

Prof. dr hab. inż. Ignacy Dudzikowski,  
Politechnika Wrocławska,  
Wydział Elektryczny,  
Instytut Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych,  
ul. Smoluchowskiego 19, 50-372 Wrocław

Wrocław 28.06.2013



## **Recenzja rozprawy doktorskiej**

**mgr inż. Stanisława Gawrona p.t. „Prądnica synchroniczna ze wzbudzeniem  
hybrydowym”**

**opracowanej pod kierunkiem prof. dr hab. Tadeusza Glinki**

Recenzja została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Elektrycznego Politechniki  
Śląskiej

### **1. Ocena wyboru tematu rozprawy**

Praca doktorska „**Prądnica synchroniczna ze wzbudzeniem hybrydowym**” dotyczy aktualnej i intensywnie rozwijanej w ostatnich latach problematyki maszyn elektrycznych wzbudzanych magnesami trwałymi, a w szczególności analizy, modelowania, projektowania i badań prądnic synchronicznych o wzbudzeniu hybrydowym.

Intensywny rozwój konstrukcji maszyn elektrycznych z magnesami trwałymi spowodowany został, w ostatnich latach, postępem technologicznym w dziedzinie materiałów magnetycznych, energoelektronice, a także rozwojem metod obliczeniowych i związanych z tymi metodami programów. Od ponad 30 lat w analizie przetworników elektromechanicznych stosuje się metody komputerowe rozwiązywania równań pola elektromagnetycznego, w tym metodę elementów skończonych.

Ze względu na dużą sprawność i generowanie energii elektrycznej w całym zakresie prędkości obrotowej prądnice wzbudzone magnesami trwałymi znalazły szerokie zastosowanie w energetyce odnawialnej, szczególnie w elektrowniach wiatrowych i wodnych małej i średniej mocy. Trudności techniczne sprawia współpraca tych prądnic z siecią energetyczną. Wynika to ze zmian napięcia i częstotliwości spowodowanych zmianą prędkości turbiny wiatrowej.

Tematyka rozprawy jest ukierunkowana na problem stabilizacji i regulacji napięcia w prądnicie synchronicznej z magnesami trwałymi, przez zastosowanie dodatkowego wzbudzenia elektromagnetycznego. Branżowy Ośrodek Badawczo Rozwojowy „Komel”),

w którym pracuje Doktorant, jest wiodącym ośrodkiem w kraju w zakresie maszyn z magnesami trwałymi. Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska znajduje się w głównym nurcie współczesnego projektowania maszyn elektrycznych za pomocą współczesnych metod i technik obliczeniowych.

Tematykę rozprawy uważam więc za aktualną i nowoczesną. Szerokie spektrum problemów, które pojawiły się w trakcie wykonywania badań, jak również nowoczesność tematyki z punktu widzenia techniki gwarantują, że badania mogą a nawet powinny być kontynuowane w przyszłości.

## **2. Cel i teza naukowa rozprawy**

Praca Pana mgr inż. Stanisława Gawrona jest wynikiem systematycznych badań nad prądnicami wzbudzanymi magnesami trwałymi.

Przedmiotem rozprawy są badania dotyczące opracowania metodyki uzyskania optymalnego rozwiązania konstrukcyjnego prądnic z podwójnym obwodem magnetycznym wzbudzenia.

Autor formułuje cel pracy, który sprowadza się do opracowania zweryfikowanych pomiarowo: modelu matematycznego, algorytmów i programów wspomagających projektowanie prądnic ze wzbudzeniem hybrydowym.

Biorąc pod uwagę fakt, że w dostępnej literaturze problematyka hybrydowego wzbudzenia prądnic synchronicznych nie jest dostatecznie rozwiązana, tak postawiony cel pracy uważam za w pełni poprawny i uzasadniony.

Autor sprecyzował jedną tezę naukową rozprawy. Zagadnienie naukowe jakie postawił sobie do rozwiązania zostało określone logicznie i precyzyjnie. Prezentowane wyniki obliczeń i pomiarów mające na celu udowodnienie postawionej tezy są przedstawione w sposób czytelny i przejrzysty.

## **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

Praca zawiera 162 strony. Składa się z ośmiu rozdziałów i spisu literatury (84 pozycje, w tym 8 prac własnych Doktoranta) oraz 6 załączników. Rozprawę zaliczam do grupy prac teoretyczno - eksperymentalnych. Stanowi ona istotny wkład w rozwój maszyn synchronicznych o wzbudzeniu hybrydowym. Autor wykazał się wysokim stopniem opanowania teorii maszyn synchronicznych ( z magnesami trwałymi oraz o wzbudzeniu elektromagnetycznym ), modelowania, projektowania oraz badań eksperymentalnych. Praca

jest napisana bardzo przejrzysto. Zawiera wprowadzenie wraz z przeglądem literatury dotyczącym aktualnego stanu zagadnienia, poprawnie sprecyzowaną tezę oraz jednoznacznie sformułowane cele pracy (rozdział 1).

W rozdziale 2 Autor przedstawił analizę dwuwymiarową trzech modelowych prądnic synchronicznych: z magnesami trwałymi, o wzbudzeniu elektromagnetycznym oraz hybrydowej. Prądnicę wzbudzaną magnesami trwałymi oraz prądnicę wzbudzaną elektromagnetycznie służy do porównania ich parametrów z parametrami opracowanej prądnicy hybrydowej.

W obszernym rozdziale trzecim Doktorant przedstawił trójwymiarową analizę obwodów magnetycznych 3 analizowanych prądnic wykonaną za pomocą programu Ansoft Maxwell 3D. Zamieścił w nim również obliczone przebiegi czasowe indukowanych napięć oraz ich analizę harmoniczną.

Rozdział czwarty poświęcony jest wyznaczaniu reaktancji synchronicznej prądnicy ze wzbudzeniem hybrydowym. W rozdziale tym Autor przedstawił również zbudowane stanowisko pomiarowe do wyznaczania reaktancji synchronicznej metodą zanikania prądu stałego.

W rozdziale piątym Doktorant przedstawił opracowany model matematyczny prądnicy ze wzbudzeniem hybrydowym, pracującej w stanie ustalonym oraz schemat blokowy procesu obliczeń projektowych prądnic o wymaganej charakterystyce zewnętrznej. Zamieścił również wyniki obliczeń charakterystyk zewnętrznych prądnicy hybrydowej, przy różnych wartościach współczynnika mocy.

Rozdział szósty zawiera wybrane wyniki wykonanych w szerokim zakresie badań laboratoryjnych trzech wykonanych modeli fizycznych prądnic synchronicznych: wzbudzonej magnesami trwałymi, o wzbudzeniu elektromagnetycznym oraz hybrydowej. Rozdział ten zawiera również analizę porównawczą wyznaczonych pomiarowo parametrów opracowanej prądnicy o wzbudzeniu hybrydowym z parametrami dwóch pozostałych będących odniesieniem.

W rozdziale siódmym porównano obliczone metodą 2D i 3D parametry prądnicy z parametrami wyznaczonymi eksperymentalnie.

Rozdział 8 zawiera posumowanie i wnioski końcowe.

Do głównych osiągnięć Autora zaliczam:

- zaproponowane rozwiązanie prądnicy synchronicznej ze wzbudzeniem hybrydowym równoległym, umożliwiające stabilizację jej napięcia przy różnych wartościach mocy obciążenia i różnych wartościach współczynnika mocy,

- opracowanie modeli matematycznych prądnic: wzbudzonej magnesami trwałymi, jawno-biegunowej wzbudzonej elektromagnetycznie oraz hybrydowej,
- opracowanie metodologii projektowania prądnicy ze wzbudzeniem hybrydowym równoległym,
- opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej, wykonanie modeli fizycznych prądnic i obszernych badań eksperymentalnych.

Oceniając pracę chcę podkreślić, że została wykonana na wysokim poziomie naukowym w pełnym cyklu badawczym: analiza teoretyczna – elektromagnetyczne obliczenia projektowe - wykonanie modeli fizycznych – badania eksperymentalne. Praca jest wartościowa z punktu widzenia wiedzy na temat analizy, modelowania i projektowania hybrydowych prądnic synchronicznych.

Tematyka będąca przedmiotem pracy ma charakter rozwojowy.

Praca potwierdza wysokie kwalifikacje Autora i wnosi oryginalny wkład naukowy. Ma dużą przydatność praktyczną szczególnie w projektowaniu i badaniach prądnic synchronicznych.

W pracy brak jest moim zdaniem poważniejszych uchybień.

W trakcie zapoznawania się z treścią pracy nasunęło mi się kilka pytań i uwag dyskusyjnych, do których prosiłbym o komentarz ze strony Doktoranta.

- 1) Dla jakiej temperatury ( magnesów i uzwojeń ) wykonano obliczenia parametrów prądnic i porównanie wyników obliczeń z wynikami pomiarów? Czy podczas pomiarów temperatura tych elementów była kontrolowana?
- 2) Jaka jest niepewność pomiarów? Jest to istotne w kontekście porównania wyników obliczeń z wynikami pomiarów.
- 3) Jaka jest interpretacja fizyczna zależności (5.13)?
- 4) Z zależności ( 5.14) wynikałoby , że w modelu matematycznym prądnicy hybrydowej pominięto nasycenie obwodu magnetycznego w tej części prądnicy, która jest wzbudzana elektromagnetycznie. W założeniach do modelu matematycznego (str.89 ) takiego uproszczenia nie ma.
- 5) Z programu badań prądnic modelowych zamieszczonego w załączniku 6 wynika , że mierzony był również moment zaczepowy. Jaka jest wartość momentu zaczepowego w prądnicy hybrydowej a jaka w prądnicy wzbudzonej magnesami trwałymi? Z rysunków 3.4 i 3.24.c wynika, że w jednej zastosowano skos magnesów, a w drugiej nie.

#### 4. Uwagi szczegółowe

Podczas czytania pracy zauważyłem drobne błędy edytorskie i redakcyjne. Niektóre z nich przytaczam:

- str.24,3g i inne: zamiast „funkcjami celu” powinno być „celami,”
- str.25,2g i inne: zamiast „monografia” powinno być „rozprawa” lub „praca”
- str. 62;rys3.17; na osi rzędnych zamiast Bpm powinno być Bem,
- str.90; w zależnościach 5.4 i 5.5 zamiast kąta delta powinien być kąt alfa,
- str102:rys.6,8; oznaczenie przebiegów czasowych napięć jest błędne; powinno być odwrotnie.

Usterki te nie mają wpływu na pozytywną ocenę pracy.

#### 5. Konkluzja recenzji

Stwierdzam, że rozprawa jest napisana bardzo komunikatywnie i starannie. Układ pracy jest precyzyjny i logiczny, a strona graficzna jest wręcz wzorowa. Wnioski końcowe uzyskane w pracy są poprawne i mają duże znaczenie praktyczne.

Przedstawione wcześniej uwagi ogólne i szczegółowe nie obniżają mojej pozytywnej oceny pracy.

Wyniki badań zawarte w rozprawie upoważniają do jednoznacznego stwierdzenia, że została udowodniona teza oraz osiągnięto założone cele pracy.

Przedstawiona rozprawa dowodzi, że Doktorant umiejętnie korzysta z najnowszej literatury w obranej dziedzinie wiedzy, podchodzi do niej krytycznie, a ponadto potrafi twórczo rozwijać osiągnięcia innych autorów.

Doktorant wykazał się dobrą znajomością teorii maszyn elektrycznych, nowoczesnej metodyki modelowania złożonych obiektów fizycznych, technik programowania i badań eksperymentalnych. Posiadaną wiedzę potrafi zastosować do celów praktycznych.

**Stwierdzam** iż przedstawiona rozprawa pt. „**Prądnicą synchroniczną ze wzbudzeniem hybrydowym**” opracowana przez Pana mgr inż. **Stanisława Gawrona** stanowi samodzielne rozwiązanie zadania badawczego i spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim przez Ustawę o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr. 65, poz. 595)

W związku z tym **stawiam wniosek o przyjęcie** przedstawionej pracy **jako rozprawy doktorskiej** i **dopuszczenie** jej Autora Pana mgr inż. Stanisława Gawrona do **publicznej obrony pracy**.



Prof. dr hab. inż. Ignacy Dudzikowski,  
Politechnika Wrocławska,  
Wydział Elektryczny,  
Instytut Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych,  
ul. Smoluchowskiego 19, 50-372 Wrocław

Wrocław 28.06.2013

**Recenzja rozprawy doktorskiej**  
**mgr inż. Stanisława Gawrona p.t. „Prądnicą synchroniczną ze wzbudzeniem**  
**hybrydowym” opracowanej pod kierunkiem**  
**prof. dr hab. Tadeusza Glinki**

**Wniosek dodatkowy**

Biorąc pod uwagę wysoki poziom merytoryczny rozprawy, zastosowane zaawansowane metody analizy, pomiarów i modelowania, nowoczesność podjętej tematyki, pełny cykl badawczy pracy, bardzo ciekawe wyniki obliczeń i badań eksperymentalnych, precyzyjnie sformułowane wnioski oraz wzorową stronę graficzną pracy, uważam recenzowaną pracę za wyróżniającą. Zgłaszam wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej pt. „Prądnicą synchroniczną ze wzbudzeniem hybrydowym” autorstwa Pana mgr inż. **Stanisława Gawrona**.

Dodatkowym argumentem jest dorobek naukowy Doktoranta w liczbie 36 publikacji, 5 zgłoszeń patentowych, uczestnictwo w realizacji 13 projektów badawczych (finansowanych przez NCN, NCBiR, POIG). Doktorant uczestniczył w ponad 20 opracowaniach technologiczno- wdrożeniowych. Jest również laureatem 2 prestiżowych wyróżnień. Praca była realizowana w ramach projektu badawczego.

  
