

## STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

### Modelowanie i analiza generatora AFPM w systemie małej elektrowni wiatrowej

Autor: Andrzej Smoleń

Promotor: dr hab. inż. Damian Mazur, prof. PRz

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Marek Gołębiowski, prof. PRz.

Słowa kluczowe: (generator AFPM, MES, VAWT, modelowanie matematyczne, wydajność obliczeniowa )

Tematyka rozprawy obejmuje zagadnienia modelowania matematycznego i symulacji pracy generatora z magnesami trwałymi o osiowym przepływie pola magnetycznego (AFPM). Teza pracy dotyczy możliwości wykorzystania modeli 2D maszyn tego typu do wyznaczania ich parametrów elektrycznych na potrzeby symulacji dynamiki, jak również możliwości opracowania takiej konstrukcji maszyny typu AFPM aby możliwa była estymacja parametrów pracy generatora na podstawie wartości napięć indukowanych oraz skuteczne wykorzystanie tych wyników w procesie sterowania pracą generatora w układzie z turbiną wiatrową.

W rozdziale pierwszym przedstawiono obecny stan wiedzy oraz uzasadnienie celowości podejmowanej pracy badawczej. W rozdziale drugim przedstawiono wyniki analizy MES 3D rozkładu pola magnetycznego w maszynie bezrdzeniowej typu AFPM. W rozdziale trzecim przebadano sposób wyznaczania parametrów elektrycznych maszyny opierający się na podejściu analitycznym. W rozdziale czwartym zaprezentowano autorską, obliczeniowo wydajną metodę wyznaczania parametrów elektrycznych maszyny AFPM, na podstawie autorskich modeli 2D. W rozdziale piątym przedstawiono sposób uwzględniania obecności uzwojenia tłumiącego w obliczeniach prowadzonych zaproponowaną metodą. W rozdziale szóstym przedstawiono model dynamiki maszyny AFPM z uzwojeniem tłumiącym, pozwalający na bezpośrednie wykorzystanie wyników szybkich obliczeń 2D. W rozdziale siódmym zaproponowana została innowacyjna konstrukcja maszyny typu AFPM. Zestawiono wyniki obliczeń jej parametrów elektrycznych przeprowadzonych opracowaną metodą oraz za pomocą analizy MES 3D w środowisku Ansys/Maxwell. Zaproponowano współczynnik korekcyjny poprawiający dokładność ilościowego odwzorowania w obliczeniach 2D przebiegu strumienia magnetycznego od magnesów trwałych w funkcji kąta obrotu wirnika, w przypadku gdy zastosowane magnesy trwałe mają kształt inny niż prostopadłościenny. W rozdziale ósmym zaproponowano sposób estymacji prędkości obrotowej oraz kąta położenia wirnika maszyny AFPM, o konstrukcji opisanej w rozdziale siódmym, na podstawie napięć indukowanych. Opracowano metodę sterowania pracą generatora w układzie z turbiną wiatrową i przekształtnikiem matrycowym, działającą w oparciu o estymowane wartości prędkości obrotowej i kąta obrotu wirnika maszyny. Zaproponowano sposób sterowania przekształtnikiem matrycowym z zastosowaniem podejścia optymalizacyjnego. Zbadano możliwość zastosowania filtru Kalmana w estymacji parametrów pracy badanego układu.

## **SUMMARY OF THE DOCTORAL DISSERTATION**

### **TYTUŁ ROZPRAWY W WERSJI ANGIELSKIEJ**

Author: Andrzej Smoleń

Supervisor: dr hab. inż. Damian Mazur Prof. PRz.

Key words: (generator AFPM, MES, VAWT, mathematical model computational efficiency)

The subject matter of the dissertation encompasses the issues of mathematical modelling and simulation of the operation of an axial flow permanent magnet (AFPM) generator. The thesis of the dissertation concerns the possibilities of using 2D models of this type of machines to determine their electrical parameters for the needs of dynamics simulation, as well as for developing such a structure of an AFPM machine so as to enable estimation of generator operation parameters on the basis of the values of induced voltages, and effective application of these results in the process of generator performance control in a wind turbine system. The first chapter discusses the current scientific knowledge and justification of the purposefulness of the undertaken research work. The second chapter presents the MES 3D analysis results for the magnetic field distribution in an AFPM type coreless machine. In the third chapter the way of determining electric machine parameters based on the analytical approach was studied. The fourth chapter presents an original, computationally efficient method for determining electric parameters of an AFPM type machine, on the basis of original 2D models. The fifth chapter shows the method for considering the presence of damping winding in computations done with the suggested method. The sixth chapter describes the model of dynamics of an AFPM machine with damping winding, which enables direct use of the results of quick 2D computations. Chapter seven provides an innovative design of an AFPM type machine. The computation results of its electric parameters done by means of the developed method were contrasted with the results of MES 3D analysis in the Ansys/Maxwell environment. A correction factor improving the accuracy of the quantitative reflection of the magnetic flux waveform in 2D computations considering permanent magnets in the function of rotor rotation angle was suggested in the case when the applied permanent magnets have a shape different than the cuboid one. Chapter eight provides a suggestion for estimating the rotational speed and the angle of rotor position in an AFPM machine of the structure described in chapter seven, on the basis of induced voltages. A method for controlling the generator performance in a system with a wind turbine and a matrix converter was developed; it utilizes estimated values of the rotational speed and the machine rotor rotation angle. A method for controlling a matrix converter by using an optimization approach was suggested. The possibility to apply the Kalman filter in estimation of parameters of the investigated system was investigated.