

Gdańsk, 16 września 2020

prof. dr hab. inż. Ryszard Strzelecki
Wydział EiA Politechniki Gdańskiej
ul. Gabriela Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Marty Żurek-Mortki

pt.: „Integracja stacji szybkiego ładowania pojazdów samochodowych z systemem elektroenergetycznym” (tytuł org. „Integration of fast charging station for motor vehicles with the power system”

wykonana na podstawie pisma J.M. Rektora Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego nr PK-042/32/34-2/st.dr-r/2020 z dnia 06 lipca 2020 r.

Aktualność, cel i sposób realizacji badań

Zwiększający się udział pojazdów elektrycznych niesie ze sobą obawy o spełnienie potrzeb w zakresie ładowania ich baterii na każdym etapie. Jednocześnie, wraz ze wzrostem liczby stacji ładowania wzrasta problem jakości energii w sieci elektroenergetycznej, a przez to narasta problem integracji stacji ładowania pojazdów elektrycznych z istniejącym systemem elektroenergetycznym. W kontekście powyższego w rozprawie doktorskiej mgr inż. Marty Żurek-Mortki został podjęty bardzo aktualny i ważny temat integracji stacji szybkiego ładowania baterii elektrycznych pojazdów i maszyn roboczych z systemem elektroenergetycznym poprzez wykorzystanie mikrosieci DC i odnawialnych źródeł energii. Ta tematyka udanie i ściśle wpisuje się w trend rozwojowy EV i związanego z tymi pojazdami odpowiedniego obszaru energoelektroniki

Recenzowana rozprawa doktorska ma charakter zarówno aplikacyjny jak i naukowy. Jej autorka, mgr inż. Marta Żurek-Mortka przyjęła za cel opracowanie hybrydowego systemu zasilania stacji szybkiego ładowania elektrycznych pojazdów samochodowych zintegrowanego z systemem elektroenergetycznym, uwzględniając jednocześnie, że system hybrydowy nie spowoduje zwiększania obciążenia systemu energią ładowania pojazdów oraz będzie mógł być zasilany z OZE. Doktorantka swoje badania prowadziła przede wszystkim w kontekście wykorzystania infrastruktury elektroenergetycznej zakładów przemysłowych stosujących przekształtniki napędowe dużych mocy. Takie podejście umożliwia więc wykorzystanie istniejących systemów zasilania przekształtników i zabezpieczeń elektroenergetycznych na potrzeby stacji ładowania baterii akumulatorów wewnątrzzakładowego transportu elektrycznego oraz innych elektrycznych ruchomych maszyn roboczych.

SEKRETARIAT WTE i I

Wpłynęło dnia 23.09.2020

L.dz. 258

Biorąc pod uwagę znaczenie przedstawionego wyżej problemu, temat rozprawy doktorskiej mgr inż. Marty Żurek-Mortki uważam za bardzo aktualny. Zarówno sam temat jak i cel rozprawy zostały sformułowane jasno i precyzyjnie. Przeprowadzone przez Autorkę badania cechuje niekonwencjonalne podejście do sposobu integracji stacji ładowania baterii pojazdów elektrycznych z systemem elektroenergetycznym, na poziomie doboru odpowiednich przekształtników. Z zastosowaniem relatywnie tanich przemysłowych napędowych przemienników częstotliwości jako elementów infrastruktury do ładowania baterii EV nie spotkałem się dotychczas w literaturze krajowej i zagranicznej.

Struktura rozprawy

Rozprawa doktorska napisana w języku angielskim zawiera ogólnie 147 stron, na co składają się: strona tytułowa, deklaracja autorska, streszczenie, spis treści, wykaz rysunków i tabel, spis tablic, spis używanych skrótów, 5 głównych rozdziałów (w tym wprowadzenie), rozdział nr 6 stanowiący podsumowanie oraz rozdział nr 7 dotyczący kierunków przyszłych prac w tematyce rozprawy, 2 załączniki zawierające spis publikacji własnych oraz opracowane modele symulacyjne, a także spis literatury zawierający 175 pozycji, spośród których przeszło 80% stanowią pozycje zagraniczne i nie starszych niż 10 lat.

Rozdział I „Wstęp” zawiera wyjaśnienie podstawowych definicji przyjętych w niniejszej rozprawie, analizę stanu wiedzy wraz z celem i tezą naukową.

W rozdziale II przedstawiono topologie stacji ładowania baterii EV wraz z właściwościami odpowiednich przekształtników energoelektronicznych stosowanych w stacjach ładowania. Przedstawiono także problematykę mikrosieci AC i DC wraz z oceną i rekomendacjami dotyczącymi wyboru mikrosieci DC. Uzasadniono przy tym celowość zastosowania napędowych przemienników częstotliwości i napięcia do ładowania baterii pojazdów elektrycznych.

W rozdziale III szczegółowo opisano strukturę hybrydowej stacji szybkiego ładowania pojazdów elektrycznych, zaproponowanej przez Doktorantkę. W poszczególnych podrozdziałach przedstawiono przy tym opis matematyczny głównych komponentów systemu hybrydowej stacji ładowania. W tym opisie przyjęto założenie, że elementy elektryczne są liniowe, skupione i stacjonarne (SLS), a zawory półprzewodnikowe mają odcinkami linearyzowane charakterystyki prądowo-napięciowe.

Rozdział IV opisuje sposób integracji proponowanej koncepcji hybrydowej stacji szybkiego ładowania z systemem elektroenergetycznym. Istotą tej koncepcji jest zastosowanie typowych/seryjnych napędowych przemienników częstotliwości i napięcia do budowy przekształtnika DC/DC zasilanego z mikrosieci napięcia DC. Do sieci DC dołączone są przy tym różne OZE (w rozprawie analizowano wykorzystanie elektrowni PV) i magazyny energii. Opisano również etapy i realizację takiej integracji w przykładowym zakładzie przemysłowym.

Rozdział V zawiera wyniki badań symulacyjnych i eksperymentalnych modeli wybranych przekształtników AC/DC i DC/DC, które zostały wykorzystane do budowy laboratoryjnej mikrosieci napięcia DC 600V.

Układ rozprawy jest logiczny, a proporcje treści dobrane właściwie. Również edycja została przeprowadzona starannie i estetycznie. Do rozprawy został także dołączony CD z

jej pełnym tekstem. Stosowana terminologia naukowa i techniczna w mojej ocenie nie budzi zastrzeżeń.

Oryginalne osiągnięcia i dorobek Autorki rozprawy

Do najważniejszych osiągnięć własnych mgr inż. Marty Żurek-Mortki, na podstawie recenzowanej rozprawy doktorskiej, zaliczam:

- Zdefiniowanie hybrydowej mikrosieci DC dla szybkich stacji ładowania baterii pojazdów elektrycznych;
- Zaproponowanie metodyki integracji hybrydowej mikrosieci DC dla potrzeb stacji ładowania baterii pojazdów EV w przedsiębiorstwie.
- Opracowanie modeli matematycznych komponentów mikrosieci z zastosowaniem do komputerowych badań symulacyjnych
- Zaproponowanie nowego rodzaju przekształtnika DC/AC/DC na bazie typowego przemysłowego przemiennika z dodatkowym prostym prostownikiem diodowym do ładowania baterii pojazdów EV z wykorzystaniem napędowego przemiennika częstotliwości

Należy przy tym zauważyć, że przedstawiona koncepcja hybrydowego systemu zasilania w przedsiębiorstwie stanowi wyjście naprzeciw praktycznym problemom decyzyjnym, które sprowadzają się do poszukiwania ekonomicznych rozwiązań szybkiego zastępowania pojazdów silnikowych (np. transportu w kopalniach miedzi), pojazdami elektrycznymi z możliwie małymi zmianami w infrastrukturze zasilającej. Z kolei prosta modyfikacja typowego przemysłowego przemiennika częstotliwości poprzez zastosowanie 6-pulsowego diodowego po stronie falownikowej w celu uzyskania źródła napięcia stałego do ładowania baterii pojazdu elektrycznego jest oryginalnym novum zaproponowanym przez Autorkę rozprawy. Ten kierunek realizacji stacji szybkiego ładowania EV w przedsiębiorstwach przemysłowych wydaje się być wysoce praktycznym rozwiązaniem, ze względu na istniejącą przemysłową sieć elektroenergetyczną z której, poprzez przemienniki częstotliwości zasilane są napędy elektryczne dużej mocy. Dodatkowy prostownik umożliwiający ładowanie baterii sprawia, że energia elektryczna powstająca w czasie pracy generatorowej silników nie jest wytracana na rezystorze hamowania przekształtnika napędowego, a przekazywana do akumulatora.

Zagadnienia zawarte w rozprawie doktorskiej zostały przedstawione w postaci 17 tematycznie powiązanych publikacjach krajowych i zagranicznych, w tym w 2 czasopismach indeksowanych w bazach WoS, Scopus i IEEE, a także w licznych czasopismach branżowych oraz materiałach konferencji międzynarodowych

Uwagi

Po zapoznaniu się z recenzowaną rozprawą doktorską mgr inż. Marty Żurek-Mortki nasuwają się następujące uwagi:

- 1) W rozprawie nie zostały jasno zdefiniowane i wyszczególnione osiągnięcia Autorki
- 2) Na str. 23, wiersz drugi od dołu, Autorka wskazuje na rys.1.5 jako przykład topologii wielopoziomowej, natomiast ten rysunek przedstawia strukturę stacji ładowania EV z odnawialnymi źródłami oraz zasobnikami energii

- 3) Rysunki 2.32 oraz 2.34b a także 2.35 oraz 2.36 są prawie identyczne, a zastosowanie transformatora sieciowego, zdaniem recenzenta, nie wyróżnia układów
- 4) Na rys.3.2 przedstawiono schemat dwukierunkowej szybkiej ładowarki. Zasadność takiej ładowarki wydaje się jednak wątpliwa. Wskazane byłoby odpowiednie studium przypadku.
- 5) Brakuje szerszych badań szybkiej ładowarki na bazie przemiennika i dołączanego prostownika diodowego w szczególności od strony wyjścia DC:
 - oscylogramy przedstawione na rys.5.28 są niewystarczające i nie pokazują możliwości regulacji napięcia wyjściowego poprzez zmiany współczynnika głębokości modulacji, a tylko zmiany napięcia związane ze zmianami obciążenia i stabilizacją prądu
 - wyjaśnień, lub powiększenia rysunki wymagają impulsy prądu wyjściowego jak na rys.5.28, powstające przy względnie stałym napięciu DC
 - z przedstawionego materiału nie wynika w jaki sposób będzie zmieniał się prąd/napięcie DC w przypadku zwiększenia częstotliwości podstawowej harmonicznej napięcia wyjściowego falownika
 - wyjaśnień co do możliwości realizacji i właściwości ładowarki wymaga sytuacja, gdy zamiast napięcia sinusoidalnego na wyjściu falownika będą kształtowane impulsy prostokątne
- 6) Niedostatecznie powiązano rozpatrywane obszernie aspekty harmonicznym i zaburzeń wspólnych napięcia wyjściowego falownika (podrozdziały 5.2-5.4) z główną problematyką rozprawy, tj. szybkim ładowaniem z wykorzystaniem infrastruktury zasilającej
- 7) Niektóre przytoczone wzory, a w szczególności zastosowane w tych wzorach symbole nie zostały opisane wystarczająco jasno. Część tych wzorów wraz z odpowiednim opisem, można też byłoby pominąć bez szkody dla zrozumienia rozprawy. W szczególności uzasadnienia wymagałaby celowość opisu analitycznego składowych różnicowych i wspólnych napięcia wyjściowego części falownikowej. Wskazana jest też weryfikacja wzorów wyprowadzanych na bazie podwójnego szeregu Fouriera. W szczególności dotyczy to trzeciego składnika wzoru (3.18), w którym występuje indeks „n” natomiast brak jest odpowiedniej sumy.
- 8) Integracja stacji ładowania z PV i zasobnikiem energii (rozdz. 4.2) została omówiona w sposób zbyt ogólnikowy. Przede wszystkim brakuje chociażby potwierdzenia symulacyjnego uzyskanych wyników
- 9) Wskazane byłoby też uzasadnienie użycia rozkładu Beta (4.3) w tym przedstawienie postaci funkcji specjalnej Γ
- 10) Jedną ze wskazanych w rozdziale 7 przyszłościowych działań badawczych Autorka rozprawy upatruje w studiach nad możliwością współpracy filtrów aktywnych i równoległych filtrów rezonansowych. Problem ten wiąże się z zagadnieniami poprawy jakości energii elektrycznej w sieciach AC, a głównie filtracji harmonicznym, i był bardzo intensywnie rozwijany na przełomie XX i XXI w. Dlatego też to stwierdzenie Autorki powinno być bardziej precyzyjne.
- 11) Niektóre pozycje bibliografii są podane w sposób utrudniający ich identyfikację, np.:

- nie istnieje poz. [81] wydana przez Politechnikę Wrocławską. Znana jest natomiast podobna pozycja literaturowa wydana jako skrypt Politechniki Warszawskiej - M. P. Kazmierkowski, J. Matysik, *Wprowadzenie do elektroniki i energoelektroniki (Introduction into Signal and Power Electronics)*, Warsaw University of Technology, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2004, 480 pages.
- poz. [122] jest rozdziałem w książce „Green Energy and Networking” stanowiącej zbiór referatów konferencyjnych,
- nie zauważyłem odwołania do poz. [5]

W rozprawie występują również inne drobne błędy edytorskie, które tak jak i większość powyższych uwag w żaden sposób nie umniejszają jej wartości.

Co dotyczy oceny strony językowej (gramatycznej/ortograficznej) i stylu, nie czuję się w tym zakresie kompetentny.

Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska porządkuje i poszerza aktualny stan wiedzy oraz wskazuje kierunki dalszych działań związanych z integracją stacji szybkiego ładowania z systemem elektroenergetycznym. Recenzowana rozprawa doktorska pt.: „Integracja stacji szybkiego ładowania pojazdów samochodowych z systemem elektroenergetycznym” stanowi więc oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, a zaprezentowane wyniki badań i analiz świadczą o szerokiej wiedzy teoretycznej i praktycznej jej Autorki

Uwzględniając duże znaczenie podjętych badań, ich nowatorski charakter, kompleksowość, wartości poznawcze i aplikacyjne pracy oraz dobrą znajomość przez doktorantkę podjętej problematyki badawczej, umiejętności pozyskiwania oraz wykorzystania zdobytych informacji i prawidłowego wyciągania wniosków, stwierdzam, że rozprawa doktorska pt.: „Integracja stacji szybkiego ładowania pojazdów samochodowych z systemem elektroenergetycznym” mgr inż. Marty Żurek-Mortki w pełni spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określonym w ustawie z dnia 18 marca 2011r. o zmianie ustawy – prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. 2011 nr 84, poz. 455).

Wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony w dyscyplinie naukowej automatyka, elektronika i elektrotechnika.



