Dr hab. inż. Krzysztof Ludwinek, prof. PŚk
Politechnika Świętokrzyska
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Al. Tysiąclecia PP. 7, 25 – 314 Kielce
k.ludwinek@tu.kielce.pl

Kielce, 13.10.2020 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pana mgr inż. **Andrzeja Smolenia** na temat:
„Modelowanie i analiza generatora AFPM w systemie małej elektrowni wiatrowej",
wykonanej na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej
Promotor: dr hab. inż. Damian Mazur, prof. PRz.
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Marek Gołębiowski, prof. PRz.

Recenzję wykonano na podstawie decyzji Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Rzeszowskiej z dnia 7 września 2020 r., nr pisma RE/530/3/2020/E.

WPŁYNĘŁO
19. PAŹ. 2020

1. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska obejmuje 261 numerowanych stron i składa się, ośmiu zasadniczych numerowanych rozdziałów oraz numerowanego Podsumowania i Dodatku obejmującego:

- listing programu do obliczeń symulacyjnych do rozdz. 8,
- wyniki badań eksperymentalnych prototypu generatora z magnesami trwałymi o osiowym przepływie pola magnetycznego (AFPM),
- Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów.

W rozprawie zamieszczono również nienumerowany: Spis rysunków, Spis tabel oraz Bibliografię zawierającą 113 pozycji ułożonych według cytowanych prac. Ponadto, spis literatury obejmuje 2. współautorskie prace (wysoko punktowane wg. wskaźników bibliometrycznych) opublikowane w 2019 i 2020 roku w czasopiśmie *Energies*.

Przedstawione w recenzowanej rozprawie, kolejno numerowane rozdziały, to:

1. **Wprowadzenie**, które zawiera:
   - przegląd stanu wiedzy o rozwiązaniach generatorów o osiowym przepływie strumienia magnetycznego od magnesów trwałych,
   - zakres tematyczny rozprawy zawierający opis przedstawionej tematyki badań w niniejszej rozprawie,
   - oraz tezę i cel rozprawy.
2. **Obliczenia parametrów maszyny AFPM typu bezrdzeniowego metodą MES 3D.** W rozdziale 2 na wstępie przedstawiono opracowany graficznie w 3D podstawowy bezrdzeniowy model generatora o zewnętrznym wirniku o strumieniu osiowym wzbudzanym magnesami trwałymi (tzw. Core-less AFPM). W dalszej części dla 1/8 części w/w modelu generatora z uzwojeniem stojana typu „overlooping" (tzn. z przeplotem uzwojeń w części czołowej) przeprowadzono obliczenia symulacyjne rozkładu pola magnetycznego w środowisku Ansys-Maxwell. Przy czym, pełny model uzwojenia fazowego stojana stanowi 16 szeregowo połączonych cewek, natomiast wirnik tworzą dwie tarcze z naklejonymi 32. magnesami trwałymi ustawionymi względem siebie na każdej tarczy N-S, co dla utworzonego generatora daje 16 par biegunów magnetycznych. Dalszą część rozdziału 2 stanowią wyniki obliczeń rozkładu wartości strumienia pola magnetycznego i jego pochodnej, indukcyjności własne i wzajemne oraz procentowe wartości THD (Total Harmonic Distortion). Wszystkie przedstawione wielkości, podano w funkcji kąta mechanicznego położenia wirnika.
3. **Metoda analityczna wyznaczania rozkładu pola magnetycznego w badanej maszynie.** W rozdziale 3 zawarto analityczne modelowanie rozkładu potencjału i natężenia pola

magnetycznego dla przyjętych modeli 2D, których efektem końcowym jest określenie współczynników macierzy indukcyjności własnych i wzajemnych. Analizę matematyczną w tym rozdziale przeprowadzono aby przedstawić (w uproszczony sposób) ważne z punktu widzenia projektowania generatora AFPM funkcje reprezentujące rozkłady pola magnetycznego, indukcyjności własne i wzajemne oraz aby poznać wpływ magnesów trwałych i uzwojeń badanego generatora na otrzymane rozkłady w środowisku Ansys-Maxwell.

4. **Opracowana metoda wydajnego pod względem obliczeniowym określania najważniejszych parametrów elektrycznych maszyny AFPM.** Rozdział 4 zawiera opis autorskiej metody wyznaczania parametrów elektrycznych i magnetycznych maszyny AFPMG dla modelu 2D. W p. 4.6 przeprowadzono porównanie otrzymanych parametrów z opracowana autorską metodą dla modelu 2D z parametrami otrzymanymi w środowisku Ansys - Maxwell z modelem 3D, uzyskując podobne wyniki.
5. **Wyznaczanie parametrów uzwojenia tłumiącego.** Rozdział 5 jest dalszą kontynuacją rozdziału 3 w kierunku wyznaczania współczynników indukcyjności własnej i wzajemnej uzwojenia tłumiącego oraz rozkładu strumienia magnetycznego (od tego uzwojenia) skojarzonego z uzwojeniem fazowym. Wyznaczanie parametrów uzwojenia tłumiącego przeprowadzono dla modelu 2D. Z przeprowadzonych badań, Autor wyprowadził wniosek, że zastosowanie modelowania analitycznego umożliwia wyznaczenie strumienia od uzwojenia tłumiącego jednak przy jego znacznym niedoszacowaniu.
6. **Obwodowy model dynamiki maszyny typu Core Less AFPM.** W rozdziale 6 przedstawiono wyniki obliczeń prądów fazowych i momentu dla polowego modelu dynamicznego generatora AFPM uwzgledniającego magnesy trwałe oraz uzwojenie tłumiące, dla zadanych przebiegów prędkości obrotowej. W p. 6.3 przedstawiono wyniki obliczeń prądów fazowych i momentu dla struktury modelu generatora AFPM opracowanego w środowisku Matlab-Simulink. Należy podkreślić, że otrzymany kształt obwiedni prądu zarówno dla modelu polowego jak i obwodowego jest podobny.
7. **Innowacyjna konstrukcja maszyny typu AFPM.** Rozdział 7 przedstawia autorską konstrukcję generatora typu AFPM. W tym celu dla opracowanej konstrukcji graficznego modelu generatora w 3D Doktorant przy użyciu opracowanego modelu analitycznego oraz programu Ansys-Maxwell wyznaczył i porównał parametry elektryczne i magnetyczne badanej maszyny, uzyskując podobne wyniki. Poprzez porównanie otrzymanych przebiegów i parametrów Doktorant wprowadził autorski współczynnik korekcyjny, który w obliczeniach 2D (w przypadku zastosowania magnesów trwałych o kształcie innym niż prostopadłościenny) poprawia dokładność odwzorowania przebiegu strumienia magnetycznego od magnesów trwałych w funkcji kąta obrotu wirnika.

8. **Badania symulacyjne pracy generatora AFPM w układzie z turbiną wiatrową i przekształtnikiem matrycowym.** Rozdział 8 jest dalszą kontynuacją badań nad autorską konstrukcją generatora AFPM z rozdziału 7 w połączeniu z przekształtnikiem i turbiną wiatrową. W tym celu Doktorant opracował metodę sterowania pracą generatora (w układzie z turbiną wiatrową i przekształtnikiem matrycowym). W rozdziale tym Doktorant na podstawie napięć indukowanych zaproponował sposób estymacji prędkości obrotowej oraz kąta położenia wirnika. Rozdział 7 przedstawia również optymalizację sposobu sterowania przekształtnikiem matrycowym. Ponadto, w rozdziale tym zbadano możliwość zastosowania filtru Kalmana w estymacji prędkości obrotowej oraz kąta położenia wirnika. Rozdział przedstawia szereg porównań przebiegów wielkości elektrycznych i mechanicznych dla wspomnianej pionowej konstrukcji turbiny.
9. **Podsumowanie**. W podsumowaniu Doktorant omawia najważniejsze osiągnięcia przedstawione w niniejszej rozprawie. Doktorant wykazał w podsumowaniu słuszność zaproponowanych 5 tez.
10. Ważnym składnikiem niniejszej rozprawy jest również **Dodatek**, w którym Doktorant w pierwszej jej części przedstawia opracowany kod źródłowy w Matlabie do obliczeń symulacyjnych przebiegów przedstawionych rozdziale 8. W drugiej części Dodatku znajdują się interesujące każdego konstruktora - wyniki badań eksperymentalnych, które przeprowadzono na zbudowanym modelu bezrdzeniowego generatora AFPM. Przedstawione na rys. 10.3 porównanie przebiegów indukowanych napięć potwierdza przeprowadzone wcześniej badania symulacyjne.
11. Na zakończenie rozprawy Doktorant dołączył również Spis rysunków i tabel oraz Bibliografię, na którą składa się 113 prac, w tym jak już wspomniałem dwie prace współautorskie opublikowane w wysoko punktowanym czasopiśmie Energies w 2019 i 2020 roku.

Podsumowując opisane rozdziały w recenzowanej rozprawie, stwierdzam, że praca ma charakter teoretyczno-praktyczny i przedstawia wystarczające rezultaty badań symulacyjnych i eksperymentalnych do udowodnienia postawionych 5 tez. Stwierdzam, że recenzowana rozprawa pod względem struktury zawiera wprawdzie aż 9 merytorycznych rozdziałów, ale kolejny rozdział jest wynikiem poprzedniego, dlatego została przedstawiona właściwie. Rozprawę czyta się dobrze i według recenzenta napisana jest zgodnie z zasadami podanymi przez prof. dr hab. inż. Krystyna Pawluka w artkule pt. „Jak pisać teksty techniczne poprawnie".

2. Ocena rozprawy doktorskiej

2.1. Motywy podjęcia niniejszej rozprawy doktorskiej

Motywy podjęcia rozprawy przez Doktoranta zostały przedstawione w rozdziale 1. W rozdziale tym postawiono trzy cele.

- Pierwszy cel stanowi *„opracowanie metod wydajnego pod względem obliczeniowym wyznaczania najważniejszych parametrów elektrycznych maszyn typu AFPM bez rdzenia żelaznego, a następnie opracowanie autorskiego programu komputerowego implementującego te metody oraz analiza zapewnianej przez nie dokładności. Założono również utworzenie modeli symulacyjnych umożliwiających badania pracy maszyn typu AFPM, jako elementu układu przetwarzania energii, na podstawie modeli 2D".*
- Drugi cel stanowi *„rozwiniecie opracowanych metod i programu komputerowego tak by możliwe było uwzględnienie w szybkich obliczeniach 2D obecności uzwojenia tłumiącego i elementów ferromagnetycznych w rdzeniu maszyny".*
- Trzecim celem jest *„symulacyjne zbadanie możliwości współpracy zaproponowanej Innowacyjnej konstrukcji maszyny typu AFPM z turbina wiatrowa o pionowej osi obrotu, umożliwiającej przekazywanie energii pozyskanej z wiatru przez przekształtnik matrycowy do sieci. Realizacja tej części przewiduje również zbadanie możliwości estymacji prędkości obrotowej i kata obrotu układu turbina-generator zarówno metoda bezpośrednia, jak i z zastosowaniem filtru Kalmana".*

Prace nad nowymi konstrukcjami maszyn elektrycznych są przedmiotem badań w wielu ośrodkach naukowych w kraju i za granicą. W ostatnim czasie dużo uwagi zwraca się na rozwiązania konstrukcyjne zarówno silników, jak i generatorów o osiowym strumieniu pochodzącym od magnesów trwałych umieszczonych na tarczy, czy tarczach wirnika. Na szczególną uwagę zasługują prace prowadzone nad maszynami bezrdzeniowymi. Niektóre rozwiązania takich silników przy zastosowaniu specjalnej konstrukcji łożysk i uzwojeń pozwalają na osiąganie sprawności ok. 99% dla mocy 30 kW.

Dlatego też podjęty temat rozprawy doktorskiej, a dotyczący badań nowej konstrukcji generatorów o osiowym strumieniu AFPM należy uznać za ważny i aktualny. Doktorant w recenzowanej rozprawie przedstawia zarówno sposób modelowania analitycznego, jak i symulacyjnego. Przedstawione opisy modelowania analitycznego, czy tzw. polowego mogą być przydatne dla prowadzonych badań nie tylko nad nowymi konstrukcjami generatorów, ale i silników z wykorzystaniem strumienia osiowego i magnesów trwałych. Praktycznym potwierdzeniem prowadzonych badań z użyciem modelowania analitycznego i polowego jest weryfikacja eksperymentalna. Nie wiem, dlaczego Doktorant umieścił ją w Dodatku. Według mnie badania eksperymentalne stanowią ważną część prowadzonych rozważań i potwierdzają lub nie potwierdzają wyprowadzone wnioski z rozważań teoretycznych czy badań symulacyjnych. Najprawdopodobniej Doktorant chciał oddzielić od rozważań teoretycznych i obliczeń symulacyjnych, część praktyczną. Szkoda, że Doktorant nie wspomniał więcej o stanowisku do badań, które na pewno zbudował.

Przedstawione w niniejszej rozprawie doktorskiej rozwiązania analityczne i symulacyjne wnoszą do prowadzonych badań naukowych interesujące informacje o pozytywnych i negatywnych właściwościach konstrukcyjnych generatorów o osiowym strumieniu.

2.2. Teza rozprawy doktorskiej

Ponieważ Doktorant w podrozdziale 1.3 użył kilka razy słowa „Możliwe jest" oraz „można", to przedstawioną tezę można potraktować jak 5 oddzielnych tez. Tak, więc tezami rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Andrzeja Smolenia jest następujących 5 stwierdzeń:

Teza 1. *„Możliwe jest opracowanie szybkich metod obliczeniowych pozwalających określić parametry maszyn axialnych w celu badania ich własności statycznych i dynamicznych".*

Teza 2. *„Możliwe jest opracowanie modeli 2D do analizy stanów statycznych i dynamicznych generatorów axialnych w systemie małej elektrowni wiatrowej".*

Teza 3. *„Na podstawie opracowanego autorskiego modelu 2D można określić parametry AFPM do zbudowania bardziej złożonego systemu symulacyjnego".*

Teza 4. *„Możliwe jest opracowanie takiej konstrukcji generatora typu AFPM, że możliwa będzie estymacja jego prędkości obrotowej z wykorzystaniem kształtu indukowanego napięcia".*

Teza 5. *„Możliwe jest skuteczne wykorzystanie wyników tej estymacji w procesie sterowania praca układu turbina-generator-przekształtnik matrycowy-sieć elektroenergetyczna".* Tezy te w pracy zostały poparte następującymi wynikami badań.

Teza 1 została poparta wynikami badań przedstawionymi m. in. w rozdziale 3 poprzez opracowanie metod wydajnego pod względem obliczeniowym wyznaczania najważniejszych parametrów elektrycznych maszyn typu AFPM bez rdzenia żelaznego oraz poprzez opracowanie autorskiego programu komputerowego implementującego te metody przy zadanej dokładności.

Teza 3 została poparta wynikami badań przedstawionymi w rozdziale 6 i 7 oraz potwierdzoną w Dodatku weryfikacją eksperymentalną dla stanu biegu jałowego zbudowanego generatora AFPM. W rozdziale 7 Doktorant wprowadził autorski współczynnik korekcyjny, który w obliczeniach 2D poprawia dokładność odwzorowania przebiegu strumienia magnetycznego od magnesów trwałych.

Tezy: 2, 4 i 5 zostały poparte wynikami badań przedstawionymi w rozdziale 8 (dla zaproponowanej konstrukcji przedstawionej w rozdziale 7), w którym Doktorant dokonał symulacyjnych badań możliwości współpracy autorskiej konstrukcji generatora AFPM z turbiną wiatrową o pionowej osi obrotu. Badania prowadzone były w układzie turbina-generator-przekształtnik-sieć zasilania. Opracowany model pozwala również na podstawie przebiegu indukowanego napięcia na estymację prędkości obrotowej i kąta obrotu układu turbina–generator zarówno metodą bezpośrednią, jak i poprzez zastosowanie filtru Kalmana.

2.3. Realizacja rozprawy doktorskiej

Zasadniczą częścią naukową niniejszej rozprawy są rozdziały 2 – 8, które zostały uzupełnione Dodatkiem, w którym w p. 10.3 Doktorant przedstawił wyniki badań eksperymentalnych.

Do oryginalnych osiągnięć Doktoranta w recenzowanej rozprawie doktorskiej można zaliczyć.

1. Opracowanie modeli w formie graficznej 2D i 3D oraz przeprowadzenie analizy rozkładu strumienia i indukcji pola magnetycznego wspomagającego proces projektowania optymalnej konstrukcji generatorów o osiowym przepływie strumienia magnetycznego od magnesów trwałych,
2. Opracowanie do obliczeń analitycznych modeli 2D w środowisku Matlab-Simulink do określania rozkładu potencjału i natężenia pola magnetycznego umożliwiających wyznaczenie współczynników macierzy indukcyjności własnych i wzajemnych. Ponadto, modele te ułatwiają zrozumienie wpływu magnesów trwałych oraz uzwojeń badanego generatora AFPM na otrzymane rozkłady pola magnetycznego w środowisku Ansys-Maxwell.
3. Zaprojektowanie i wykonanie oraz przeprowadzenie badań symulacyjnych i eksperymentalnych dla autorskiego prototypu generatora o osiowym przepływie strumienia magnetycznego od magnesów trwałych.
4. Opracowanie do obliczeń analitycznych modelu zawierającego połączenie turbiny wiatrowej (z autorskim generatorem AFPM) z przekształtnikiem i siecią zasilania. Opracowany model umożliwia przeprowadzanie badań w zakresie sterowania oraz obliczania oddawanej energii elektrycznej do sieci zasilania, estymację prędkości obrotowej oraz kąta położenia wirnika.

Przedstawiony w niniejszej rozprawie szeroki program badań symulacyjnych opartych na równaniach różniczkowych i opracowanych programach (w środowisku Matlab-Simulink oraz z wykorzystaniem środowiska Ansys-Maxwell w 2D i w 3D), jak również badań eksperymentalnych, pozwolił Doktorantowi na udowodnienie postawionych tez oraz wypracowanie wniosków, które mogą być przydatne dla projektantów generatorów o osiowym przepływie strumienia magnetycznego od magnesów trwałych.

3. Uwagi krytyczne

3.1. Uwagi ogólne

Stronę formalną recenzowanej rozprawy oceniam, jako bardzo dobrą. Kolejność ułożenia rozdziałów jest prawidłowa, tzn. że każdy następny rozdział jest wynikiem wcześniejszego. Przegląd literatury wydaje się być wystarczający, chociaż w pracy do 38 pozycji cytowanej literatury Doktorant

odwołuje się prawidłowo. Później już nie koniecznie, tzn., że kolejne numery cytowania odnoszą się do różnych numerów w spisie literatury i nie zgadzają się z zachowaniem kolejności numerów cytowania. Prawdopodobnie Doktorant uzupełniając spis literatury nie zmienił poprawnie odwołania do tych pozycji w dalszej części pracy.

Kolejna uwaga dotyczy sposobu zapisu wartości liczbowych zarówno w tekście jak i w tabelach np. w odniesieniu do rezystancji, indukcyjności, strumienia itp. Doktorant podaje obliczenia z dokładnością do pięciu, sześciu czy nawet siedmiu miejsc po przecinku. A kiedy Doktorant dokonuje np. pomiarów to już wynik podaje z dokładnością do jednego czy dwóch miejsc po przecinku. W przyszłości w kolejnych pracach Doktorant musi ten sposób zapisu uporządkować.

W pracy Doktorant pisze wartości i jednostki raz łącznie, raz oddzielnie. Według przyjętych zasad pisowni, wartości liczbowe i takie jednostki jak %, ‰, ° (stopień) czy " (cal) pisze się łącznie. Pozostałe wartości i jednostki takie jak: A, V, m, mm itp. pisze się rozdzielnie.

Niniejsza praca jest bogato ilustrowana w przebiegi i wykresy, co znacznie ułatwia zrozumienie poprawności prowadzanych prac badawczych. Jednak recenzent ma tutaj następujące sugestie. Pierwsza, aby na przedstawionych rysunkach podawać (pod osią x oraz z lewej strony osi y) zarówno wielkość, jak i odpowiadającą jej jednostkę. Na wielu rysunkach podana jest tylko wielkość fizyczna przy braku jednostek lub odwrotnie, tzn. tylko podana jest jednostka przy braku wielkości. Druga sugestia to taka, że niektóre opisy na rysunkach (pod osią x oraz z lewej strony osi y) Doktorant wykonał w języku angielskim. Podobna sytuacja ma miejsce w tekście, gdzie Doktorant pisze np. axialnych (zamiast osiowych). W przyszłości należy unikać takich sytuacji, bo mogłoby to sugerować, że np. rysunek został zaczerpnięty z innej publikacji anglojęzycznej.

Poza wymienionymi usterkami na wyróżnienie zasługuje język pisania niniejszej rozprawy. Praca napisana jest poprawnym językiem technicznym, systematycznie wprowadzając czytelnika w kolejne rozdziały. Podczas czytania recenzent zauważył kilka błędów stylistycznych, czy np. związane z odnoszeniem do numerów tabel lub rysunków. Błędy te wynikają ze zmiany numeracji rozdziałów podczas pisania kolejnych rozdziałów, a zauważonych w/w błędów jest bardzo niewiele w całej pracy i występują jedynie pojedynczo np. na str. 17, 20, 26, 41, 47, 146. Ponadto, na rys. 8.15 na osi y brakuje opisu prędkości i jednostki.

Całą rozprawę czyta się dobrze, ponieważ Doktorant prezentuje zarówno widok modeli symulacyjnych 2D i 3D, jak i rzeczywisty model zbudowany do badań eksperymentalnych, który przedstawił w Dodatku. Ponadto, przedstawione przebiegi wzbogaca napisany skrypt programu do obliczeń analitycznych w Matlabie, zamieszczony w Dodatku. Daje to czytelnikowi pełny wgląd do informacji przedstawionych w rozprawie.

Doktorant w recenzowanej rozprawie wykazuje się również bardzo dobrą znajomością modelowania analitycznego z zastosowaniem równań różniczkowych, które użył do obliczeń

współczynników reprezentujących indukcyjności własne i wzajemne, oraz do obliczania rozkładów indukcyjności i strumieni czy indukcji magnetycznych będących niczym innym jak funkcjami.

Na podkreślenie zasługuje to, że Doktorant wykazuje się bardzo dobrą znajomością obsługi środowisk Matlab-Simulink oraz Ansys-Maxwell. Środowiska te użył do obliczeń analitycznych czy tzw. polowych do wyznaczania rozkładu pola magnetycznego, przebiegów indukowanych napięć, prądów, czy charakterystyk elektromechanicznych badanych generatorów AFPM. Należy tutaj podkreślić, że obliczenia dla badanych modeli w 3D są żmudne i czasochłonne oraz wymagające umiejętności tworzenia odpowiednich modeli. Zaproponowane przez Autora rozprawy algorytmy dla modelu 2D, z uwzględnieniem opracowanej korekty pozwalają na znaczne skrócenie obliczeń.

Podsumowując swoje uwagi o charakterze ogólnym uważam, że sposób prowadzonych obliczeń analitycznych i symulacyjnych, ilość i sposób przedstawionych badań w recenzowanej pracy oraz znaczny nakład czasu, jaki poświęcił Pan mgr inż. Andrzej Smoleń w przygotowanie niniejszej rozprawy jest bardzo duży. Na podstawie przeprowadzonych w niniejszej rozprawie rozważań, Doktorant sformułował poprawnie wnioski, które potwierdzają postawione tezy w rozdziale 1.

3.2. Uwagi szczegółowe (uwagi dyskusyjne, dotyczące merytorycznej strony pracy)

Uwaga 1.

W całej pracy dokonano szczegółowego zestawienia obliczanych wartości rezystancji, indukcyjności, strumieni, THD oraz wartości przyjętych do obliczeń np. przenikalności magnetycznej. Doktorant dane te podaje w całej pracy z tak dużą dokładnością od 5 do 7 miejsc po przecinku. Co skłoniło Doktoranta do takiej prezentacji wartości w niniejszej rozprawie?

Uwaga 2.

W rozdziale 6 na rys. 6.6 dokonano szczegółowego porównania 32 przebiegów prądów oczkowych. Nałożenie na siebie tak dużej ilości przebiegów powoduje, że poza dwoma, może trzema przebiegami prądów pozostałe są praktycznie nie widoczne. Co skłoniło Doktoranta do takiej prezentacji wartości przebiegów prądów oczkowych w niniejszej rozprawie?

Uwaga 3.

Uwaga 3 jest kontynuacją uwagi 2. Doktorant w sposób opisowy podaje prądy oczkowe na przykładzie blokowego modelu 2D dla 90 stopniowego wycinka badanej maszyny podanej na rys. 5.1. Korzystając z tradycyjnych elementów R i L proszę o wyjaśnienie tej metody w odniesieniu do prądów uzwojenia tłumiącego.

Uwaga 4.

W tabelach 4.2 i 4.2 Doktorant podał ujemne wartości współczynników dla indukcyjności wzajemnych, które uzyskano z proponowanej przez Autora metody obliczania. Proszę o ich interpretację w odniesieniu do dodatnich współczynników dla indukcyjności wzajemnych otrzymanych w środowisku Ansys-Maxwell.

4. Wniosek końcowy

W recenzowanej rozprawie zamieszczone uwagi w niniejszej recenzji nie mają żadnego wpływu na przedstawione merytoryczne zagadnienia oraz na moją ostateczną pozytywną ocenę. Zatem stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgra inż. Andrzeja Smolenia pt. „Modelowanie i analiza generatora AFPM w systemie małej elektrowni wiatrowej", stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego, a spójnie przedstawiony sposób rozwiązania problemów dowodzi umiejętności i samodzielności prowadzenia prac naukowych. Moim zdaniem niniejsza rozprawa w znaczący sposób przekracza wymagany zakres dla rozpraw doktorskich, zatem spełnia wszelkie wymagania stawiane przez:

- ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 poz. 595, z późn. zm.),
- rozporządzenie MENiS z dnia 15 stycznia 2004 r.,
- rozporządzenie MNiSW z dnia 3 października 2014 r.,
- rozporządzenie MNiSW z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r., poz. 261, które obowiązuje od 01 lutego 2018 roku),

i w związku z tym, przedkładam wniosek Radzie Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Rzeszowskiej o przyjęcie i dopuszczenie recenzowanej pracy do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę znaczny nakład czasu, jaki poświęcił Pan mgr inż. Andrzej Smoleń w całościowe przygotowanie niniejszej rozprawy oraz modelu do badań eksperymentalnych (a mianowicie znacznego nakładu czasu wymagającego: do zrozumienia i do prowadzenia samodzielnie obliczeń zarówno analitycznych, jak i tzw. polowych w środowisku Ansys-Maxwell, a także do zaprojektowania i zbudowania rzeczywistego modelu) wnioskuję do Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Rzeszowskiej o wyróżnienie niniejszej rozprawy.

Dr hab. inż. Krzysztof Ludwinek, prof. PŚk
Politechnika Świętokrzyska
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki
Al. Tysiąclecia PP. 7, 25 – 314 Kielce
k.ludwinek@tu.kielce.pl

Kielce, 13.10.2020 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ - WNIOSEK DODATKOWY

Pana mgr inż. **Andrzeja Smolenia** na temat:

„Modelowanie i analiza generatora AFPM w systemie małej elektrowni wiatrowej",

wykonanej na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej

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

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

(Recenzję wykonano na podstawie decyzji Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Rzeszowskiej z dnia 7 września 2020 r., nr pisma RE/530/3/2020/E).

Uzasadnienie Wniosku Dodatkowego

Biorąc pod uwagę znaczny nakład czasu, jaki poświęcił Pan mgr inż. Andrzej Smoleń w całościowe merytoryczne przygotowanie niniejszej rozprawy oraz samodzielnym rozwiązaniu wielu złożonych zagadnień naukowych, w tym:

- opracowanie modeli generatora AFPM w formie graficznej 2D i 3D do analiz symulacyjnych,
- przeprowadzenie żmudnych analiz rozkładu strumienia i indukcji pola magnetycznego wspomagającego proces projektowania optymalnej konstrukcji generatorów AFPM w 2D i 3D,
- znacznego nakładu czasu wymagającego: do zrozumienia i do prowadzenia samodzielnie obliczeń zarówno analitycznych w środowisku Matlab-Simulink, jak i tzw. polowych w środowisku Ansys-Maxwell,
- zaprojektowanie i zbudowanie rzeczywistego autorskiego generatora AFPM wbudowanego w pionową turbinę wiatrową i przeprowadzanie badań w zakresie sterowania oraz obliczania oddawanej energii elektrycznej do sieci zasilania, estymację prędkości obrotowej oraz kąta położenia wirnika.

wnioskuję do Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Rzeszowskiej o wyróżnienie niniejszej rozprawy pt. ***„Modelowanie i analiza generatora AFPM w systemie małej elektrowni wiatrowej"***.

Ponadto, przeglądając uznane bazy bibliometryczne chciałem dodać, że oprócz wspomnianych 2 prac opublikowanych w Energies, Doktorant jest współautorem również 3 prac o uznanej światowej renomie opublikowanych w Compel, w Bulletin of Polish Academy of Sciences oraz w Archives of Electrical Engineering.