

Marcin Barański, Artur Polak
BOBRME Komel, Katowice

DETEKTOR DO WYKRYWANIA PRZERW W PRĘTACH WIRNIKÓW JEDNOKŁATKOWYCH

DETECTOR OF BAR BREAKS IN THE SINGLE CAGE ROTOR

Abstract: This article presents method of squirrel cage rotor's diagnostic. Authors describe tests on electrical machines with healthy and broken squirrel cage rotor. There were tested several squirrel cage rotors with different damages. Authors describes very good tool for diagnostic bars of cage. This is break detector of rotor bars of induction motors with one cage. This device was designed and constructed by the authors. Technical assessment of the bar in the cage of rotor is performed by measurement each bar individually. Patent application No. P382389. Paper presents the results of studies conducted by the authors.

1. Wstęp

Przed obecną diagnostyką stawia się następujące zadania:

- ocena aktualnego stanu technicznego,
- określenie przyczyn awarii,
- prognoza zmian.

Przeprowadzane analizy przyczyn i przebiegu awarii maszyn elektrycznych, niejednokrotnie dowodzą, że stany awaryjne nie występują natychmiastowo. Przeważnie są one konsekwencją postępujących procesów starzenia i zużycia się materiałów wykorzystywanych przy produkcji danej maszyny. Potwierdza to potrzebę przeprowadzania okresowych badań diagnostycznych oraz obserwację zmian parametrów eksploatowanych maszyn i urządzeń elektrycznych.

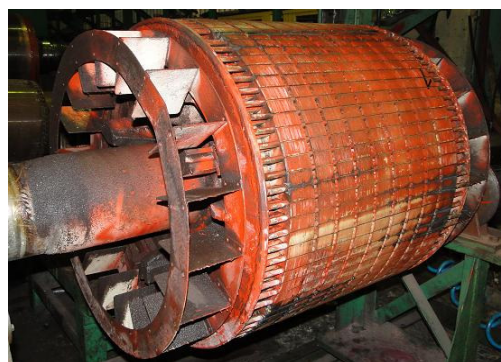
Zdaniem autorów artykułu, mimo obszernej literatury dotyczącej diagnostyki wirników, trafność ocen, zwłaszcza ocena stanu technicznego klatki wirnika nie jest zadowalająca. Silnik indukcyjny z uszkodzoną klatką może pracować na pierwszy rzut oka normalnie, może nawet dokonywać kolejnych rozruchów. Jednak nawet drobne pęknięcie jednego pręta jest początkiem procesu niszczenia klatki. Z reguły degradacja klatki ma charakter postępujący i w konsekwencji prowadzi do poważnej awarii silnika. Uszkodzenie klatki wirnika objawia się w różnorodny sposób. Najpopularniejsze symptomy to:

- wzrost temperatury w uzwojeniu stojana,
- zwiększenie poślizgu,
- obniżenie współczynnika sprawności,
- wzrost kosztu eksploatacji, obniżenie wartości momentu elektromagnetycznego,

- wzrost naciągu magnetycznego (większe obciążenie łożysk),
- wzrost poziomu wibracji,
- wzrost poziomu hałasu magnetycznego.

Procesy termiczne zachodzące w dynamicznych stanach pracy silnika np. podczas rozruchu, zwarcia lub w stanach długotrwałych przeciążeń są głównymi czynnikami powodującymi przyspieszenie procesów zużycia lub w skrajnych przypadkach zniszczenia klatki wirnika. Szybkość narastania temperatury prętów i pierścieni zwierających podczas rozruchu może wynosić nawet kilkadziesiąt $^{\circ}\text{C/s}$ – w zależności od konstrukcji wirnika. Wzrost temperatury może doprowadzić do przegrzania, a nawet wytopienia klatki – w przypadku klatek zalewanych. Badania diagnostyczne prowadzone w celu oceny stanu technicznego klatki wirnika dzielimy na dwie zasadnicze grupy:

- nieinwazyjne badania diagnostyczne, wykonywane na kompletnym silniku, zazwyczaj bezpośrednio na jego stanowisku pracy,
- badania obejmujące próby, które wykonuje się na wyjętym wirniku.



Rys. 1. Wirnik klatkowy

2. Diagnostyka klatki na wyjętym wirniku

W czasie remontu silników indukcyjnych klatkowych, silnik jest rozbierany, zachodzi wtedy potrzeba jednoznacznego stwierdzenia czy klatka wirnika jest w dobrym stanie technicznym.

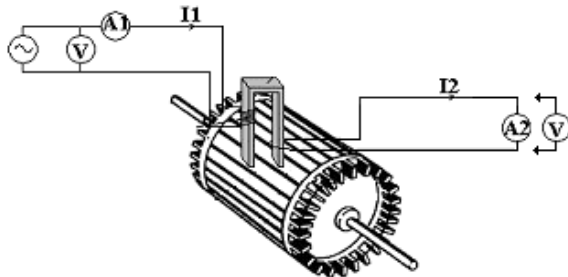
Bardzo dobrym narzędziem diagnostycznym do tego celu jest detektor wykrywania przerw w prętach wirników z jedną klatką, opracowany i wykonany przez autorów niniejszego artykułu. Ocena stanu technicznego prętów w klatce wirnika polega na obmiarze każdego pręta z osobna. Zgłoszenie patentowe nr: P382389.

Skonstruowany oraz wykorzystywany detektor charakteryzuje się prostą budową, łatwym sposobem obsługi oraz zapewnia jednoznaczną interpretację uzyskanych wyników.

Powszechnie znane są detektory indukcyjne do wykrywania przerw w prętach wirników silników indukcyjnych składające się z dwóch elementów: wzbudnika indukcyjnego i czujnika pomiarowego.

Opracowany przez autorów przyrząd posiada te dwa elementy w jednym urządzeniu. Wzbudnik indukcyjny jest tak zbudowany, że jego obwód magnetyczny obejmuje dwa sąsiednie zęby wirnika. Wzbudnik przykłada się do wirnika i jego uzwojenie zasila się prądem przemienicznym. Wytworzony strumień magnetyczny wzbudnika zamyka się przez zęby i jarzmo twornika.

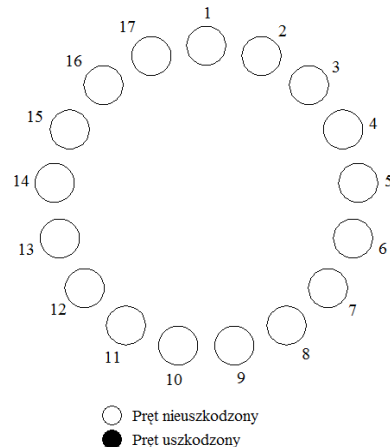
W pręcie wirnika obejmowanym przez ten strumień indukuje się prąd, który wzbudza własne pole magnetyczne. Uzwojenie pomiarowe jest umieszczone na rdzeniu detektora i jest zwarte przez amperomierz lub do jego zacisków podłączony jest woltomierz.



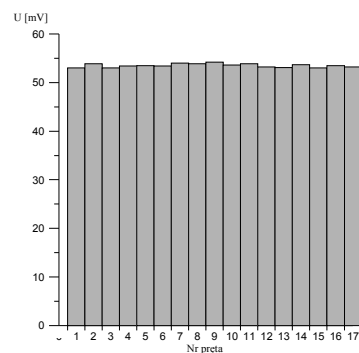
Rys. 2. Detektor przerw w prętach klatki wirnika

Jeśli badany pręt jest uszkodzony, to w uzwojeniu detektora popłynie znacznie większy prąd niż w przypadku pręta dobrego. Jeżeli przy stałym napięciu zasilania wzbudnika zostaną

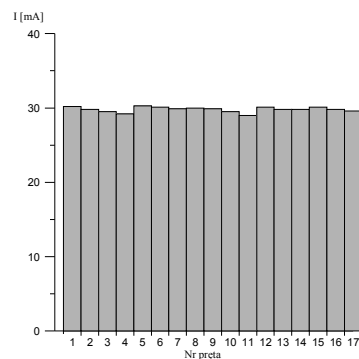
sprawdzone wszystkie pręty uzwojenia klatki wirnika to można porównać uzyskane wyniki pomiarów. W ten sposób jednoznacznie zostaną wyselekcjonowane pręty uszkodzone. Preferowana częstotliwość napięcia zasilania detektora to 5 - 10 Hz. Wtedy w impedancji pręta zaczyna dominować rezystancja, a więc parametr, na który wpływają pęknięcia i przerwy w pręcie. Na rysunkach 3 - 8. przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań.



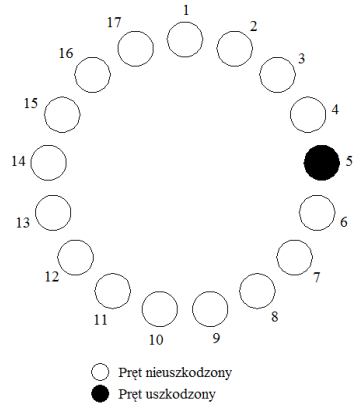
Rys. 3. Rozmieszczenie prętów w klatce



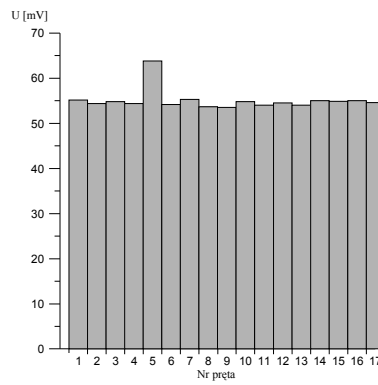
Rys. 4. Wyniki badań poszczególnych prętów w nieuszkodzonej klatce otrzymane przez pomiar napięcia



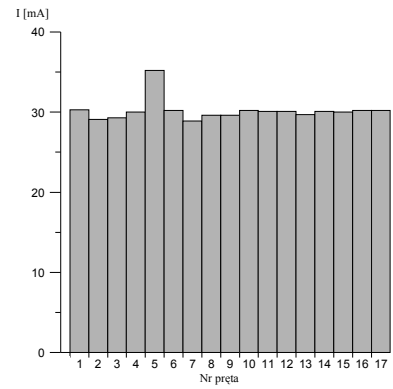
Rys. 5. Wyniki badań poszczególnych prętów w nieuszkodzonej klatce otrzymane przez pomiar prądu



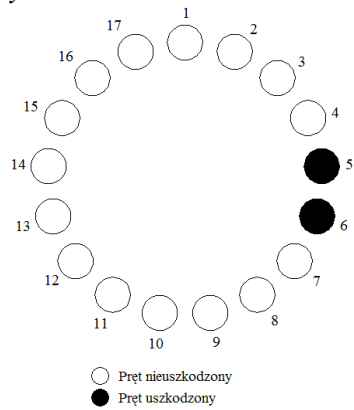
Rys. 6a.



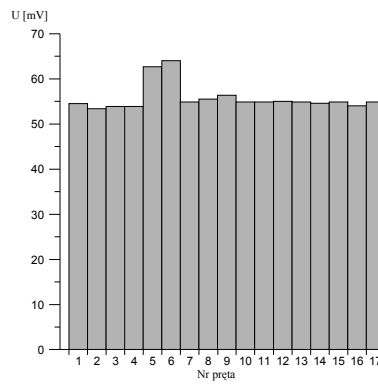
Rys. 7a.



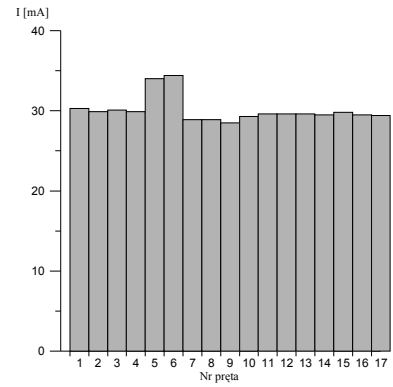
Rys. 8a.



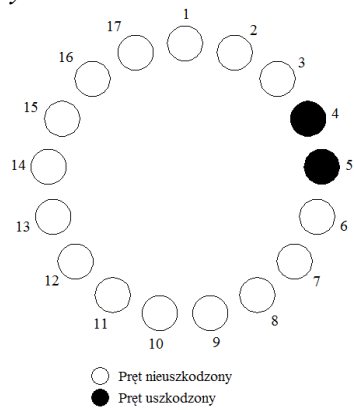
Rys. 6b.



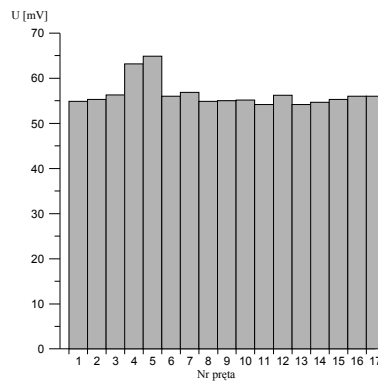
Rys. 7b.



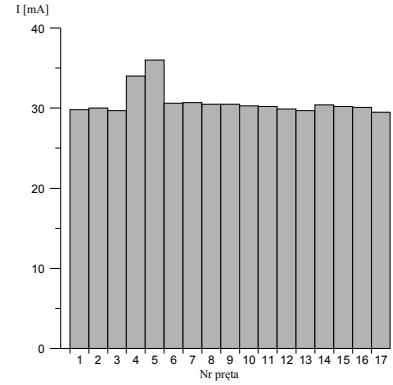
Rys. 8b.



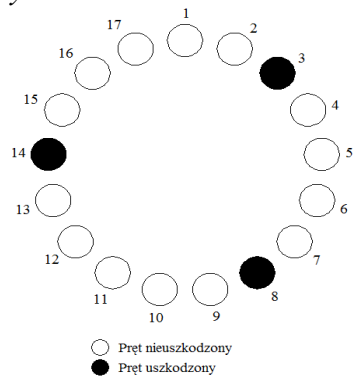
Rys. 6c.



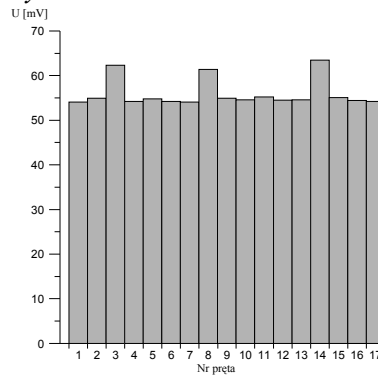
Rys. 7c.



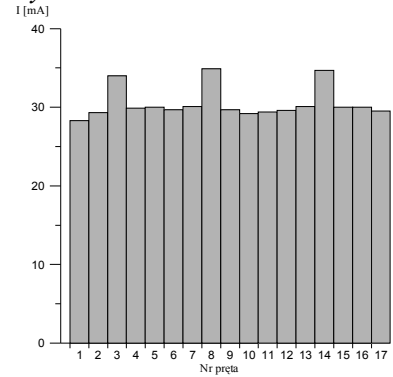
Rys. 8c.



Rys. 6d.



Rys. 7d.

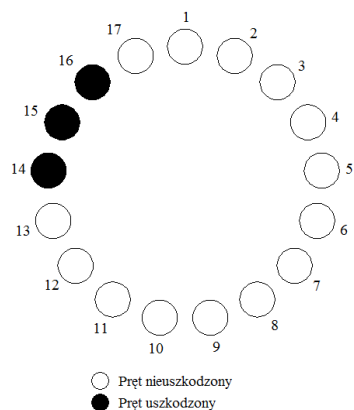


Rys. 8d.

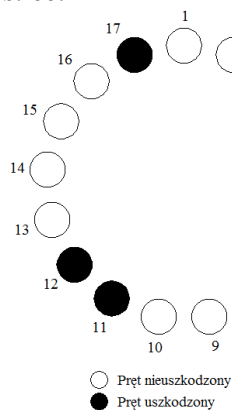
Rys. 6a-d. Rozmieszczenie uszkodzonych prętów

Rys. 7a-d. Wyniki badań prętów otrzymane przez pomiar napięcia

Rys. 8a-d. Wyniki badań prętów otrzymane przez pomiar prądu

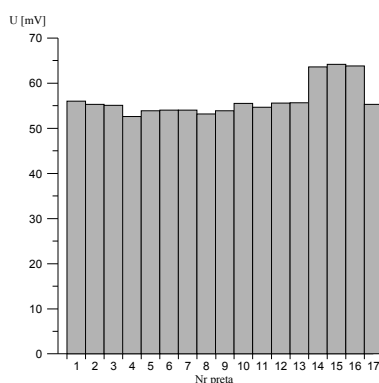


Rys. 6e.

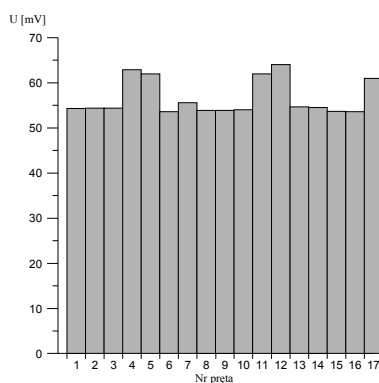


Rys. 6f.

Rys. 6e-f. Rozmieszczenie uszkodzonych prętów

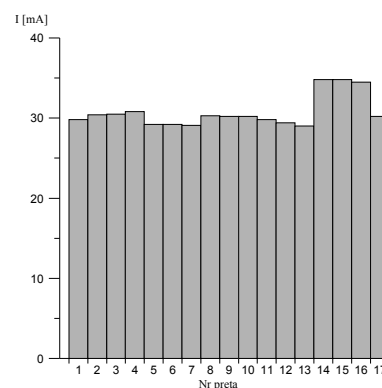


Rys. 7e.

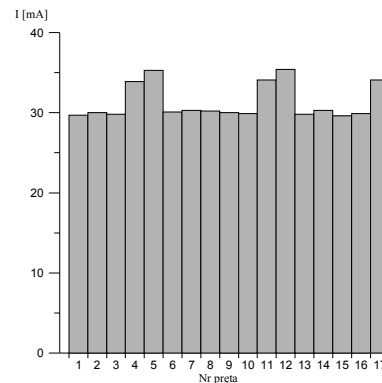


Rys. 7f.

Rys. 7e-f. Wyniki badań prętów otrzymane przez pomiar napięcia



Rys. 8e.



Rys. 8f.

Rys. 8e-f. Wyniki badań prętów otrzymane przez pomiar prądu

3. Podsumowanie

Uszkodzenie klatki wirnika nie jest częstą przyczyną awarii w maszynach indukcyjnych. Jednakże ogólnie przyjęte jest, że w napędach średniej i dużej mocy, gdzie liczba rozruchów w ciągu roku przekracza 1000, uszkodzenia klatki są główną przyczyną awarii całego napędu. Ważne jest wykrycie nawet niewielkiego pęknięcia pojedynczego pręta, gdyż może to zapobiec poważniejszej awarii i zredukować koszty ewentualnego remontu.

W artykule autorzy dzielą się własnymi doświadczeniami związanymi z prowadzeniem badań klatek wirników silników indukcyjnych. Pokazane wyniki badań dowodzą skuteczności zastosowanej metody diagnostycznej i pokazują jednoznaczność w wykrywaniu uszkodzeń prętów klatki silnika indukcyjnego.

Opisana metoda diagnostyczna zalicza się do metod inwazyjnych. Opisany detektor stanowi bardzo dobre narzędzie diagnostyczne, które pozwala jednoznacznie stwierdzić stopień uszkodzenia klatki wirnika.

Literatura

- [1]. T. Glinka, „Badania diagnostyczne maszyn elektrycznych w przemyśle”, BOBRME Komel, Katowice 1993.
- [2]. J. Przybysz, „Turbogeneratory, zagadnienia eksploatacyjne”, Instytut Energetyki, Warszawa 2005.
- [3]. M. Rad, „Diagnostyka wirnika maszyn indukcyjnych wykorzystaniem analizy falkowej i układów uczących się – rozprawa doktorska”, AGH, Kraków 2009.
- [4]. S. Szymaniec, „Diagnostyka stanu izolacji uzwojeń i stanu łożysk silników indukcyjnych klatkowych w warunkach przemysłowej eksploatacji”, Politechnika Opolska, Opole 2006.

Autorzy

dr inż. Artur Polak
BOBRME Komel, 41-209 Sosnowiec
ul. Moniuszki 29, tel. (032) 299-93-81 wew.21
e-mail: labor@komel.katowice.pl
mgr inż. Marcin Barański
BOBRME Komel, 41-209 Sosnowiec
ul. Moniuszki 29, tel. (032) 299-93-81 wew.29
e-mail: labor@komel.katowice.pl