

Adam Decner, BOBRME Komel, Katowice  
Bogusław Picheta, Cementownia Nowiny, Sitkówka k/Kielc

## DIAGNOSTYKA IZOLACJI METODĄ NAPIĘCIA STAŁEGO W CEMENTOWNI NOWINY

### THE DIAGNOSTIC OF INSULATION USING DC-VOLTAGE METHOD IN THE CEMENT PLAT “NOWINY”

**Abstract:** The article presents short history (2001-2006) of diagnostic of insulation using dc-voltage method. The diagnostic was made on the middle voltage AC-motors. The paper describes method of DC-voltage and shows criterion of estimation. The paper presents results of diagnostics and trends of changes proceed in insulation of mantlend motors for e few years. Authors shows that is possible to predict the damage of the motor and reduce the costs of repairs.

#### 1. Wstęp

W większości zakładów typu cementownia silniki elektryczne tam pracujące są poddawane negatywnemu oddziaływaniu warunków środowiskowych ze względu na ich miejsce zainstalowania. Znaczna część tych maszyn pracuje na wolnym powietrzu, a w niektórych zakładach w okresie podwyższonej wilgotności powietrza: listopad – marzec, zakład wstrzymuje swą produkcję i przeprowadzane są planowe remonty linii produkcyjnych. W tym okresie prowadzone są również badania diagnostyczne maszyn elektrycznych. Niektóre z badanych silników posiadają zabudowane systemy grzewcze co ogranicza wchłanianie wilgoci przez izolację uzwojeń, niektóre nie posiadają takich urządzeń, co uwidacznia się w otrzymywanych wynikach.

#### 2. Diagnostyka izolacji napięciem stałym

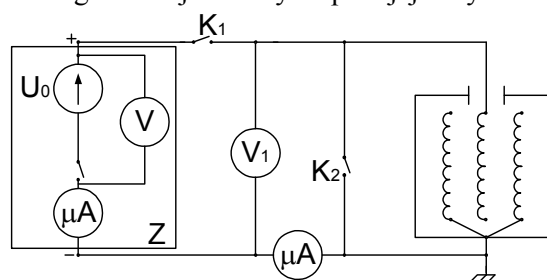
Diagnostyka układu izolacyjnego uzwojeń maszyn elektrycznych napięciem stałym jest najbardziej efektywną metodą oceny stanu technicznego izolacji.

Metoda ta obejmuje trzy próby:

- wyznaczenie charakterystyki  $R_{60} = f(U)$ , o ile jest to możliwe w przedziale napięcia od zera do  $2U_N$ ,
- zdjęcie przebiegu czasowego prądu upływu  $i_p$  po skokowym załączeniu, na całkowicie rozładowany układ izolacyjny, napięcia stałego o wartości znamionowej  $U_o = U_N$  bądź wyższej,
- naładowanie układu izolacyjnego do napięcia  $U_o \geq U_N$  (do stanu ustalonego), następnie odłączenie napięcia zasilającego i zwarcie układu izolacyjnego na czas  $t_z$  po czym następuje rozwarcie układu izolacyjnego i zdjęcie

przebiegu odbudowy napięcia na układzie izolacyjnym  $U_{od}(t)$ .

Pierwsze dwie próby są powszechnie stosowane w badaniach okresowych izolacji, gdyż są zalecane w instrukcjach eksploatacji maszyn elektrycznych. Jednak zakres tych prób ogranicza się zwykle do pomiaru jedną wartością napięcia: 2500 V, 1000 V, 500 V, rzadziej 5000 V. W polecanym programie badań diagnostycznych rozszerza się zakres tych prób na wyznaczenie charakterystyki  $R_{60} = f(U)$  o ile jest to możliwe do  $2U_N$  i wyznaczenie prądu upływu  $i_p = f(t)$  przy napięciu  $U_N$ . Badanie odbudowy napięcia (próba trzecia) jest próbą najważniejszą dla diagnostyki stanu technicznego izolacji i oceny stopnia jej zużycia.



Rys.1. Schemat układu pomiarowego do diagnostyki stanu technicznego izolacji

Badania przeprowadza się w układzie pomiarowym przedstawionym na rys.1. Podstawowym elementem tego układu jest zasilacz Z napięcia stałego o wartości regulowanej w przedziale od zera do  $2U_N$  mikroamperomierz i woltomierz elektrostatyczny oraz wyłączniki pozwalające realizować poszczególne fazy próby.

Tabela 1. Kryteria oceny wyników badań

Lp	Parametr układu izolacyjnego		Punktowa ocena stanu technicznego izolacji					izolacja zawilgo- cona
			5	4	3	2	1	
1	Napięcie przebicia $U_p/U_N$		>3	>3	>2	~1,5	~1	~1
2	Rezystancja $R_{60N}/U_N$ [kΩ/V]	przy $U_N = 6kV$	>50	>20	>10	>10	>10	<3
		przy $U_N < 1kV$	>50	>20	>10	>3	>1	<1
3a	Czas zwarcia dla $t_z$ [s]	dla $U_N = 6kV$	30	30	30	1	1	0
		dla $U_N < 6kV$	10	10	10	1	0	0
3b	Maksymalna wartość odbudowanego napięcia $U_{od\ max}/U_o$		>0,1	≥0,1	≥0,05	≥0,01	0	0
	Czas odbudowy napięcia $t_{od}$ [s]	dla $U_N = 6kV$	>240	>120	>30	~10	0	0
		dla $U_N < 1kV$	>120	>60	>15	~5	0	0
4	Wahania prądu upływu przy $U_N$ $\frac{i_{p60\ max} - i_{p60\ min}}{i_{p60\ sr}}$		<0,5	<1	>1	>1	>2	0
5	$i_{p15}/i_{p60}$	$U_N = 6kV$	>1,5	>1,2	>1	1	1	1
		$U_N < 1kV$	>1,3	>1,1	>1	1	1	1

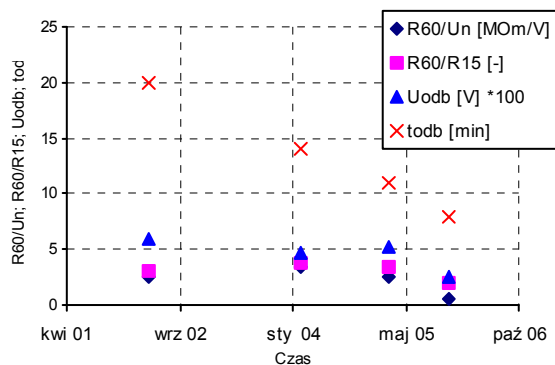
W oparciu o przeprowadzone pomiary wyznacza się następujące charakterystyki i parametry układu izolacyjnego:

- wykres rezystancji izolacji  $R_{60} = f(U)$  w zakresie napięcia od 0 do  $2U_N$  z którego określa się rezystancję  $R_{60}$  przy  $U_N$ ,
- z ekstrapolacji krzywej  $R_{60} = f(U)$  szacuje się poziom napięcia przebicia  $U_p$  układu izolacyjnego,
- wykres odbudowy napięcia  $U_{od}(t)$  na układzie izolacyjnym, z którego odczytuje się czas odbudowy  $t_{od}$  i wartość maksymalną odbudowanego napięcia  $U_{od\ max}$ ,
- współczynnik absorpcji układu izolacyjnego  $i_{p15}/i_{p60}$ ,
- poziom wahań prądu upływu  $i_{p60\ max}$  i  $i_{p60\ min}$  liczony po czasie  $t > 60s$  od chwili załączenia napięcia (tzn. dla stanu ustalonego).

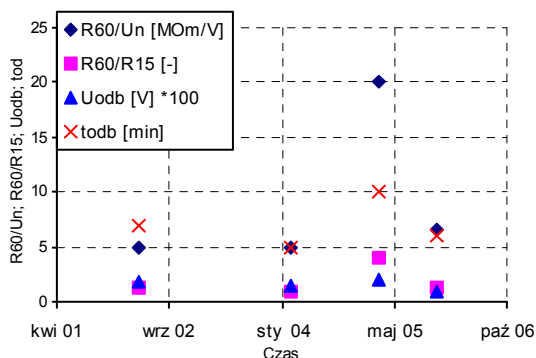
W tabeli 1 przedstawiono ocenę punktową stopnia degradacji izolacji w oparciu o wyznaczone parametry kryterialne.

### 3. Pomiary diagnostyczne w Cementowni Nowiny

Pomiary diagnostyczne w Cementowni Nowiny prowadzone są systematycznie w każdym okresie remontowym przypadającym na zimę już od 2001 roku. Pięć lat prowadzenia diagnostyki dało ok. 100 pomiarów diagnostycznych. Niektóre z silników, zwłaszcza maszyny 6 kV były badane kilkakrotnie, co dało pogląd na zmianę właściwości materiałów izolacyjnych. Wykonanie remontu maszyny, zmiana izolacji jest od razu widoczna poprzez poprawę parametrów oceny izolacji. Na poniższych rysunkach przedstawione są wyniki badań diagnostycznych izolacji maszyn o napięciu znamionowym  $U_{NS}=6000\ V$ ;  $U_{NW}=1680\ V$ ; moc znamionowa  $P_N = 2000\ kW$ .

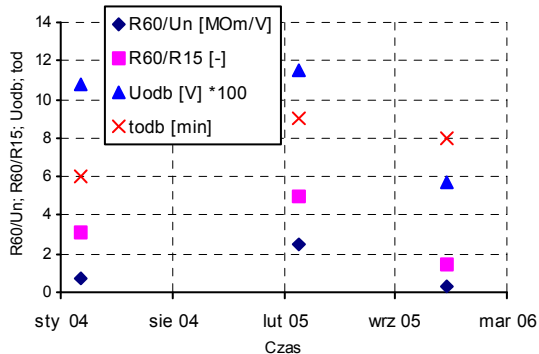


Rys.1. Badania diagnostyczne stojana maszyny SYUe146t (13AEM040.1)

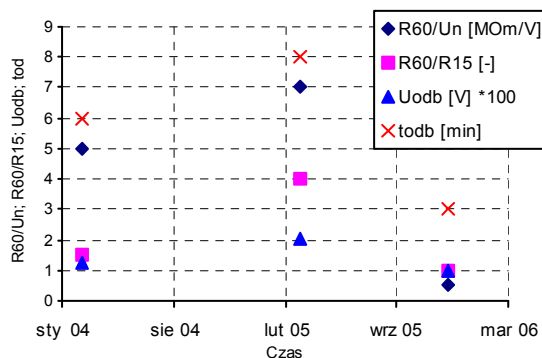


Rys.2. Badania diagnostyczne wirnika maszyny SYUe146t (13AEM040.1)

Izolacja stojana silnika 13AEM040.1, którego wyniki przeprowadzonych badań zaprezentowano na wykresach powyżej wykazuje tendencje zniżkową – ulega stopniowemu zużyciu. Natomiast wirnik tegoż silnika po dwóch pierwszych pomiarach został poddany remontowi – mycie, naprawa izolacji. Ostatni pomiar wykonany w grudniu 2005 pokazuje stan podobny do pomiaru pierwszego – wykonanego w kwietniu 2002, stąd wniosek – przeprowadzona naprawa dała krótkotrwałą poprawę. Na kolejnych wykresach prezentowane są wyniki badań następnego silnika.

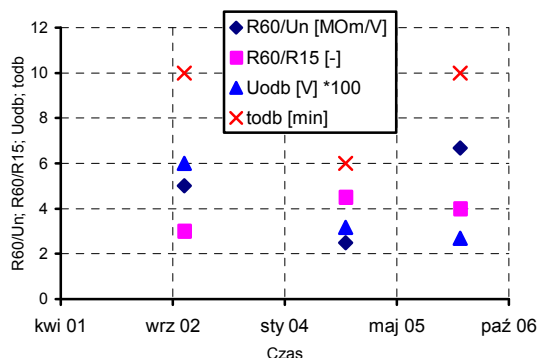


Rys.3. Badania diagnostyczne stojana maszyny SYUe146t (13AEM040.2)

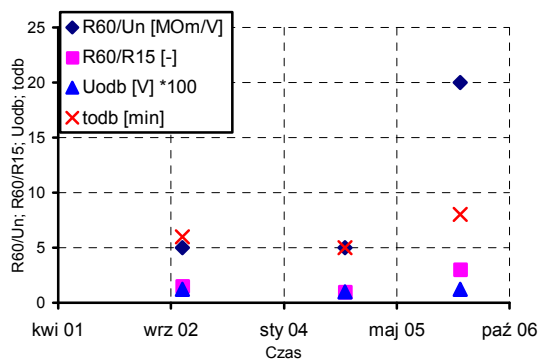


Rys.4. Badania diagnostyczne wirnika maszyny SYUe146t (13AEM040.2)

Silnik 13AEM040.2, którego wyniki diagnostyki prezentowane są na rysunkach 3 i 4 w czasie objętym badaniami diagnostycznymi nie był w żaden sposób remontowany. Zmiany parametrów widoczne na wykresach są spowodowane różnym czasem postoju, temperaturą otoczenia i wilgotnością względną powietrza, w jakich silnik przebywał bezpośrednio przed pomiarami.



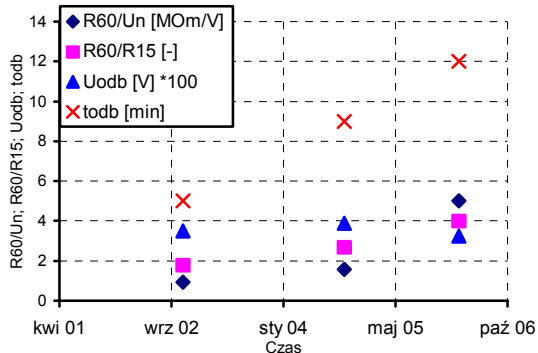
Rys.5. Badania diagnostyczne stojana maszyny SYUe146t (13BEM040.1)



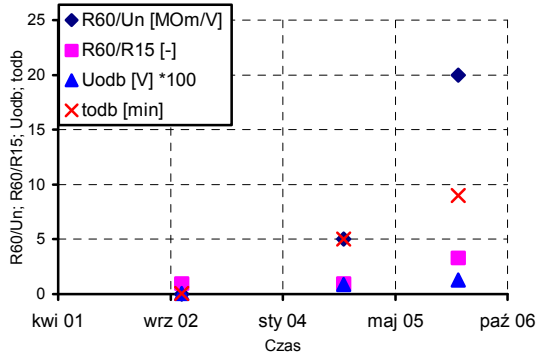
Rys.6. Badania diagnostyczne wirnika maszyny SYUe146t (13BEM040.1)

Silnik 13BEM040.1 w trakcie badań diagnostycznych był poddany remontowi. Stojan i wi-

rnik silnika były myte, naprawiona była izolacja uzwojeń.



Rys.7. Badania diagnostyczne stojana maszyny SYUe146t (13BEM040.2)

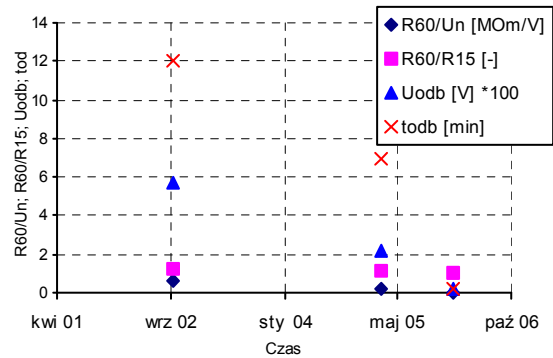


Rys.8. Badania diagnostyczne wirnika maszyny SYUe146t (13BEM040.2)

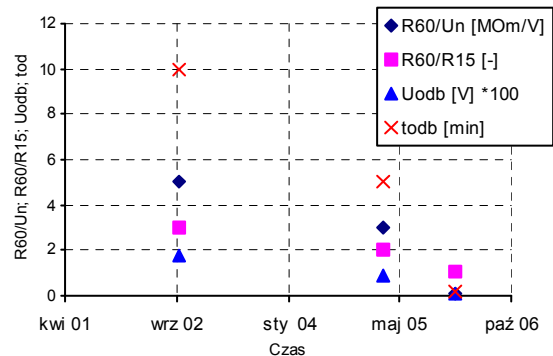
Silnik 13BEM040.2 w okresie, w którym prowadzone były badania diagnostyczne poddany był remontowi. Stojan silnika był myty, naprawiona była izolacja uzwojeń, natomiast wirnik silnika był przewojony.

Jako ostatni przykład – wyniki badań silnika przeznaczonego podczas najbliższego postoju do remontu. Od początku prowadzenia diagnostyki stwierdzono znaczne zużycie izolacji. Silnik bardzo intensywnie absorbuje wilgoć z powietrza. Aby go załączyć do sieci służby utrzymania ruchu na dwie lub trzy doby wcześniej załączają silnik na napięciu 400V w celu jego wysuszenia. Napięcia znamionowe silnika:  $U_{NS}=6000V$ ;  $U_{NW}=1160V$ ; moc znamionowa  $P_N=1000kW$ .

Z przedstawionych wykresów silnika 10BEM01 wynika, że silnik ten osiągnął taki stan izolacji, w którym w każdej chwili może ulec uszkodzeniu. Decyzja właściciela silnika o przeznaczeniu go do kapitalnego remontu jest słuszna i jak najbardziej uzasadniona.



Rys.9. Badania diagnostyczne stojana maszyny SZUe146t (10BEM01)



Rys.10. Badania diagnostyczne wirnika maszyny SZUe146t (10BEM01)

#### 4. Wnioski

Przeprowadzając analizę wyników diagnostyki izolacji silników zainstalowanych w napędach Cementowni Nowiny można określić „czas życia” silnika. Służby odpowiedzialne za prowadzenie napraw i remontów silników mogą na podstawie posiadanych wyników określić terminy i zakresy przeprowadzanych prac remontowych. Zestawiając otrzymane wyniki w sposób podobny do przedstawionych w artykule widać tendencje zachodzących zmian oraz ich intensywność.

Przed rozpoczęciem diagnostyki maszyn elektrycznych w Cementowni Nowiny w 2001 roku, przeglądy i remonty były planowane według harmonogramu i były realizowane bez względu na stan maszyny. Dochodziły jeszcze remonty nieplanowane – po awarii silnika. Wiązało się to ponadto oczywiście z nieplanowanymi postojami i wynikającymi z tego stanu stratami. Po 2001 zmieniło się podejście służb utrzymania ruchu do remontów. Obecnie remonty planowane są na podstawie otrzymanych wyników z przeprowadzonej diagnostyki. Zakres remontów i ich ilość obniżyła się o ok. 50%. Koszty przeznaczone na wykonanie diagnostyki w każdym

sezonie są znikome w porównaniu z kosztami systematycznie prowadzonych prac remontowych. Koszty przeprowadzenia remontu jednego silnika wielokrotnie przewyższają koszty jego diagnostyki.

## 5. Literatura

- [1]. Glinka T.: *Klasyfikacja stopnia zużycia izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych*. Przegląd Elektrotechniczny PL ISSN 0033-2097 Nr 9/2004, s. 852 – 855.
- [2]. Glinka T.: *Badania diagnostyczne maszyn elektrycznych w przemyśle*. Wyd. BOBRME Komel w Katowicach ISBN 83-910585-4-9, 2002r.
- [3]. PN-98/E-04700. *Urządzenia i układy elektryczne. Wytyczne przeprowadzenia pomontażowych badań odbiorczych*.
- [4]. Glinka T.; Polak A.; Decner A.: *Wpływ czasu eksploatacji maszyn elektrycznych na stopień degradacji izolacji uzwojeń*. Wiadomości Elektrotechniczne nr 7-8/2005; ISSN0043-5112; str. 41-44

## Autorzy

Mgr inż. Adam Decner – specjalista pomiarowiec; BOBRME Komel, 41-209 Sosnowiec, ul. Moniuszki 29; tel. (032) 299-93-81 wew.22; e-mail: labor@komel.katowice.pl

Bogusław Picheta – mistrz warsztatu elektrycznego; Cementownia Nowiny Sp. z o. o. , 26-052 Sitkówka k. Kielc; tel (041) 346-60-72; e-mail: boguslaw.picheta@cementownia-nowiny.com