

Bugaj Piotr, Chwałek Kamil

Temat pracy: „ANALIZA GENERATORA SYNCHRONICZNEGO Z MAGNESAMI TRWAŁYMI Z POMOCĄ PROGRAMU FLUX 2D”.

Opiekun naukowy: dr hab. inż. Wiesław Jazdzyński, prof. AGH

Maszyna synchroniczna to maszyna elektryczna prądu przemiennego, w której wirnik z magnesami (lub elektromagnesami prądu stałego), obraca się z prędkością synchroniczną, tj. równą prędkości wirowania pola magnetycznego wzbudzonego przez stojan (lub w stojanie).

Prędkość synchroniczną oblicza się na podstawie wzoru:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f_1}{p},$$

gdzie:

f_1 – częstotliwość napięcia zasilania (Polska- wartość częstotliwości w sieciach energetycznych wynosi 50[Hz])

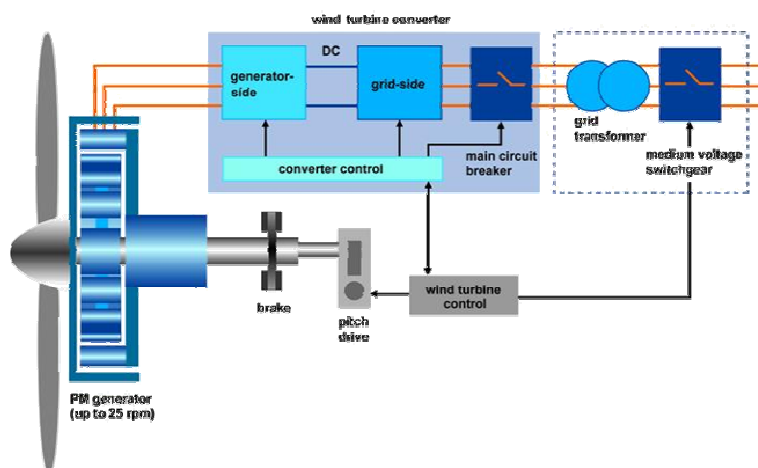
p - liczba par biegunów maszyny.

Z powyższej zależności wynikają prędkości synchroniczne n_0 podane niżej dla kilku wybranych wartości liczby par biegunów:

p	n_0 [obr/min]
1	3000
2	1500
3	1000
4	750

Przed przystąpieniem do omówienia szczegółów analizy warto zastanowić się nad kryteriami wyboru rodzaju maszyny. Otóż generator synchroniczny jest bardzo interesujący ze względu na jego szerokie zastosowanie w energetyce, również w elektrowniach wiatrowych. Główną zaletą przyjętej przez nas konstrukcji jest brak oddzielnego uzwojenia wzbudzenia. Strumień wzbudzenia jest wytworzony przez magnesy trwałe umieszczone na cylindrycznym wirniku.

Naszą pracę rozpoczęliśmy od analizy możliwości zastosowania generatora synchronicznego w elektrowni wiatrowej. Przyczyną analizy jest zmienna prędkość obrotowa prądnicy, a tym samym zmienna amplituda i częstotliwość generowanego napięcia. Przykładowa budowa „wiatraka” została przedstawiona na poniższym rysunku:



Rys nr.1 – schemat elektrowni wiatrowej

Charakterystycznym elementem całej konstrukcji jest śmigło, które jako urządzenie pędne, napędza generator wytwarzający napięcie przemiennie o zmiennej częstotliwości. Wartość częstotliwości zależy od prędkości wirowania śmigła. Powstała w ten sposób energia, zostaje przetworzona przez układ energoelektroniczny na częstotliwość sieciową (50 [Hz]) i przesyłana jest do sieci.

Powyższy opis działania elektrowni wiatrowej ma służyć do celów poglądowych. Warto nadmienić, że w tego typu jednostkach często zamiast maszyny synchronicznej stosuje się generatory asynchroniczne, a dokładniej maszyny pierścieniowe dwustronnie zasilane. Wynika to z łatwiejszego uzyskiwania zadanej częstotliwości, poprzez zastosowanie falownika i układu sterowania po stronie wirnika (mniejsza moc).

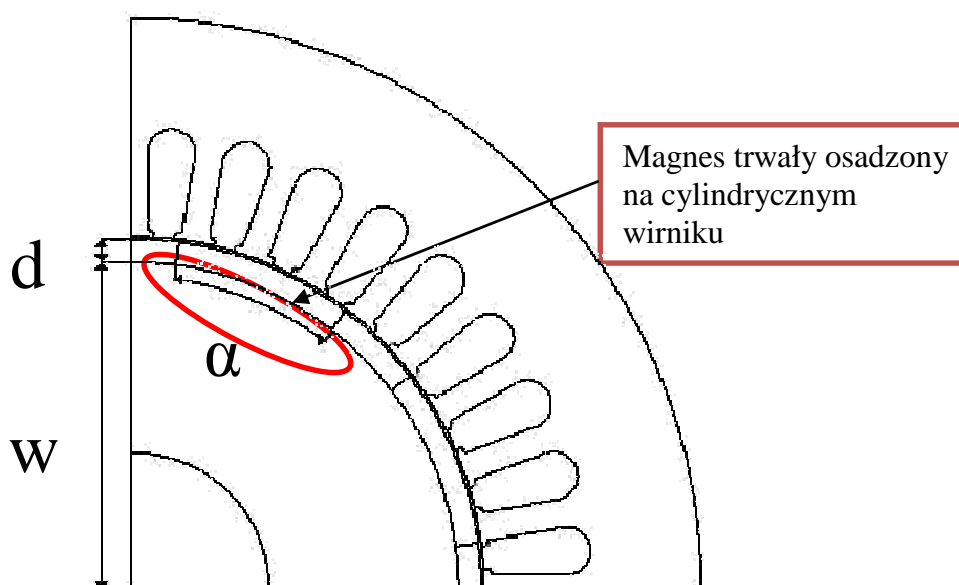
W celu analizy generatora synchronicznego musieliśmy poznać podstawowe zasady modelowania w programie FLUX 2D. Można powiedzieć, że dzięki prostemu interfejsowi tej aplikacji, a równocześnie wykonywaniu bardzo skomplikowanych obliczeń matematycznych, kolejne modele tworzyliśmy w krótkim czasie. Pierwotny model maszyny stworzony został na podstawie istniejącego trójfazowego silnika indukcyjnego, który składa się z 4 par biegunów (wybraliśmy silnik o możliwie największej liczbie par biegunów, ze względu na przewidywaną niską prędkość obrotową śmigła). Magnesy trwałe, które są ważniejszą częścią maszyny, zostały rozmieszczone równomiernie na cylindrycznym wirniku.

Po sprawdzeniu utworzonego modelu, tzn. sprawdzeniu poprawności doboru siatki, regionów oraz przypisaniu parametrów danym częściom modelu, przeszliśmy do kolejnego zadania, tzn. optymalizacji.

W celu zmniejszenia kosztów, eliminacji wyższych harmonicznych, oraz maksymalizacji amplitudy napięcia, dokonaliśmy optymalizacji konstrukcji przy założeniu 2 parametrów maszyny (zmiennych optymalizacji):

- szerokość – rozpiętość magnesów, (oznaczenie na rys.2 – α)
- wysokość magnesów, (oznaczenie na rys.2 – d)

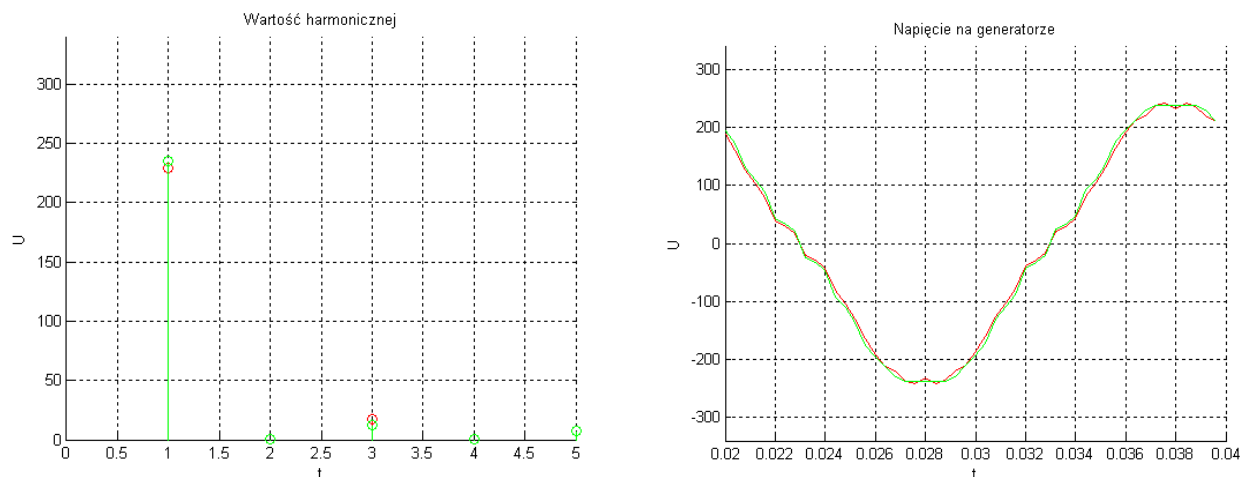
Promień wirnika (oznaczenie na rys.2 – w) wynikał z założonej średnicy wewnętrznej stojana, szczeliny powietrznej i wysokości magnesu.



Rys nr.2- Ćwiartka wykreju silnika służąca jako model do optymalizacji parametrów maszyny.

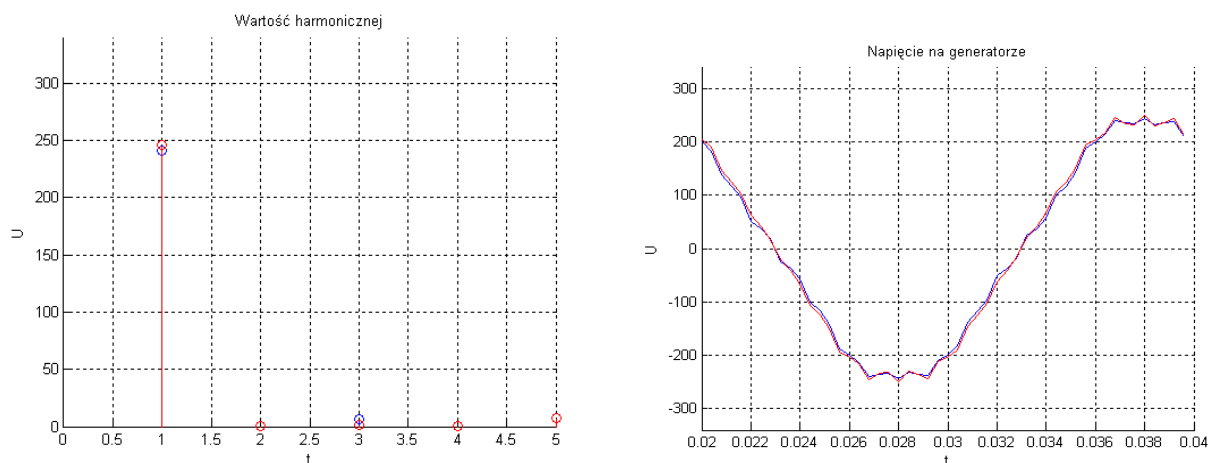
W trakcie prac stwierdziliśmy, że poszukiwane parametry są najbardziej czułe na zmianę wymiarów magnesów trwałych. Poniżej przedstawiamy wyniki kilku rozpatrywanych wariantów:

$\alpha=27^\circ$ kolor czerwony; $\alpha=28^\circ$ kolor zielony



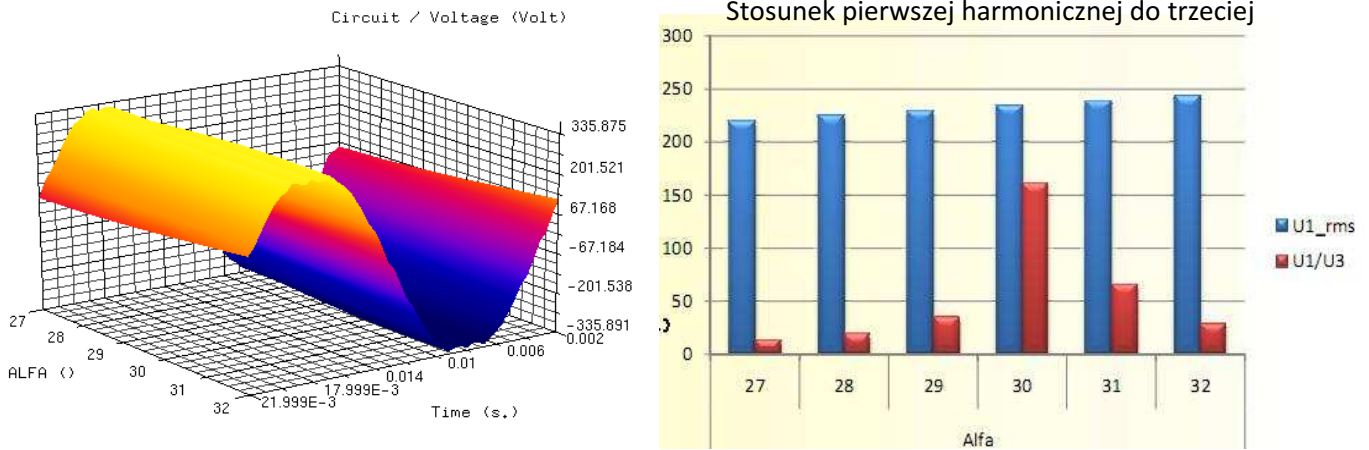
Rys nr.3-przykładowe wyniki optymalizacji

$\alpha=29^\circ$ kolor niebieski; $\alpha=30^\circ$ kolor czerwony



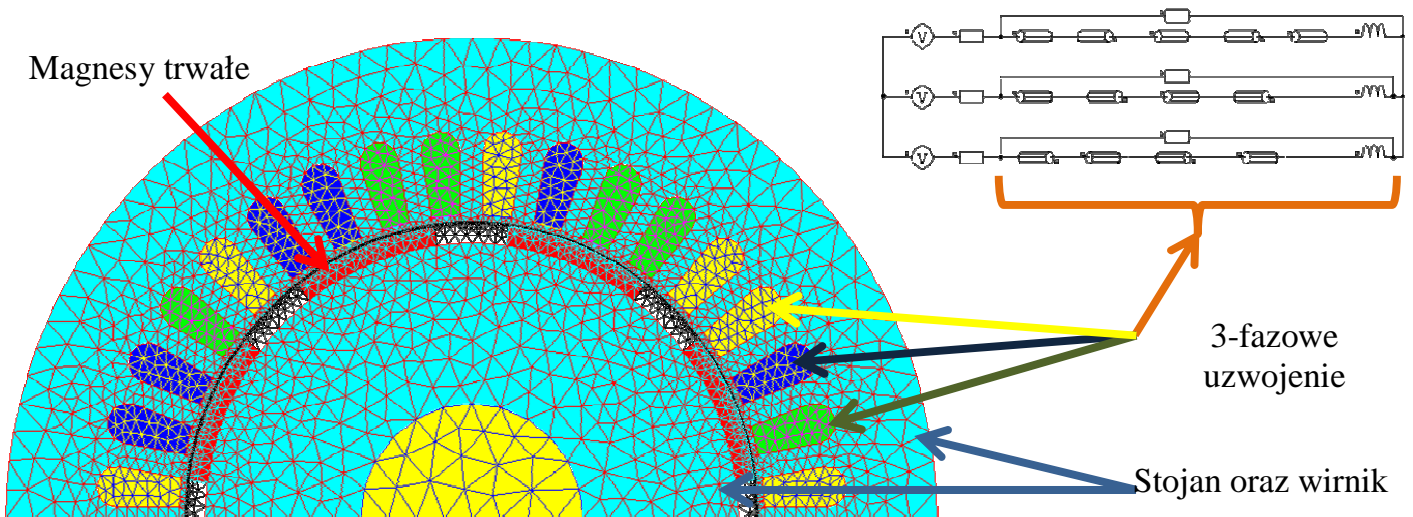
Rys nr.4-przykładowe wyniki optymalizacji

Po serii obliczeń otrzymaliśmy optymalną wartość parametrów dla kąta rozpiętości magnesów $\alpha=30^{\circ}$. Poniżej przedstawione zostały wyniki końcowe.



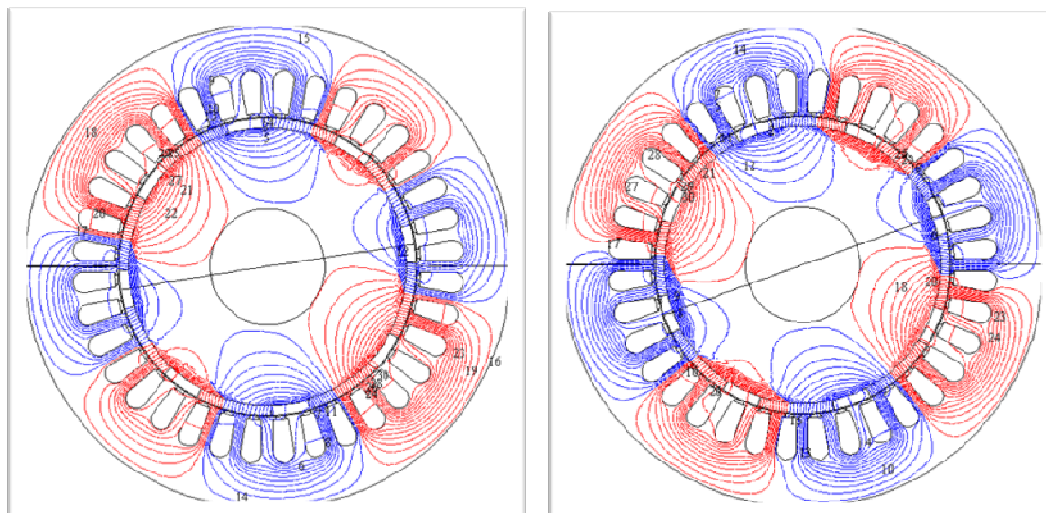
Rys nr.5 – wyniki końcowe optymalizacji.

W efekcie końcowym otrzymaliśmy następujący model maszyny, wraz z jego modelem obwodowym:



Rys nr.6 – połowa modelu połowego maszyny oraz model obwodowy.

Otrzymane skuteczne napięcie fazowe wytwarzane przez generator wynosiło 234 [V].



Rys nr.7 –Linie sił pola generatora w trakcie obciążenia

Na końcu naszej pracy warto jest zamieścić kilka uwag o magnesach trwałych, bo to one jak można zauważyć, są najbardziej istotnym elementem naszej maszyny. Otóż magnesem trwałym nazywamy namagnesowany element wykonany z materiału magnetycznie twardego stanowiący źródło stałego pola magnetycznego. Magnesy te są stosowane głównie w silnikach i generatorach elektrycznych, przyrządach pomiarowych, separatorach, łożyskach, przekaźnikach, zamkach.

W naszym projekcie zastosujemy magnesy neodymowe, jedne z najsilniejszych magnesów dostępnych na rynku. Wytwarzane są ze związku neodymu, żelaza i boru. Produkowane metodami metarurgii proszków, czyli prasowania sproszkowanych komponentów w polu magnetycznym, w podwyższonej temperaturze. Przez to są bardzo kruche, a ich wnętrze jest podatne na korozję, dlatego pokrywane są warstwą ochronną niklu. Gdy warstwa niklu zostanie uszkodzona, magnes skoroduje i straci swoje właściwości.

Na początku naszej pracy wystąpiliśmy o przyznanie funduszy w ramach tzw. Grantu Rektorskiego 2010. Za pieniądze uzyskane z tego źródła zostanie zakupiona trójfazowa maszyna indukcyjna, do której zostanie zamontowany, zaprojektowany wg wyników powyższej pracy, wirnik z magnesami trwałymi. W przyszłości możliwe jest, że wykonamy stanowisko laboratoryjne do laboratorium Maszyn Elektrycznych.



Projekt finansowany
z
GRANTU REKTORSKIEGO
2010
dla kół naukowych AGH

Opracował:

Bugaj Piotr, Chwałek Kamil

Opiekun naukowy:

dr hab. inż. Wiesław Jażdżyński, prof. AGH