

Piotr Zientek, Politechnika Śląska, Gliwice  
Waldemar Polewka, POLWIR, Kozłów

## PRACE REMONTOWE NAPĘDÓW ELEKTRYCZNYCH DUŻEJ MOCY

### REPAIR WORK IN HIGH POWER ELECTRIC DRIVES

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono opis prac remontowych wykonywanych w ramach okresowych przeglądów w silnikach indukcyjnych i synchronicznych. Zwrócono uwagę na typowe uszkodzenia występujące w tych silnikach. Przedstawiony artykuł jest jedynie wstępem do kolejnych prac znacznie szerzej omawiających zakres wykonywanych remontów.

**Abstract:** Description of repair/overhauling work carried out during routine repairs in induction and synchronous motors is presented in the paper. Attention is drawn to typical failures occurring in these motors. This paper is the first of a series discussing more extensively the range of repair work.

**Słowa kluczowe:** maszyny elektryczne, diagnostyka i remonty maszyn  
**Keywords:** electrical machines, machine diagnostics and repairs

#### 1. Wstęp

Wykorzystywanie silników elektrycznych w układach napędowych bez względu na moc, pociąga za sobą konieczność przeprowadzania okresowych badań diagnostycznych w celu zapewnienia bezawaryjnej pracy oraz bezpieczeństwa wszystkim pracownikom. Badaniu powinny podlegać nie tylko obwody elektryczne maszyn i urządzeń, ale także niewralgiczne elementy mechaniczne. Badania te powinny być wykonywane zgodnie z wymaganiami zawartymi w Dokumentacji Techniczno-Ruchowej oraz z ogólnymi zasadami bezpieczeństwa. Często jednak zdarza się, że ze względów oszczędnościowych badań tych nie wykonuje się zgodnie z zaleceniami, co prowadzi do niechcianej awarii. Uszkodzeniu może ulec węzeł łożyskowy, stojan, wirnik lub może dojść do urwania wału silnika (rys.1). Ponosi się wtedy olbrzymie koszty związane nie tylko z remontem, ale także z przestojem maszyny. W zależności od rodzaju uszkodzenia (awarii) zdarza się, że koszty naprawy są wyższe albo porównywalne z zakupem nowej maszyny. Dochodzi się wtedy do wniosku, że uzasadnione jest wykonywanie okresowych remontów wraz z badaniami diagnostycznymi, albowiem można wówczas uniknąć niespodziewanych dużych wydatków. W artykule przedstawiono wykaz prac często wykonywanych podczas okresowych przeglądów i remontów napędów z silnikami indukcyjnymi i synchronicznymi. Dodatkowo

opisano różne typy uszkodzeń występujących podczas awarii.

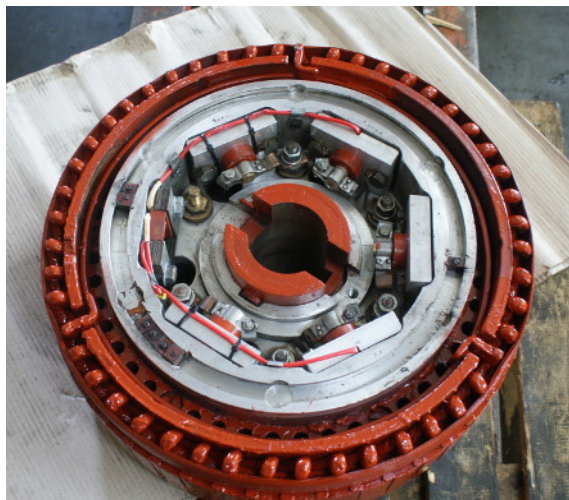


Rys. 1. Silnik indukcyjny dużej mocy z urwanym wałem od strony napędowej

Zwrócono szczególną uwagę na uszkodzenia występujące w stojanie maszyny.

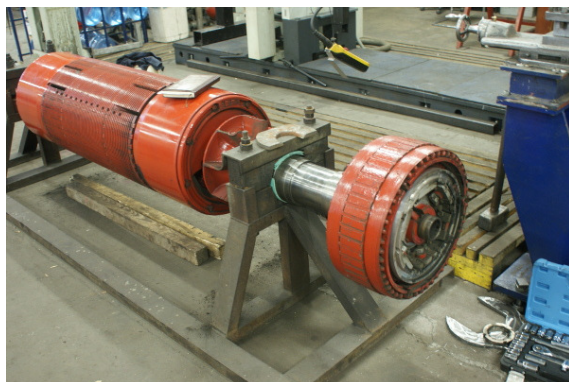
#### 2. Badanie synchronicznej wzbudnicy bezszczotkowej

Synchroniczna wzbudnica bezszczotkowa obok statycznych układów wzbudzenia znalazła zastosowanie w silnikach oraz w generatorach synchronicznych. Składa się z trójfazowej prądnic synchronicznej o budowie odwróconej oraz wirującego układu prostowniczego (rys.2) [4].



Rys. 2. Wzbudnica bezszczotkowa

Uwarunkowania i możliwości techniczne spowodowały, że wirujący układ prostowniczy wykonany jest zwykle jako trójfazowy mostek diodowy. Umieszczenie układu prostowniczego na wspólnym wale ze wzbudzeniem pozwala na jego zasilanie bez użycia pierścieni ślizgowych (rys.3).



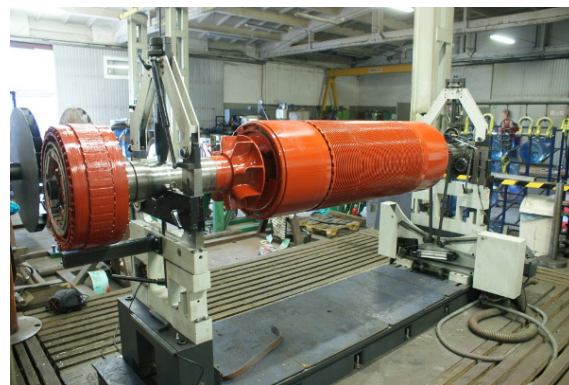
Rys. 3. Wirnik silnika synchronicznego wraz ze wzbudnicą bezszczotkową

Rozwiązanie to zapewnia dużą niezawodność oraz komfort pracy. Ze względu na brak pierścieni ślizgowych oraz komutatora (układ wzbudzenia z komutatorową wzbudnicą prądu stałego montowaną na końcu wału maszyny synchronicznej) awarie tych układów wzbudzenia zdarzają się niezwykle rzadko. W przypadku wystąpienia awarii uszkodzeniu najczęściej ulegają pojedyncze diody w gałęziach mostka prostowniczego. Awaryjny stan pracy mostka prostowniczego wpływa na pracę wzbudnicy bezszczotkowej. Powoduje zmniejszenie wartości średniej napięcia wyprostowanego, asymetrię prądów fazowych twornika wzbudnicy oraz powiększenie stopnia odkształcenia tych prądów [4].

Podczas okresowych przeglądów lub remontów występuje konieczność zdemontowania wzbudnicy z wału silnika oraz wykonanie następujących prac:

- mycie, suszenie oraz w razie konieczności lakierowanie uzwojeń wzbudnicy,
- sprawdzenie obwodów elektrycznych prostownika, a przede wszystkim diod mostka,
- pomiar rezystancji uzwojeń twornika oraz wzbudzenia,
- pomiar rezystancji izolacji głównej uzwojenia twornika oraz wzbudzenia.

Po wykonaniu powyższych prac występuje konieczność wyważenia wirnika silnika synchronicznego wraz ze wzbudnicą (rys.4) oraz w razie potrzeby przeprowadzenie legalizacji czopów łożyskowych. Dopiero po tych pracach można złożyć silnik i dopuścić go do ruchu próbnego.



Rys. 4. Wyważanie wirnika silnika synchronicznego wraz ze wzbudnicą bezszczotkową

### 3. Prace remontowe w napędach indukcyjnych

Większość napędów elektrycznych stosowanych w energetyce i w zakładach przemysłowych wykorzystuje silniki indukcyjne. Z tego względu najczęściej przeglądów i remontów dotyczy właśnie tych silników. Większość napędów podlega okresowym przeglądom, zatem podczas remontów wykonuje się tylko podstawowe prace remontowe i diagnostyczne, natomiast w napędach uległych awarii zakres prac remontowych jest znacznie szerszy i koszty z tym związane są odpowiednio większe. W przypadku wystąpienia awarii, źródło uszkodzenia najczęściej występuje w stojanie maszyny. Często zdarza się jednak, że uszkodzenie łożyska (rys.5), wentylatora (rys.6) lub wirnika silnika powoduje bardzo



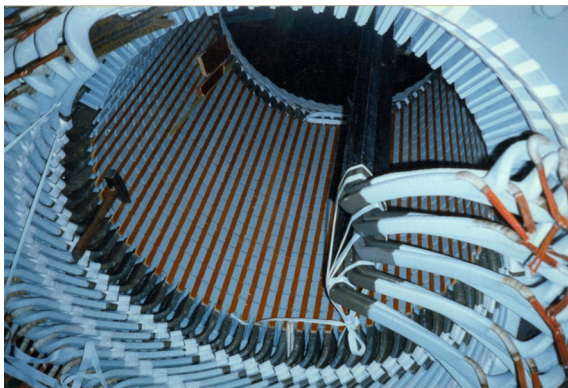
poważne uszkodzenie uzwojenia stojana, które ostatecznie wymaga przewojenia (rys.7, rys.8).



Rys. 5. Uszkodzone łożysko walczkowe



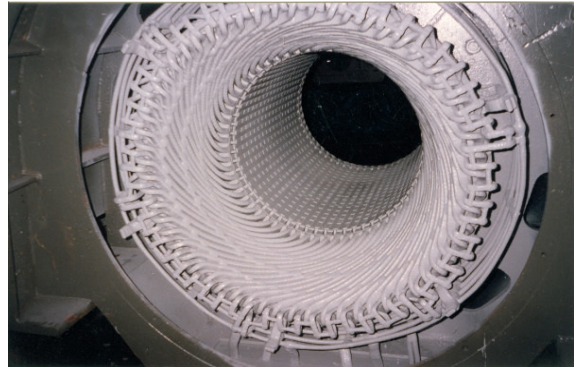
Rys. 6. Zerwanie łopatki wentylatora przymocowanego do korpusu wirnika [1, 2]



Rys. 7. Stojan silnika indukcyjnego podczas przewajania

W takich przypadkach bardzo często dochodzi do zatarcia rdzenia stojana (rys.9) przez rdzeń wirnika (rys.10).

Może także dojść do uszkodzenia czół uzwojenia stojana (rys.11) przez łopatki wentylatora w wyniku deformacji promieniowej czola skrajnej cewki w grupie fazowej pod działaniem sił elektrodynamicznych.



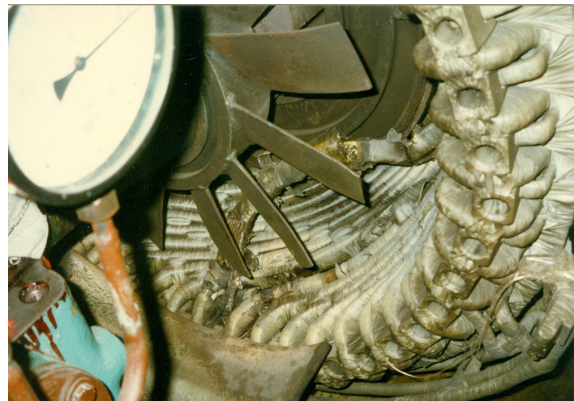
Rys. 8. Stojan silnika indukcyjnego po całkowitym przewojeniu i lakierowaniu



Rys. 9. Zatarcie pakietu blach stojana

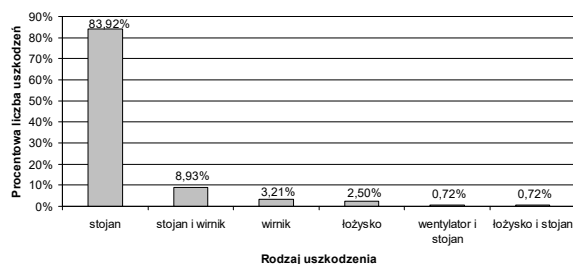


Rys. 10. Zatarcie pakietu blach wirnika



Rys. 11. Uszkodzenie czół uzwojenia stojana przez łopatki wentylatora

Przeprowadzone badania statystyczne [1, 2] wykazały, że spośród wszystkich awarii uszkodzeniu najczęściej ulega stojan. Wyniki przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Procentowe ujęcie miejsc uszkodzeń silników w czasie ich awarii [1, 2]

Awarie stojanów najczęściej spowodowane są uszkodzeniem izolacji głównej. W wyniku uszkodzenia izolacji powstają zwarcia do rdzenia stojana mogące powodować wypalanie i luzowanie klinów żłobkowych (rys.13).



Rys. 13. Wypalone kliny żłobkowe w wyniku zwarć do rdzenia stojana i zwarć zwojowych

#### 4. Wnioski

Opierając się na długoletnim doświadczeniu praktycznym związanym z remontem maszyn elektrycznych dużej mocy oraz dostępną literaturą [1, 2, 3] można stwierdzić, że spośród awarii silników indukcyjnych, uszkodzeniu najczęściej ulega stojan. Najczęściej są to uszkodzenia spowodowane zwarciami zwojowymi lub uszkodzeniem izolacji głównej. Czasami

występują także inne przyczyny pośrednie powodujące uszkodzenie uzwojenia stojana. Wirniki natomiast ulegają uszkodzeniu w wyniku zatarcia rdzenia wirnika o rdzeń stojana lub w wyniku uszkodzenia uzwojenia klatkowego.

Na podstawie prowadzonej obserwacji zauważono, że dzięki rzetelnie prowadzonej kontroli technicznej z wykorzystaniem różnych metod diagnostycznych znacznie zmniejsza się liczba awarii napędów dużej mocy.

#### Literatura

- [1]. Drak B., Glinka T., Kapinos J., Miksiewicz R., Zientek P.: *Awaryjność maszyn elektrycznych i transformatorów w energetyce*. Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Katowice 2015.
- [2]. Drak B., Zientek P.: *Analiza uszkodzeń silników wysokonapięciowych prądu przemiennego w elektrowniach zawodowych*. Napędy i Sterowanie", Nr 2 (178), 2014, ss.74-78.
- [3]. Drak B.: *Analiza awarii silników indukcyjnych dużej mocy*. Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe, nr 54, BOBRME Katowice 1997, ss. 82-87.
- [4]. Janik T., Kapinos J., Miksiewicz R.: *Wpływ uszkodzenia układu prostownikowego na pracę wzbudnicy bezszczotkowej*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej "Elektryka", z.168, Gliwice 1999, ss. 173-186.

#### Autorzy

dr inż. Piotr Zientek  
 Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny  
 Zakład Maszyn Elektrycznych i Inżynierii Elektrycznej w Transporcie  
 ul. Akademicka 10a, 44-100 Gliwice  
 e-mail: Piotr.Zientek@polsl.pl

Waldemar Polewka  
 Polwir  
 ul. Marcina 38, 44-153 Kozłów  
 e-mail: polwir@o2.pl