

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Albrechtowicza pt. „Zastosowanie przesuwników fazowych do regulacji rozptyłów mocy w systemach elektroenergetycznych”

1. Przedmiot i zakres rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Albrechtowicza została wykonana pod kierunkiem dr hab. inż. Jerzego Szczepanika, prof. PK oraz promotora pomocniczego dr inż. Bartosza Rozegnała. Dotyczy ona problematyki analizy układów sterowania przepływami mocy czynnej i biernej w sieciach elektroenergetycznych. W tym celu są wykorzystywane zarówno klasyczne przesuwniki fazowe, jak również zaawansowane technologicznie układy UPFC (*Unified Flow Controler*), czy też modyfikacje przesuwników fazowych asymetrycznych rozwijane aktualnie w Unii Europejskiej. W pracy jest analizowany asymetryczny przesuwnik fazowy o regulowanej przekładni napięciowej, który daje możliwość wprowadzenia do linii elektroenergetycznej zarówno napięcia dodawczego (poprzedniego), jak również napięcia wzdłużnego. Sam proces modelowania przesuwników fazowych podjęty w pracy, jest zagadnieniem wieloetapowym i wymaga zarówno symulacji obliczeniowych, jak i badań laboratoryjnych. Jest to zagadnienie szerokie o randze naukowej odpowiadającej wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim.

Praca łącznie liczy 143 strony, wraz z bibliografią i załącznikiem. Wykaz literatury zawiera 80 pozycji, w tym jedną własną Autora (poz.49) oraz dwie współautorskie (poz.58 i 69).

Najogólniej, rozwiązywane przez Doktoranta zagadnienie sprowadza się do:

- Zaprojektowania i zbudowania asymetrycznego przesuwnika fazowego o regulowanym napięciu wzdłużnym i poprzecznym do badań laboratoryjnych,
- Wykonania badań laboratoryjnych oraz symulacyjnych zaproponowanego przesuwnika fazowego współpracującego z linią w ustalonych stanach pracy,
- Wykonania obliczeń symulacyjnych w celu wyznaczenia rozptyłów mocy dla trzech wybranych linii testowych o napięciu 400kV.

Autor zajmował się już w swojej pracy naukowej modelowaniem rozptywu mocy w sieciach elektroenergetycznych z wykorzystaniem dostępnych narzędzi numerycznych i symulacyjnych o czym świadczą jego publikacje. Dlatego uważam, że wybór tematu rozprawy jest dobrze uwarunkowany.

2. Ocena ogólna i merytoryczna pracy

Autor na podstawie literatury, przedstawił obszerne i wyczerpujące omówienie dotychczasowych metod modelowania przepływów mocy w liniach systemu elektroenergetycznego przy różnych uwarunkowaniach zewnętrznych. Dokonał przeglądu zastosowań przesuwników fazowych w różnych systemach i dokonał krytycznego wyboru obiektu swoich badań. Odnośnie tezy postawionej w pracy to uważam, że powinna ona brzmieć następująco:

Asymetryczny przesuwnik fazowy o regulowanym napięciu wzdłużnym i poprzecznym jest skutecznym urządzeniem kontrolującym rozptyw mocy w liniach elektroenergetycznych, a jego specjalna konstrukcja umożliwia szeroki zakres zastosowań regulacyjnych w systemie, w ustalonych stanach pracy.

Opiniowana rozprawa doktorska zawiera trzy zasadnicze części stanowiące o jej wartości:

- Rozdziały 4 i 6 – w których Autor opisał konstrukcję oraz parametry opracowanego testowego przesuwnika fazowego wykorzystanego dalej w badaniach laboratoryjnych oraz jego zmodyfikowane charakterystyki.
- Rozdział 5 – w którym zostały przedstawione wyniki pomiarów z wykorzystaniem zaprojektowanego przesuwnika dla wybranych wariantów współpracy z siecią laboratoryjnego systemu elektroenergetycznego oraz model symulacyjny umożliwiający analizę rozptywu mocy w tej sieci (czyli wpływ zarówno kąta fazowego, jak i wartości napięć dodawczych na moc czynną i bierną).
- Rozdział 7 – w którym przedstawione zostały obliczenia symulacyjne i numeryczne rozptywów mocy w liniach testowych potwierdzające poprawność modelu matematycznego oraz opracowanego przesuwnika fazowego (są to linie: linia pojedyncza 22-sekcyjna, linie równoległe o długościach 10 sekcji każda oraz linie równoległe o długościach 4 sekcje z PF i 10 sekcji).

Odczuwam pewien niedosyt co do przedstawionego w pracy, opisu matematycznego, a także bibliograficznego opracowanego przez Doktoranta w Simulinku, modelu symulacyjnego (rys. 5.2 i str. 70-72) oraz innych wykorzystywanych programów i narzędzi obliczeniowych. Przedstawione informacje i opisy są zbyt lakoniczne. Proszę Autora by zwrócił na to uwagę w referacie podczas obrony.

Zwracam też uwagę, że stwierdzenie o udowodnieniu tezy – zdanie ze str.128 góra w.7, cytata „Przedstawiona w pracy teza.... została udowodniona” jest usytuowane w tekście niefortunnie, przed argumentami dowodowymi. Zdanie to powinno być umieszczone po pierwszym akapicie na str.129.

Pewne uchybienia językowe i edytorskie, które dostrzegłem w pracy, jak: gramatyka, styl, układ, inne..., przekazałem Doktorantowi bezpośrednio. Nie podnoszę ich w opinii, gdyż nie wpływają one na moją pozytywną ocenę rozprawy.

Przechodząc do pozytywów rozprawy. Na podkreślenie zasługuje duża liczba badań laboratoryjnych (rozdział 5) wykonanych przez Doktoranta. Obejmowały one pracę przesuwnika fazowego i wymianę mocy w pojedynczej linii łączącej dwa systemy elektroenergetyczne, pracę przesuwnika w równoległych liniach wymiany mocy o tej samej długości oraz pracę przesuwnika fazowego w liniach o różnej liczbie sekcji. Przytoczone badania zostały bardzo dobrze opracowane pod względem graficznym.

Za oryginalne elementy rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Albrechtowicza uznaję:

- Opracowanie koncepcji proponowanego przesuwnika fazowego (PF) wraz z układem sterowania umożliwiającym dobór napięć dodawczych. Wykonanie rzeczywistego układu sterowania i jego implementacja do laboratoryjnego systemu elektroenergetycznego umożliwiła weryfikację poprawności działania modelu obliczeniowego.
- Zarówno układ laboratoryjny, jak i model symulacyjny umożliwiają badanie wpływu zarówno kąta, jak i wartości napięcia sieci na rozptyw mocy w systemie elektroenergetycznym z uwzględnieniem mocy biernej i czynnej. Można, na przykład dla obniżonego napięcia wzdłużnego, tak sterować napięciem dodawczym, aby otrzymać równoważny przepływ mocy czynnej przez linię systemu, jak w przypadku, gdy napięcie wzdłużne transformatora wejściowego jest wyższe. Świadczy to o nowych możliwościach regulacyjnych zaproponowanego układu.
- Opracowanie danych wejściowych (obliczonych i zmierzonych parametrów PF z układu laboratoryjnego) w celu porównania asymetrycznego przesuwnika fazowego o parametrach zbliżonych do parametrów proponowanego rozwiązania z proponowanym rozwiązaniem umożliwiającym regulację wzdłużno-poprzeczną.

3. Uwagi i pytania dyskusyjne

Oprócz uwag ogólnych wyżej wymienionych, chcę wskazać na pewne problemy dyskusyjne, do których Doktorant powinien się ustosunkować podczas obrony. Są one następujące:

1. Proszę o interpretację rozkładów mocy czynnej przedstawionych na rysunku 7.2.3 dla linii L35. Z czego wynika zmiana znaku mocy czynnej dla przesunięć fazowych napięć dodawczych przesuwnika wynoszących 5° i 15° ?
2. Jak należy ekstrapolować parametry przesuwnika fazowego zweryfikowane dla sieci laboratoryjnej na jego parametry przy współpracy z rzeczywistą testową siecią o napięciu np. 110 kV czy 220kV ?
3. W swoich obliczeniach Autor pomija wpływ parametrów gałęzi poprzecznych transformatorów zainstalowanych w systemie elektroenergetycznym na rozptywy mocy w liniach. Jak duży pod względem ilościowym może być ten wpływ w rzeczywistości?

4. Jakie są możliwości wykorzystania opracowanego rozwiązania przesuwnika fazowego do regulacji rozptyłów mocy w SEE w stanach dynamicznych?
5. Proszę Doktoranta o wskazanie kierunków dalszych badań oraz o informację dotyczącą zaawansowania sygnalizowanego w pracy zgłoszenia patentowego, dotyczącego przesuwnika fazowego będącego przedmiotem rozprawy.

4. Konkluzja recenzji

Autor w swojej pracy zaprojektował i wykonał przesuwnik fazowy o regulowanym napięciu wzdłużnym i poprzecznym z przeznaczeniem do sterowania i kontroli rozptyłów mocy w liniach systemu elektroenergetycznego. Poprawna praca zaprojektowanego przesuwnika została potwierdzona w warunkach laboratoryjnych oraz w liniach testowych. W szczególności potwierdzono możliwość takiego sterowania pracą układu przetwornika, przy którym jest możliwe osiągnięcie wymaganego przesunięcia kąтового kontrolowanych napięć z jednoczesnym utrzymaniem stałej wartości napięcia wyjściowego względem napięcia wejściowego – co jest dużą zaletą. Stanowi to o elastyczności zaprojektowanego asymetrycznego przesuwnika fazowego z regulowanym napięciem wzdłużnym. Możliwości pracy regulacyjnej wykonanego przesuwnika fazowego w zakresie mocy, zostały potwierdzone w pomiarach laboratoryjnych oraz w obliczeniach symulacyjnych z wykorzystaniem modelu opracowanego w Simulinku. Na tej podstawie można stwierdzić, że cele postawione w rozprawie doktorskiej mgr inż. Pawła Albrechtowicza zostały zrealizowane. Podobnie, na podstawie dużej skuteczności regulacji rozptyłów mocy badanych asymetrycznych przesuwników fazowych działających zarówno w liniach laboratoryjnych jak i liniach testowych sieci elektroenergetycznych (5-węzłowych przykładowo), można stwierdzić, że teza postawiona w pracy została przez Doktoranta udowodniona.

Uważam, że mimo pewnych moich zastrzeżeń co do sposobu sformułowania tezy i podsumowania jej dowodu, wyniki rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Albrechtowicza świadczą o tym, że potrafi on umiejętnie korzystać z najnowszej literatury w obranej dziedzinie wiedzy, podchodzi do niej krytycznie, a ponadto potrafi twórczo rozwijać osiągnięcia innych autorów. Doktorant wykazał się dobrą znajomością metodyki modelowania złożonych obiektów fizycznych i potrafi korzystać z nowoczesnych platform badawczych. Praca nie wymaga żadnych uzupełnień i poprawek.

Na podstawie przytoczonych faktów stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska pt. „Zastosowanie przesuwników fazowych do regulacji rozptyłów mocy w systemach elektroenergetycznych”, spełnia wszystkie wymagania obowiązującej Ustawy „O tytule naukowym i stopniach naukowych...” i wnioskuję o dopuszczenie jej Autora mgr inż. Pawła Albrechtowicza do publicznej obrony pracy.

