

ENERGOELEKTRYKA	N O R M A B R A N Ź O W A	BN-79
	Maszyzny elektryczne wirujące Silniki do samotoków	3012-05
	Wymagania i badania	61 Grupa katalogowa VI 60

## PRZEDMOWA

Niniejsza norma dotyczy silników przeznaczonych do jednostkowego napędu samotoków transportowych i walcowniczych. Silniki te znamionowane są na pracę ciągłą S1 wg PN-72/E-06000 oraz maksymalną temperaturę otoczenia +40°C. Silniki napędzające samotoki transportowe są użytkowane przy pracy ciągłej S1, a za tym dane znamionowe podane na tabliczce znamionowej w całej rozciągłości charakteryzują ich pracę. Inaczej sprawa wygląda z silnikami zastosowanymi do napędu samotoków walcowniczych, gdzie występuje inny charakter pracy, odpowiadający pracy przerywanej S7 wg PN-72/E-06000 oraz S7X o przebiegu podanym w 1.4.2. Dlatego też użytkownik powinien, w przypadku zastosowania silnika do napędu samotoków walcowniczych, wyznaczyć parametry znamionowe dla konkretnego układu na podstawie podanej stałej bezwładnościowej, momentu bezwładności wirnika i układu napędzanego. Wiadomo również, że silniki napędzające samotoki transportowe oraz walcownicze pracują niejednokrotnie w temperaturze otoczenia przekraczającej +40°C. W tym przypadku dane znamionowe podane na tabliczce znamionowej powinny być skorygowane w zależności od wartości temperatury po uzgodnieniu z wytwórcą silników.

## 1. WSTĘP

**1.1. Przedmiot normy.** Przedmiotem normy są wymagania i badania dotyczące silników stosowanych do jednostkowego napędu samotoków transportowych i walcowniczych.

**1.2. Zakres stosowania normy.** Postanowienia normy należy stosować do silników niskonapięciowych, budowy zamkniętej, przystosowanych do pracy ciągłej i okresowej o zmiennym kierunku wirowania, na napięciu znamionowe 380, 500 i 660 V oraz częstotliwość znamionowa 50 Hz.

**1.3. Warunki środowiska pracy i warunki zasilania**

a) temperatura czynnika chłodzącego -30 ÷ +40°C,  
b) kształt krzywej napięcia zasilającego i układ napięć zasilających trójfazowych wg PN-72/E-06000.

**1.4. Określenia**

**1.4.1. Stała bezwładnościowa  $B_{\epsilon}$**  — parametr określający własności cieplne silnika nieobciążonego momentem oporowym (dla którego współczynnik bezwładności  $FI = 1$ ), przystosowanego do pracy okresowej.

Stalą bezwładnościową wylicza się w  $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{h}$  wg wzoru

$$B_{\epsilon} = Z_o \cdot J_w \cdot k \quad (1)$$

w którym:

$Z_o$  — maksymalna liczba cykli na godzinę c/h pracy okresowej dla określonej wartości względnego czasu włączenia silnika nieobciążonego, dla której przyrost temperatury uzwojenia stojana nie przekroczy dopuszczalnej wartości,

$J_w$  — moment bezwładności wirnika,  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ,  
 $k$  — współczynnik określający rodzaj przebiegu nieustalonego wyliczony wg wzoru

$$k = s_2^2 - s_1^2 \quad (2)$$

gdzie:

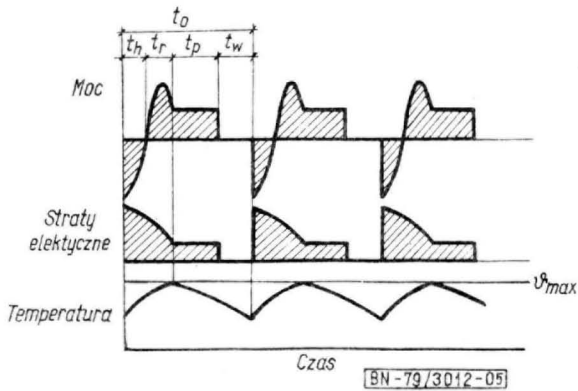
- $s_1$  — poślizg w chwili rozpoczęcia przebiegu nieustalonego,  
 $s_2$  — poślizg w chwili zakończenia przebiegu nieustalonego.

**1.4.2. Praca długotrwała z dużą liczbą włączeń, hamowaniem elektrycznym i wybiegiem S7X** — praca okresowa, podczas której każdy okres obejmuje czasy: rozruchu, pracy przy obciążeniu o stałej wartości, wybiegu i hamowania elektrycznego, przy czym czasy pracy jednego okresu wraz z rozruchem i hamowaniem elektrycznym nie są wystarczające do osiągnięcia ustalonych przyrostów temperatury, zarówno w czasie nagrzewania jak i stygnięcia. Praca ta trwa co najmniej do czasu osiągnięcia przez maszynę stanu równowagi cieplnej.

Symbol pracy długotrwałej z dużą liczbą łączeń, wybiegiem i hamowaniem elektrycznym składa się z oznaczenia S7X, liczby łączeń na godzinę, symbolu współczynnika bezwładności  $FI$  oraz jego wartości, np.:  
S7X 150 c/h  $FI.2$  wg BN-79/3012-05

Typowy przebieg tej pracy w stanie równowagi cieplnej przedstawia rysunek.

Zgłoszona przez Branżowy Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Maszyn Elektrycznych  
Ustanowiona przez Dyrektora Zjednoczenia Przemysłu Maszyn i Aparatów Elektrycznych EMA dnia 23 listopada 1979 r.  
jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1980 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 1/1980 poz. 3)



$\vartheta_{max}$  — najwyższa temperatura,  $t_o$  — czas trwania okresu,  $t_h$  — czas hamowania,  $t_r$  — czas rozruchu,  $t_p$  — czas pracy przy obciążeniu o stałej wartości,  $t_w$  — czas wybiegu

Względny czas pracy w procentach — wg wzoru

$$\epsilon = \frac{t_h + t_r + t_p}{t_h + t_r + t_p + t_w} \cdot 100 \quad (3)$$

**1.4.3. Wytrzymałość cieplna silnika w stanie zwarcia** — czas w minutach liczony od stanu zimnego silnika, w stanie zwarcia przy napięciu i częstotliwości znamionowej, dla którego temperatura uzwojenia stojana osiąga wartość dopuszczalną dla zastosowanej w silniku klasy izolacji.

**1.4.4. Pozostałe określenia** — wg PN-72/E-06000.

## 2. WYMAGANIA

**2.1. Forma wykonania** — IM 3001. Po uzgodnieniu z wytwórcą dopuszcza się formę wykonania IM 1001 lub IM 2001 wg BN-78/3010-14.

**2.2. Skrzynka zaciskowa** powinna być umieszczona z boku kadłuba po prawej stronie, patrząc od strony napędu, z możliwością przestawienia o kąt 90°. Na życzenie zamawiającego silniki mogą być wykonane ze skrzynką z lewej strony kadłuba.

**2.3. Połączenia śrubowe.** Wszystkie połączenia śrubowe powinny być zabezpieczone przed samoodkręceniem.

**2.4. Zacisk do przyłączenia przewodów ochronnych** — wg PN-72/E-06000 p. 2.26.

**2.5. Tabliczka znamionowa.** Każdy silnik powinien mieć tabliczkę, wykonaną z materiału trwałego i odpornego na ścieranie, umocowaną do kadłuba, na której powinny być podane następujące dane:

- znak fabryczny,
- oznaczenie typu,
- numer fabryczny,
- znamionowy rodzaj pracy,
- znamionowe napięcie i układ połączeń,
- znamionowa częstotliwość,
- moment rozruchowy,
- prąd rozruchowy,

i) stała bezwładnościowa  $B_e$  dla względnego czasu pracy 40%,

j) znamionowa moc,

k) znamionowy prąd,

l) znamionowy współczynnik mocy,

ł) stopień ochrony,

m) klasa izolacji,

n) masa silnika,

o) numer niniejszej normy.

**2.6. Rezystancja izolacji uzwojeń silnika** nie powinna być mniejsza niż:

— 10 M $\Omega$  w stanie zimnym,

— 2 M $\Omega$  w stanie nagrzanym.

**2.7. Stopień ochrony** co najmniej IP44 — wg PN-79/E-08106.

**2.8. Nagrzewanie się silników przy bezpośrednim obciążeniu dla pracy S1** — wg PN-72/E-06000 p.2.12, przy czym dopuszczalne przyrosty temperatury wszystkich uzwojeń powinny być niższe o co najmniej 10°C od przyrostów dopuszczalnych.

**2.9. Nagrzewanie się silników przy napięciu różniącym się od znamionowego.** Silniki powinny pracować poprawnie przy nominalnym obciążeniu i zasilaniu napięciem zawartym w granicach 95 ÷ 105% napięcia znamionowego o znamionowej częstotliwości, przy czym dopuszczalne przyrosty temperatury w tym stanie pracy mogą być przekroczone. Przy skrajnych wartościach 95% i 105% napięcia znamionowego, przekroczenia te nie mogą być większe od 10°C.

**2.10. Nagrzewanie się silników przy pracy S7 i S7X.** Przyrosty temperatury poszczególnych części silnika, zmierzone w warunkach badań wg 4.7, nie powinny być większe do wartości dopuszczalnych określonych w PN-72/E-06000 p.2.12.

**2.11. Wytrzymałość na zwarcie.** Silniki powinny wytrzymać, bez przekroczenia dopuszczalnych przyrostów temperatury, nagrzewanie prądem zwarcia w ciągu co najmniej 5 min.

**2.12. Wytrzymałość mechaniczna przy zwiększonej prędkości obrotowej.** Silniki w stanie zimnym powinny wytrzymać w ciągu 2 min bez uszkodzeń i trwałych odkształceń zwiększoną prędkość obrotową wynoszącą 1,5 znamionowej prędkości obrotowej silnika.

**2.13. Dopuszczalny poziom dźwięku** — klasa I wg PN-72/E-06019.

**2.14. Dopuszczalny poziom drgań** — poziom VN wg PN-73/E-06020..

## 3. PAKOWANIE, PRZECHOWYWANIE I TRANSPORT

**3.1. Pakowanie.** Silniki powinny być tak opakowane, aby podczas transportu nie uległy uszkodzeniu. Niemałowane części obrobione powinny być zabezpieczone przed wpływami atmosferycznymi smarem lub łatwo zmywalnym lakierem antykorozyjnym.

Opakowanie powinno być oznakowane wg PN-76/O-79252.

Szczegółowe wymagania dotyczące sposobu pakowania i zabezpieczania elementów silników przed wilgocią powinny być zawarte w umowie między wytwórcą a zamawiającym.

**3.2. Przechowywanie.** Silniki należy przechowywać w pomieszczeniach czystych, suchych i przewiewnych, do których nie mają dostępu gazy, pary żrące i inne szkodliwe dla izolacji silnika substancje, temperatura nie spada poniżej 5°C, a wilgotność w temperaturze 20°C nie przekracza 80%.

**3.3. Transport.** Silniki powinny być przewożone krytycznymi środkami transportu w opakowaniu wg 3.1. Opakowania powinny być zabezpieczone przed przemieszczaniem się w czasie transportu.

#### 4. BADANIA

**4.1. Program badań — wg PN-72/E-06000.**

**4.2. Badania typu — wg tablicy.**

Lp.	Nazwa badania	Wymagania wg	Badania wg
1	Oględziny	PN-72/E-06000 p.2.26. i 2.29 oraz wg 2.1÷2.5	PN-72/E-06000 p.3.9
2	Pomiar rezystancji izolacji uzwojeń	2.6	PN-72/E-06000 p.3.9
3	Sprawdzenie stopnia ochrony	2.7	PN-79/E-08106
4	Pomiar rezystancji uzwojeń zimnego silnika prądem stałym	dokumentacji	PN-72/E-06000 p.3.10
5	Wyznaczenie charakterystyki biegu jałowego i strat jałowych	dokumentacji	PN-72/E-06000 p.3.16.3.2 PN-72/E-04272 p.2.2
6	Pomiar prądu i strat biegu jałowego	dokumentacji	PN-72/E-06000 p.3.16.3.2 PN-72/E-04272 p.2.2
7	Pomiar prądu, strat i momentu rozruchowego w stanie zwarcia przy częstotliwości znamionowej	dokumentacji	PN-72/E-04272 p.2.8
8	Próba nagrzewania przy bezpośrednim obciążeniu	2.8	PN-72/E-06000 3.11.2
9	Próba nagrzewania przy napięciu różniącym się od znamionowego	2.9	4.6
10	Wyznaczenie strat i sprawności	PN-72/E-06000 p.2.23 i 2.24	PN-72/E-04272 p.2.4 i 2.5
11	Wyznaczenie współczynnika mocy w zależności od obciążenia, poślizgu przy obciążeniu znamionowym oraz momentu krytycznego	PN-72/E-06000 p.2.24	PN-72/E-04272 p.2.4 i 2.5
12	Wyznaczenie przebiegu prądu i momentu rozruchowego	dokumentacji	PN-72/E-04272 p.2.7
13	Sprawdzenie momentu rozruchowego minimalnego	PN-72/E-06000 p.2.14	PN-72/E-04272 p.2.6
14	Próba nagrzewania przy pracy S7 i S7X	2.10	4.7

cd. tablicy

Lp.	Nazwa badania	Wymagania wg	Badania wg
15	Próba wytrzymałości cieplnej silnika w stanie zwarcia	2.11	4.8
16	Wyznaczenie charakterystyki zwarcia, początkowego oraz strat w stanie zwarcia	dokumentacji	4.9
17	Próba wytrzymałości mechanicznej przy zwiększonej prędkości obrotowej	2.12	PN-72/E-06000 p.3.14
18	Próba izolacji zwojów	PN-72/E-06000 p.2.13	PN-72/E-06000 p.3.15.1
19	Próba izolacji uzwojeń	PN-72/E-06000 p.2.13	PN-72/E-06000 p.3.15.2
20	Wyznaczenie poziomu dźwięku	2.13	PN-72/E-04257
21	Wyznaczenie poziomu drgań	2.14	PN-73/E-04255
22	Wyznaczenie momentu bezwładności wirnika	dokumentacji	PN-78/E-04252

**4.3. Próba wyrobu — wg tablicy lp. 1, 2, 4, 6, 7, 18, 19.**

**4.4. Liczność próbek dla badania typu i wyrobu — wg PN-72/E-06000 p.3.6.**

**4.5. Ogólne warunki wykonywania badań — wg PN-72/E-06000 p.3.7.** W przypadku pomiaru rozkładu temperatury silnika za pomocą wbudowanych czujników, podczas próby, równocześnie z pomiarem rezystancji uzwojenia stojana należy odczytywać napięcia poszczególnych czujników i określić na tej podstawie rozkład temperatury w różnych miejscach silnika.

**4.6. Próba nagrzewania przy napięciu różniącym się od znamionowego.** Próbę należy przeprowadzić jak próbę nagrzewania przy bezpośrednim obciążeniu wg PN-72/E-06000 p.3.11.2 z zachowaniem warunków podanych w 2.9.

Dopuszcza się sprawdzenie przyrostów temperatury dla ww. warunków pracy obliczeniowo.

**4.7. Próba nagrzewania przy pracy S7 i S7X.** Próbę należy przeprowadzić przy zasilaniu silnika napięciem znamionowym o znamionowej częstotliwości, w następujących cyklach pracy:

— S7 i względnym czasie pracy = 1,

— S7X i względnym czasie pracy = 40%.

W celu ograniczenia liczby cykli na godzinę c/h, tak aby  $z < 1000$ , na wał silnika zamocowuje się dodatkowe masy w postaci tarcz o wycechowanym momencie bezwładności, którego wartość określa dokumentacja techniczna.

Liczbę cykli na godzinę należy obliczyć ze wzoru

$$z = \frac{B_{\epsilon}}{J_{\text{całk}} \cdot k} \quad (4)$$

w którym:

$B_{\epsilon}$  — stała bezwładnościowa silnika,

$J_{\text{całk}}$  — całkowity moment bezwładności,

$k$  — współczynnik przebiegu nieustalonego.

$$J_{catk} = J_w + J_{dod} \quad (5)$$

$$b = \frac{n_B}{n_s} \quad (8)$$

gdzie:

$J_w$  — moment bezwładności wirnika,  
 $J_{dod}$  — moment bezwładności tarczy zamachowej.

Przy wyznaczaniu współczynnika przebiegu nieustalonego  $k$  należy sprawdzić wartość prędkości obrotowych, jakie silnik osiąga przy rozruchu w momencie wyłączenia ( $n_A$ ) i w momencie rozpoczęcia hamowania przeciwwłączeniem ( $n_B$ ).

Praktycznie współczynnik  $k$  oblicza się ze wzorów

$$k = a(2-a) + (2+b) \quad (6)$$

$$a = \frac{n_A}{n_s} \quad (7)$$

w których  $n_s$  — prędkość synchroniczna.

Próbkę rozpoczyna się od stanu zimnego silnika, mierząc co 30 min temperaturę uzwojeń. Próbkę kończy się, gdy silnik osiągnął równowagę cieplną.

**4.8. Próba wytrzymałości cieplnej silnika w stanie zwarcia.** Do uzwojenia stojana silnika z zahamowanym wirnikiem należy przyłożyć napięcie znamionowe i zmierzyć czas, po upływie którego uzwojenie stojana osiągnie dopuszczalny przyrost temperatury.

**4.9. Wyznaczenie charakterystyki zwarcia, początkowego momentu i prądu rozruchowego oraz strat w stanie zwarcia** należy przeprowadzić wg PN-72/E-04272 p.2.3. Bezpośrednio przed pomiarem prądu i momentu rozruchowego, silnik w stanie zwarcia należy wstępnie podgrzać do uzyskania temperatury uzwojenia stojana w granicach  $75 \div 95^\circ\text{C}$ .

**4.10. Ocena wyników badań** — wg PN-72/E-06000.

K O N I E C

#### INFORMACJE DODATKOWE

**1. Instytucja opracowująca normę** — Branżowy Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Maszyn Elektrycznych, Katowice.

#### 2. Normy związane

PN-78/E-04252 Maszyny elektryczne wirujące. Wyznaczanie momentu bezwładności części wirujących

PN-73/E-04255 Maszyny elektryczne wirujące. Pomiar drgań

PN-72/E-04257 Maszyny elektryczne wirujące. Wyznaczanie parametrów akustycznych hałasu

PN-72/E-04272 Maszyny elektryczne wirujące. Silniki indukcyjne trójfazowe. Metody badań

PN-72/E-06000 Maszyny elektryczne wirujące. Ogólne wymagania i badania

PN-72/E-06019 Maszyny elektryczne wirujące. Dopuszczalny poziom dźwięku

PN-73/E-06020 Maszyny elektryczne wirujące. Dopuszczalny poziom drgań

PN-79/E-08106 Obudowy urządzeń elektrotechnicznych. Stopnie ochrony. Podział, wymagania i badania

PN-76/O-79252 Transportowe jednostki opakowaniowe. Znaki i znakowanie. Wymagania podstawowe

BN-78/3010-14 Maszyny elektryczne wirujące. Oznaczenia form wykonania