiedni określa się wprost logarytmiczny dekrement tłumienia  $\delta$  jako

$$\delta = \ln \frac{A_n}{A_{n+1}} \quad (2)$$

w którym  $A_n$ ,  $A_{n+1}$  — rzędne dwóch sąsiednich ekstremów przebiegu oscylacyjnego oraz częstotliwość drgań własnych (tłumionych) ( $f$ ), odczytując okres oscylacji  $T$

$$f = \frac{1}{T} \quad (3)$$

Częstotliwość drgań (bez tłumienia) ( $f_0$ ) oblicza się wg wzoru

$$f_0^2 = f^2 = \frac{\xi^2}{4\pi^2} \quad (4)$$

w którym  $\xi$  — dekrement tłumienia układu związany z logarytmicznym dekrementem tłumienia zależnością

$$\xi = 2\delta f$$

Dla zapisu opisanego przebiegu, zamiast układu z selsynem transformatorowym można użyć także precyzyjny potencjometr liniowy lub transformator położenia kąтового.

**4.5.9. Sprawdzenie wytrzymałości na suche gorąco** — wg PN-79/E-06030. Po zakończeniu próby należy sprawdzić:

- rezystancję izolacji,
- częstotliwość graniczną,
- maksymalną częstotliwość rozruchu,
- maksymalną częstotliwość nawrotu.

**4.5.10. Sprawdzenie wytrzymałości na zimno** — wg PN-79/E-06030. Po zakończeniu próby należy sprawdzić:

- rezystancję izolacji,
- częstotliwość graniczną,
- maksymalną częstotliwość rozruchu,
- maksymalną częstotliwość nawrotu.

**4.5.11. Sprawdzenie wytrzymałości na cykliczne zmiany temperatury** — wg PN-79/E-06030. Po zakończeniu próby należy sprawdzić:

- rezystancję izolacji,
- częstotliwość graniczną,
- maksymalną częstotliwość rozruchu,
- maksymalną częstotliwość nawrotu.

**4.5.12. Sprawdzenie wytrzymałości na wilgotne gorąco stałe** — wg PN-79/E-06030. Po zakończeniu próby należy sprawdzić:

- rezystancję izolacji,
- częstotliwość graniczną,
- maksymalną częstotliwość rozruchu,
- maksymalną częstotliwość nawrotu.

**4.5.13. Sprawdzenie wytrzymałości na udary mechaniczne** — wg PN-79/E-06030. Po zakończeniu próby należy sprawdzić:

- rezystancję izolacji,
- częstotliwość graniczną,
- maksymalną częstotliwość rozruchu,
- maksymalną częstotliwość nawrotu.

**4.5.14. Sprawdzenie wytrzymałości na wibracje** — wg PN-79/E-06030. Po zakończeniu próby, silnik należy wyjąć z opakowania, przygotować do badań. Uruchomić na okres 2 h w warunkach pracy normalnej. Po upływie tego czasu, wykonać pomiar częstotliwości granicznej, maksymalnej częstotliwości rozruchu i maksymalnej częstotliwości nawrotu.

**4.5.15. Sprawdzenie odporności na suche gorąco.** Silnik należy poddać próbie wg PN-79/E-06030. W czasie próby silnik powinien pracować bez gubienia skoków przy częstotliwości przełączania równej 0,85 maksymalnej częstotliwości rozruchowej.

**4.5.16. Sprawdzenie odporności na zimno.** Silnik należy poddać próbie wg PN-79/E-06030. W czasie próby silnik powinien pracować bez gubienia skoków przy częstotliwości przełączania równej 0,85 maksymalnej częstotliwości rozruchowej.

**4.5.17. Sprawdzenie odporności na udary mechaniczne.** Silnik należy poddać próbie wg PN-79/E-06030. W czasie próby silnik powinien pracować bez gubienia skoków przy częstotliwości przełączania równej 0,85 maksymalnej częstotliwości rozruchowej.

**4.5.18. Sprawdzenie odporności na wibracje.** Silnik należy poddać próbie wg PN-79/E-06030. W czasie próby silnik powinien pracować bez gubienia skoków przy częstotliwości przełączania równej 0,85 maksymalnej częstotliwości rozruchowej.

**4.5.19. Sprawdzenie wytrzymałości mechanicznej.** Silnik należy napędzać w ciągu 2 min dodatkowym silnikiem z prędkością obrotową ( $n$ ) wyznaczoną w obr/min ze wzoru

$$n = \frac{1,2 \cdot 60}{i} \cdot f_{gr} \quad (5)$$

w którym:

$i$  — liczba skoków silnika na jeden obrót,

$f_{gr}$  — częstotliwość graniczna silnika, Hz.

Po zakończeniu próby należy sprawdzić, czy w silniku nie wystąpiły trwałe odkształcenia lub uszkodzenia.

**4.5.20. Sprawdzenie trwałości** — wg PN-79/E-06030. Próbę należy wykonać w warunkach pracy normalnej.

Po zakończeniu próby należy sprawdzić:

- częstotliwość graniczną,
- maksymalną częstotliwość rozruchu,
- maksymalną częstotliwość nawrotu.

**4.5.21. Sprawdzenie momentu bezwładności wirnika.** Moment bezwładności wirnika dającego się łatwo wymontować należy wyznaczyć, zawieszając go na drucie z brązu fosforowego o znanej stałej sprężystości na skręcanie i wprawiając go w drgania skrętne wokół osi podłużnej. Mierzy się okres drgań wirnika ( $T$ ) w s, a moment bezwładności ( $J$ ) oblicza się w  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$  ze wzoru

$$J = \frac{T^2}{4\pi^2} k_s \quad (6)$$

w którym  $k_s$  — stała sprężystości drutu na skręcanie  $\text{N} \cdot \text{m}/\text{rad}$ .

Moment bezwładności wirnika, którego nie można łatwo wymontować, należy wyznaczyć metodą przybliżoną. Na wał maszyny nakłada się tuleję sprężystą o znanej stałej sprężystości na skręcanie, którą mocuje się w odpowiednim uchwycie.

Wirnik wychyla się z położenia równowagi, zwalnia się przyłożony moment wychylający i mierzy okres drgań. Moment bezwładności należy obliczyć w obu przypadkach z tego samego wzoru.

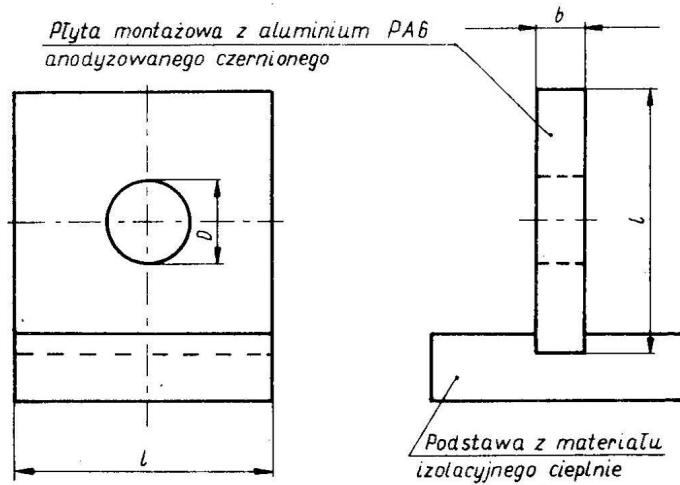
**4.6. Ogólna ocena badań** — wg tablicy i PN-79/E-06030.

K O N I E C

Załącznik

Informacje dodatkowe

## PŁYTA MONTAŻOWA



BN-81/3016-10-Z

l	b	
	dla $D < 50 \text{ mm}$	dla $D > 50 \text{ mm}$
3D	$5 \pm 0,1 \text{ mm}$	$10 \pm 0,2 \text{ mm}$

*D – średnica zewnętrzna korpusu silnika wg PN-78/E-80415*

## INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Elektrotechniki, Warszawa.

## 2. Normy związane

PN-73/E-04255 Maszyny elektryczne wirujące. Pomiar drgań  
 PN-81/E-04257 Maszyny elektryczne wirujące. Wyznaczanie poziomu hałasu  
 PN-79/E-06030 Maszyny elektryczne. Elementy automatyki. Ogólne wymagania i badania  
 PN-78/E-80415 Maszyny elektryczne. Maszynowe elementy automatyki. Wymiary montażowe

## 3. Istotne zmiany w stosunku do BN-76/3016-10

- wprowadzono nowy sposób badania przyrostów temperatury z zastosowaniem płyty montażowej,
- uściślono sposób określenia nachylenia charakterystyki momentu statycznego,
- zmieniono metodę określenia błędu statycznego skoku,
- dostosowano badania środowiskowe do wymagań wg PN-79/E-06030.

4. Autorzy projektu normy — dr inż. Tadeusz Jakubik, mgr inż. Edward Głacki, mgr inż. Ryszard Pyżanowski, Instytut Elektrotechniki, Warszawa.