

27 maja 2019r.

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Zbigniewa Sołjana
zatytułowanej:**

**Rozwinięcie Metody Składowych Symetrycznych
i Składowych Fizycznych Prądu dla
Niesinusoidalnych Asymetrycznych Czteroprzewodowych
Układów Energetycznych**

Poniższa recenzja została przygotowana w związku z powołaniem mnie na recenzenta w przewodzie doktorskim mgr inż. Zbigniewa Sołjana (Uchwała nr 30/2019 Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej z dnia 24 kwietnia 2019 roku w sprawie: wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej mgr. inż. Zbigniewa Sołjana).

Przedmiotem przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej jest rozszerzenie teorii mocy opartej na koncepcji Składowych Fizycznych Prądu, na układy trójfazowe zasilane czteroprzewodowo z niesinusoidalnym i asymetrycznym napięciem zasilania oraz kompensacja reaktancyjna w takich układach. Muszę tu jednak stwierdzić, że treść rozprawy i otrzymane wyniki znacznie wykraczają poza to, czego można by było oczekiwać z jej tytułu. Rozprawa rozwija teorię mocy, a ponadto, tworzy podstawy teoretyczne do kompensacji reaktancyjnej w takich układach, natomiast metoda składowych symetrycznych jest tylko matematycznym narzędziem w przedstawionej rozprawie, i oczywiście, nie ma "rozwinięcia" tej metody, a jedynie jej zastosowanie.

Najważniejszymi częściami rozprawy są rozdziały 4 i 5, w których autor rozszerzył teorię mocy Składowych Fizycznych Prądu na obwody trójfazowe z przewodem zerowym i asymetrycznym, sinusoidalnym i niesinusoidalnym napięciem zasilania oraz przedstawił podstawy kompensacji reaktancyjnej w takich obwodach. W rozdziałach 6 i 7 autor pokazał ilustracje numeryczne rozkładu prądu odbiornika trójfazowego zasilanego czteroprzewodowo na Składowe Fizyczne oraz przykłady syntezy równoważących kompensatorów reaktancyjnych. Podrozdziały rozdziałów 4 i 5 zatytułowane są jako "weryfikacja", lecz zawartość tych podrozdziałów jest raczej ilustracją, niż weryfikacją, w tym sensie, że nie są to dowody poprawności tych rozkładów czy kompensacji. Wnioski w naukach empirycznych nie mogą być udowadniane, lecz tylko podważane. W rozdziale 8-mym autor przedstawił wyniki laboratoryjne, potwierdzające poprawność działania kompensatorów zbudowanych na podstawie metod opracowanych w rozdziałach 4 i 5. Całość rozprawy poprzedzona jest zarysem historii rozwoju teorii mocy układów z niesinusoi-

dalnymi przebiegami prądu i napięcia. Strukturę rozprawy oceniam jako poprawną, odpowiadającą jej celowi i zakresowi badawczemu.

Przedmiot rozprawy ma uzasadnienie zarówno w sensie poznawczym jak i praktycznym. Elektrotechnika teoretyczna powinna być w stanie opisywać i wyjaśniać zjawiska fizyczne towarzyszące przesyłowi energii w niezrównoważonych układach trójfazowych z niesinusoidalnym i asymetrycznym napięciem zasilania. Powinna też tworzyć podstawy teoretyczne dla syntezy kompensatorów reaktancyjnych, gdyż są sytuacje w systemach energetycznych, w których, ze względu na moc odbiorników, tylko kompensacja reaktancyjna jest możliwa. Dlatego oceniam rozprawę jako pracę wnoszącą ważny wkład zarówno do fundamentów elektrotechniki jak i jej zastosowań praktycznych.

Teoria mocy oparta na Składowych Fizycznych Prądu została w rozprawie rozszerzona na układy czteroprzewodowe z niesinusoidalnym i asymetrycznym napięciem zasilania przy założeniu, że odbiornik jest aproksymowany odbiornikiem liniowym i stacjonarnym, to jest odbiornikiem, który nie jest źródłem harmonicznych. Jest to podejście metodologicznie poprawne, gdyż teoria mocy obwodów czteroprzewodowych nie jest jeszcze gotowa do opisu takich obwodów z odbiornikami nieliniowymi. Podjęcie prób opisu energetycznego takich odbiorników w ramach teorii SFP, zanim nie została opracowana i sprawdzona teoria mocy układów z odbiornikami liniowymi, byłaby metodologicznym błędem. Autor rozprawy tego błędu uniknął. Rozpoczął on rozszerzenie teorii mocy SFP na układy czteroprzewodowe z napięciem asymetrycznym, lecz sinusoidalnym, aby następnie uogólnić wyniki na podobne układy z napięciem niesinusoidalnym, obficie i słusznie korzystając z wcześniejszych wyników prac nad rozwojem teorii mocy SFP w prostszych obwodach. Dzięki temu, uzyskane w rozprawie wyniki w naturalny sposób uogólniają wyniki wcześniejsze.

Główne wyniki rozprawy znajdują się w rozdziałach 4 i 5. Niestety, oba te rozdziały rozpoczynają się błędnymi wzorami 4.2 i 4.3, które nie odpowiadają rys. 4.1. To samo dotyczy wzorów 5.2 i 5.3 i rys. 5.1. Ponadto wydaje się, że admitancje we wzorach 4.3 oraz 5.3 nie są pomiarowo dostępne. Na szczęście, w pozostałej części rozprawy przewód zerowy (N), a nie ziemia, jest punktem odniesienia dla napięcia, i te dwa błędy nie mają wpływu na otrzymane w rozprawie wyniki. Mam też zastrzeżenia, co do wprowadzonego w rozdziale pojęcia „admitancji odkształcenia”. Nazwa ta sugeruje jakieś odkształcenia przebiegów, których oczywiście w układzie liniowym, stacjonarnym, z sinusoidalnymi przebiegami prądu i napięcia, nie ma, niezależnie od niezrównoważenia odbiornika i asymetrii napięcia zasilania.

Rozkład prądu odbiornika na Składowe Fizyczne przeprowadzony w rozdziałach 4 i 5 uogólnia poprawnie teorię mocy SFP na układy czteroprzewodowe z niesinusoidalnym i asymetrycznym napięciem zasilania. Uogólnienie to jest konkretnym wkładem do elektrotechniki teoretycznej i teorii mocy. Nie wszystkie jednak wnioski odnośnie kompensacji reaktancyjnej są poprawne. Kompensacja trzech składowych symetrycznych prądu niezrównoważenia wymaga spełnienia przez elementy kompensatora trzech równań o współczynnikach zespolonych, a więc sześciu równań. Kompensacja prądu biernego wymaga spełnienia jeszcze jednego równania o współczynnikach rzeczywistych. Tak więc, sześć admitancji gałęziowych kompensatora może spełniać siedem niezależnych równań. Jest to więc sprzeczny system równań. Oznacza to, że

jedna z czterech szkodliwych Składowych Fizycznych Prądu odbiornika w układzie z sinusoidalnym napięciem zasilania nie jest reaktancyjnie kompensowalna. To samo dotyczy układów z niesinusoidalnym napięciem. Pojawia się wtedy jeszcze, reaktancyjnie nie kompensowalny prąd rozrzutu.

Podsumowując moją ocenę rozprawy doktorskiej Pana Zbigniewa Sołjana, stwierdzam, że przedstawione w tej recenzji uwagi krytyczne nie umniejszają pozytywnej oceny tej rozprawy. Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Zbigniewa Sołjana spełnia wymogi ustawowe, określone w art. 13, pkt. 1. ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.Ust. z 2016r poz 882 i 1311 z późniejszymi zmianami). Wniosuję zatem o dopuszczenie Pana mgr. inż. Zbigniewa Sołjana do publicznej obrony pracy doktorskiej.

Pomimo pewnych, opisanych powyżej niedociągnięć uważam, że przedstawione przez autora rozprawy rozszerzenie teorii mocy Składowych Fizycznych Prądu na układy czteroprzewodowe z asymetrycznym i niesinusoidalnym napięciem zasilania, wnosi znaczący wkład do teorii mocy oraz metod reaktancyjnej kompensacji w takich układach. Dlatego wnioskuję o uznanie rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Zbigniewa Sołjana jako wyróżniającej.



Prof. dr hab. inż. Leszek S. Czarnecki,
IEEE Life Fellow

Distinguished Professor at the School of Electrical Engineering and Computer Science
Louisiana State University,
Baton Rouge, USA