

Piotr Kisielewski*, Maciej Gwoździwicz**

*KISIELEWSKI Sp. z o. o., **Politechnika Wroclawska, Wrocław

DWUNAPIĘCIOWY DWUBIEGOWY SILNIK INDUKCYJNY

DOUBLE-VOLTAGE DOUBLE-SPEED INDUCTION MOTOR

Streszczenie: Artykuł przedstawia projekt dwunapięciowego dwubiegowego silnika indukcyjnego. Silnik o liczbie biegunów $2p=2/4$, mocy znamionowej $P_n=50/8$ kW, jest przystosowany do zasilania napięciem 500 V albo 1000 V. Tablica zaciskowa silnika ma 21 zacisków plus uziemienie. Zmianę prędkości obrotowej silnika uzyskuje się za pomocą standardowego układu składającego się z 3 styczników.

Abstract: The article deals with project of double-voltage double-speed induction motor. The motor with the number of poles $2p=2/4$, rated power $P_n=50/8$ kW, can be supplied by the voltage 500 V or 1000 V. Motor terminal box has 21 terminals plus grounding. Change of the motor speed is realized by the standard supply structure which consists of 3 contactors.

Słowa kluczowe: silnik dwunapięciowy, silnik dwubiegowy, silnik indukcyjny specjalny, napęd wentylatora

Keywords: double-voltage motor, double-speed motor, special induction motor, fan drive

1. Wstęp

W polskich zakładach górniczych istnieje trend przechodzenia na większe napięcia zasilania. W przypadku niskich napięć napięcie $U_{nn}=500$ V jest zamieniane na $U_{nn}=1000$ V. Jeśli chodzi o średnie napięcia napięcie $U_{SN}=6$ KV jest podwyższane do $U_{SN}=10$ kV. Ten zabieg skutkuje mniejszymi spadkami napięć, mniejszymi stratami w kablach przesyłowych oraz możliwością wydłużania linii zasilających urządzenia i maszyny w tych zakładach. Proces ten jest długotrwały. W trakcie niego eksploatuje się równocześnie napięcia „stare” przed podwyższeniem jak również „nowe” po podwyższeniu. Wymusza to na producentach silników elektrycznych ich większą uniwersalność polegającą na możliwości zasilania przez różne napięcia, zarówno przed jak i po podwyższeniu w danej grupie napięć niskich albo średnich. Autorzy artykułu postawili sobie pytanie czy możliwe jest skonstruowanie dwunapięciowego dwubiegowego silnika indukcyjnego, który posiada jeden stojan z przełączalnym uzwojeniem przystosowanym do napięć różniących się o współczynnik $k_U=2$?

2. Projekt silnika

2.1 Założenia projektowa

Projektowany silnik ma być przystosowany do napędu wentylatora i mieć możliwość zmiany prędkości synchronicznej z $n_S=3000$ obr/min na $n_S=1500$ obr/min oraz zasilania napięcia $U_n=500$ V lub $U_n=1000$ V. Do zmiany liczby

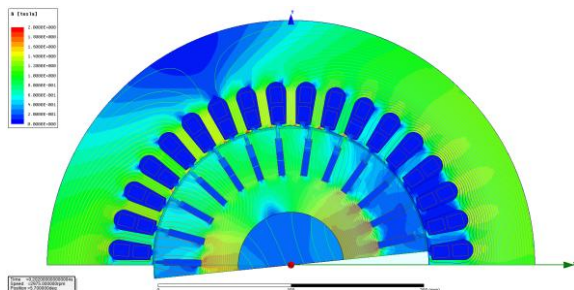
par biegunów ma służyć układ 3 styczników tak jak w przypadku standardowego układu do tego typu silników [2, 3]. Moc znamionowa silnika dla poszczególnych prędkości synchronicznej wynosi odpowiednio $P_n=50$ kW i $P_n=8$ kW. W uzwojeniu stojana zastosowano zmodyfikowany układ Dahlandera [1, 4, 5].

2.2 Model polowo-obwodowy silnika

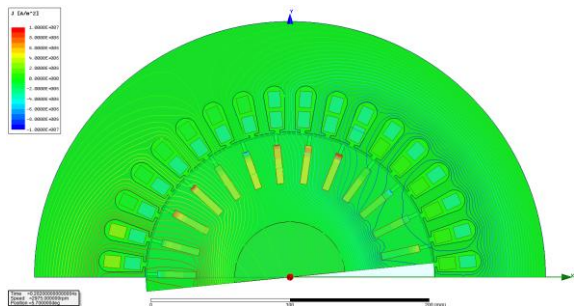
Po wstępnym obliczeniach inżynierskich stworzono w pakiecie Ansys Maxwell model dwunapięciowego dwubiegowego silnika. Na rysunkach 1-4 przedstawiono przebiegi pola magnetycznego oraz obrazy gęstości prądu dla liczby biegunów $2p=2$ oraz $2p=4$ dla obciążenia znamionowego tj. odpowiednio $P_{obc}=50$ kW i $P_{obc}=8$ kW. Zastosowano specjalne uzwojenie silnika umożliwiające pracę w czterech konfiguracjach: dwie prędkości obrotowe i dwa napięcia zasilania. Na rysunku 5 przedstawiono tablicę zaciskową silnika z wyprowadzonymi końcówkami uzwojeń. Takich wyprowadzeń jest 21. Za pomocą blaszek zwierających odpowiednie wyprowadzenia można przełączać silnik na jedno z dwóch znamionowych napięć zasilających. Do zmiany liczby par biegunów wystarczą 3 styczniki, tak jak w klasycznym układzie Dahlandera jednonapięciowego dwubiegowego silnika indukcyjnego.

Przy badaniu modelu polowego rozpatrywanego silnika wykorzystano $\frac{1}{2}$ maszyny zmieniając w zależności od liczby biegunów kierunek wirowania faz, polaryzację poszczególnych

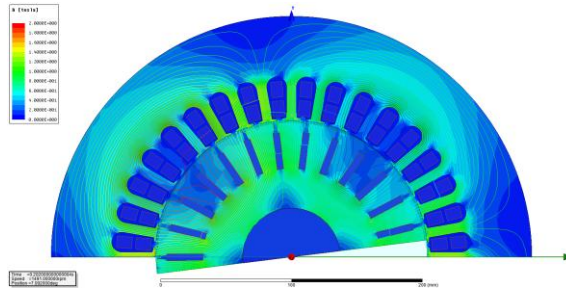
boków cewek oraz granice modelu: $slave=master$ (dla $2p=4$) i $slave=-master$ (dla $2p=2$). Warunkiem wykorzystania $\frac{1}{2}$ silnika w modelu połowym, co skutkuje dwukrotnym zmniejszeniem czasu obliczeń, jest parzysta liczba żłobków wirnika Q_r .



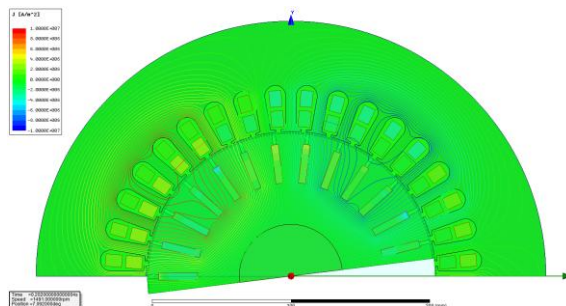
Rys. 1. Rozkład pola magnetycznego w silniku o liczbie biegunów $2p=2$ przy obciążeniu znamionowym



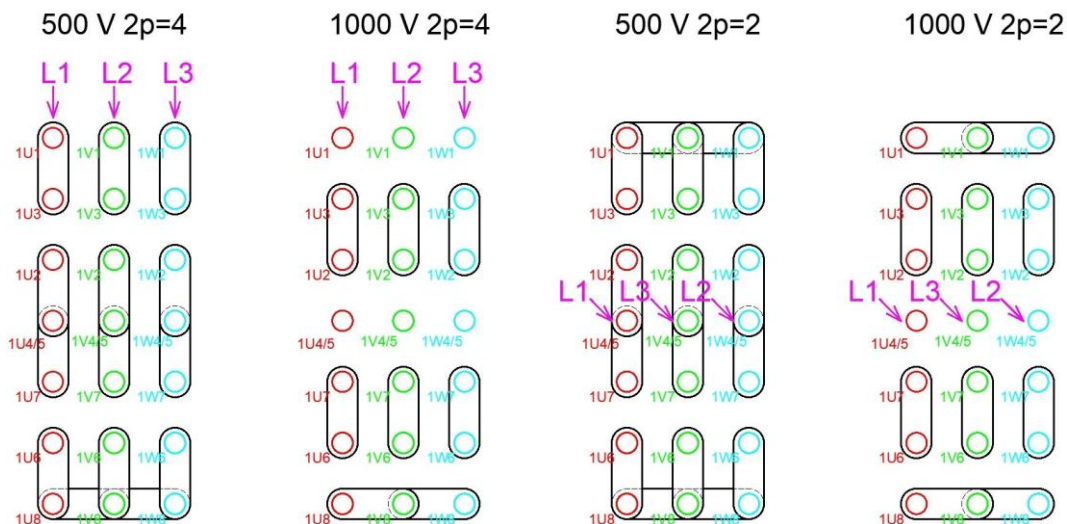
Rys. 3. Obraz gęstości prądu w silniku o liczbie biegunów $2p=2$ przy obciążeniu znamionowym



Rys. 2. Rozkład pola magnetycznego w silniku o liczbie biegunów $2p=4$ przy obciążeniu znamionowym



Rys. 4. Obraz gęstości prądu w silniku o liczbie biegunów $2p=4$ przy obciążeniu znamionowym



Rys. 5. Tablica zaciskowa silnika

2.3. Wyniki obliczeń

Po pozytywnej weryfikacji prawidłowości zbudowanego modelu połowo-obwodowego dwunapięciowego dwubiegowego silnika indukcyjnego do napędu wentylatora zbadano właściwo-

ści eksploatacyjne i rozruchowe rozpatrywanego silnika. Otrzymane wyniki właściwości zaprojektowanego silnika pokazano w tabeli 1. Parametry eksploatacyjne rozpatrywanej maszyny takie jak sprawność czy współczynnik

mocy są na zbliżonym poziomie w porównaniu do oferty producentów dwubiegowych silników indukcyjnych [4, 5].

Tab. 1. Właściwości silnika

$2p$	-	2	4
P_n	kW	50	8
U_n	V	1000/500	
n_n	rpm	2975	1491
η_n	%	93,5	88,8
$\cos \varphi_n$	-	0,90	0,60
$I_{n,U=500V}$	A	69	17
$I_r/I_{n,2p=2}$	-	8,1	1,6
$T_r/T_{n,2p=2}$	-	1,0	0,4
T_{max}	Nm	530	211
układ połączeń	-	YY	Y

Względnie mała wartość współczynnika mocy dla mniejszej prędkości obrotowej silnika z wyraźnego niewykorzystania elektromagnetycznego maszyny dla obciążenia mocą $P_{load}=8$ kW przy liczbie biegunów $2p=4$. Względnie mały moment rozruchowy dla większej liczby biegunów jest spowodowany znacznie mniejszym strumieniem magnetycznym, ale otrzymana wartość równa 0,4 wartości momentu znamionowego dla mocy $P_n=50$ kW i $n_s=3000$ rpm jest wystarczająca w przypadku napędu wentylatora.

3. Podsumowanie

Możliwe jest wykonanie dwunapięciowego dwubiegowego silnika indukcyjnego z jednym stojanem i jednym uzwojeniem stojana o stosunku napięć zasilających $k_U=2$. Wymaga to 21 wyprowadzeń do tablicy zaciskowej maszyny. Układ przełączenia liczby biegunów można wykonać na 3 stycznikach, tak jak w standardowym układzie jednonapięciowego dwubiegowego silnika indukcyjnego.

Obliczenia wykonano na komputerach Wrocławskiego Centrum Sieciowo-Super-komputerowego (<http://www.wcss.pl>), grant obliczeniowy Nr 400

4. Literatura

- [1]. J. Zembruski, „Atlas uzwojeń silników indukcyjnych”, Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 1991.
- [2]. T. Glinka, „Silniki wielobiegowe jako napędy energooszczędne”, *Maszyny Elektryczne – Zeszyty Problemowe*, 1/2016.
- [3]. T. Glinka, „Energooszczędne układy napędowe dwubiegowe”, *Napędy i Sterowanie*, 2/2017.
- [4]. J. Zawilak „Silniki dwubiegowe i ich zastosowania” *Górnictwo Odkrywkowe*, r. 2008, nr 6
- [5]. J. Zawilak L. Antal T. Zawilak, „Dwubiegowe silniki prądu przemiennego - asynchroniczne i synchroniczne”, *XIV Konferencja Energetyki. Modernizacja, rozwój, wyzwania. Materiały konferencyjne. Energoserwis Lubliniec*, 7-9.09.2005
- [6]. www.cantonigroup.com.
- [7]. www.abb.pl.