

Recenzja pracy doktorskiej
Rezonansowy układ przekształtnikowy z aktywną stabilizacją punktu pracy w systemach
bezstykowego przekazywania energii
przygotowanej przez mgr. inż. Marcina Marcinka

1. Ocena wyboru tematu, cel i zakres pracy

Przedłożona przez mgr. inż. Marcina Marcinka rozprawa dotyczy układów do bezstykowego przesyłania energii elektrycznej, często nazywanych też układami bezprzewodowymi. Badania nad tego typu układami są związane głównie z poszukiwaniem nowych rozwiązań dostarczania energii elektrycznej do urządzeń mobilnych.

Tematyka badawcza dotycząca bezprzewodowej (bezstykowej) transmisji jest obecnie podejmowana przez wiele ośrodków naukowych. W Polsce tą tematyką zajmuje się kilka zespołów badawczych, np. zespoły w Katowicach, w Warszawie, w Krakowie. Z mojego rozeznania wynika, że z zakresu układów bezprzewodowych przygotowano już 3 rozprawy doktorskie. Najwcześniej, bo już w 2003 roku rozprawę doktorską „Układ bezstykowego przekazu energii elektrycznej” pod promotorstwem prof. Stanisława Piróga przygotował Robert Stala, obecnie już dr habilitowany. W listopadzie 2008 r. dr inż. Artur Moradewicz z Warszawy obronił rozprawę doktorską pt. „Energoelektroniczny system zasilania bezstykowego z transformatorem obrotowym – modelowanie, analiza i projektowanie”. Promotorem był prof. Marian P. Kaźmierkowski. Ostatnią, znaną mi rozprawę doktorską na temat układów bezprzewodowego przekazu energii przygotował w 2012 r. dr inż. Tomasz Cieśla z Politechniki Śląskiej. Rozprawa ma tytuł „Układ do bezprzewodowej transmisji energii elektrycznej”, a została zrealizowana pod promotorstwem dr. hab. inż. Zbigniewa Kaczmarczyka. Omówione rozprawy obejmowały tylko fragmenty tematyki dotyczącej układów do bezprzewodowej transmisji energii. Prace nad tego typu układami są nadal prowadzone i skutkują wdrażaniem coraz lepszych rozwiązań technicznych oraz wprowadzaniem ich do powszechnego użytku. Poszukiwane są układy o jak największej sprawności i jak najlepszych parametrach użytkowych. W badania związane z tymi poszukiwaniami wpisuje się rozprawa mgr. inż. M. Marcinka. Jej tematyka jest aktualna, a podjęte w rozprawie badania mają znaczenie zarówno poznawcze jak i praktyczne.

W odróżnieniu od innych znanych mi badań nad układami do bezstykowego przekazywania energii, badania mgr. inż. M. Marcinka koncentrują się na poszukiwaniu układu o stabilizowanym punkcie pracy z przekształtnikiem komutującym w trybie bezprądowym i obejmują połowę analizę sprzężeń magnetycznych między uzwojeniem nadajnika a uzwojeniem odbiornika przesyłanej bezstykowo energii elektrycznej.

Mgr inż. Marcin Marcinek postawił tezę, że: „Celowe jest opracowanie topologii przekształtnika zasilającego (wraz z algorytmem sterowania) do sytemu bezstykowego przekazywania energii, w której będzie stabilizowany punkt pracy, to znaczy, że komutacja kluczy tranzystorowych realizowana będzie ze stałą częstotliwością w trybie bezprądowym dla dynamicznie zmieniających się parametrów obciążenia i sprzężenia magnetycznego”. Stawiając zacytowaną tezę miał z pewnością na myśli założenie o możliwości opracowania skutecznego

układu o podanych wyżej właściwościach. W pracy słuszność takiego założenia została udowodniona.

W pierwszym rozdziale pracy mgr inż. M. Marcinek podał ogólne informacje na temat układów do bezstykowej transmisji energii. Wymienił i krótko opisał przykłady zastosowania tych układów. Przedstawił tezę i wyszczególnił wynikające z tezy cele pracy. W drugim rozdziale Autor omówił układy do bezstykowego przekazu energii. Skoncentrował się przy tym na rozpatrywanych w dalszej części rozprawy układach o sprzężeniu magnetycznym. W skrócie odniósł się do osiągnięć prezentowanych w literaturze. Przedstawił ogólne informacje na temat zastosowanego przez Niego układu z rezonansowym przekształtnikiem energii. Rezultatem rozważań przedstawionych w drugim rozdziale był wybór struktury analizowanego dalej i wykonanego układu. Zgadza się z wyborem mgr. inż. M. Marcinka. Zaproponowana struktura, nawet bez gruntownej analizy, wydaje się najbardziej dostosowana do przewidywanego zastosowania układu. Trzeci rozdział jest poświęcony analizie transformatora powietrznego, w tym przede wszystkim obliczeniom strumieni skojarzonych z uzwojeniami i parametrów jego schematu zastępczego. Do obliczeń wykorzystywana jest metoda analityczna, uzupełniona numerycznymi procedurami całkowania i metoda elementów skończonych. Z punktu widzenia dalszych badań najważniejszym rezultatem obliczeń są relacje opisujące zależność współczynnika sprzężenia magnetycznego cewek od parametrów charakteryzujących ich położenie. W rozdziale czwartym Autor omawia schematy ideowe i zastępczy rozpatrywanego układu. Prezentuje wyniki obliczeń symulacyjnych dla ustalonych stanów pracy układu. Najpierw przedstawia charakterystyki amplitudowe i fazowe dla zadanych, traktowanych jak nominalne, wartości współczynnika sprzężenia i rezystancji obciążenia. Analizuje wpływ zmian wartości ww. wielkości na częstotliwość rezonansową. Następnie prezentuje wyniki obliczeń zmian w czasie wybranych prądów i napięć w badanym układzie z przekształtnikiem. Do obliczeń przebiegów czasowych stosuje oprogramowanie symulacyjne PLCES 3,5. W końcowej części rozdziału czwartego mgr inż. M. Marcinek pokazuje jak, przy zadanej częstotliwości przełączania, zmiany obciążenia i współczynnika sprzężenia, wpływają na wybrane parametry układu, w tym na wartość mocy transmitowanej do obciążenia. W rezultacie dochodzi do wniosku, że pożądana jest modyfikacja układu. Układowi zmodyfikowanemu poświęcony został najobszerniejszy i najistotniejszy piąty rozdział rozprawy, zatytułowany „System ICET z aktywną stabilizacją punktu pracy”. W rozdziale tym mgr inż. M. Marcinek omawia i analizuje układ pozwalający na automatyczne dostrajanie się częstotliwości rezonansowej układu z transformatorem powietrznym do częstotliwości przełączania kluczy mostka tranzystorowego. Proponuje autorskie rozwiązanie obwodu kompensującego z sterowanymi indukcyjnościami, połączonymi równolegle z pojemności układu rezonansowego. Sterowanie indukcyjnościami polega na zmianie czasu ich załączenia. Wykonuje badania symulacyjne układu, podobne do badań przedstawionych w rozdziale czwartym. Wskazuje na korzyści wynikające z uzupełnienia układu obwodem kompensującym. Przedstawia interesującą koncepcję algorytmu sterowania tranzystorami w obwodzie kompensującym. Rozpatruje też możliwość wykorzystania tego obwodu do stabilizacji mocy wyjściowej. W rozdziale szóstym, „Stanowisko laboratoryjne” mgr. inż. M. Marcinek omawia wykonane elementy układu do bezstykowego przesyłania energii elektrycznej. Wyodrębnionymi elementami układu są: sterownik mocy, moduł stopnia wejściowego, moduł przekształtnika rezonansowego, moduł transformatora i moduł obejmujący transformator powietrzny. Całość została wzbogacona o przygotowane w systemie NI LabVIEW oprogramowanie do wspomaganie sterowania i kontroli układu. Rozdział siódmy prezentuje wynik badań eksperymentalnych. Autor rozpatruje podstawowe stany pracy układu. Porównuje wyniki obliczeń symulacyjnych z wynikami pomiarów. Ocenia skuteczność układu. Prezentuje wyniki pomiaru strat w

poszczególnych modułach układu. Pokazuje, wyznaczoną na podstawie pomiarów, zależność sprawności od mocy obciążenia dla różnych wartości współczynnika opisującego sprzężenie między uzwojeniami. W rozdziale ósmym mgr inż. M. Marcinek podsumowuje wyniki badań, przedstawia wnioski wynikające z rozprawy. Wskazuje na najważniejsze osiągnięcia badań. Spis literatury jest obszerny i obejmuje 181 pozycji.

2. Ocena osiągnięć i uwagi dyskusyjne

Mgr. inż. M. Marcinek przedstawił nowoczesne rozwiązanie konstrukcyjne urządzenia do bezstykowego przekazywania energii elektrycznej w obwodzie rezonansowym, które dzięki układowi kompensującemu umożliwia skuteczną transmisję energii pomimo zmian rezystancji obciążenia i położenie uzwojenia odbiornika. Przy przygotowywaniu rozprawy wykorzystał najnowsze pomysły dotyczące stabilizacji punktu pracy układów przekształtnikowych współpracujących z obwodami rezonansowymi. Przedstawił własną koncepcję układu kompensatora. Do analizy opracowanego systemu wykorzystał nowoczesne programy symulacyjne.

Mgr. inż. M. Marcinek wykazał się też wiedzą z zakresu analizy pola magnetycznego. Do obliczenia indukcyjności uzwojeń i współczynnika sprzężenia stosował dwie metody: metodę analityczną wykorzystującą wzór Biota-Savarta i metodę elementów skończonych. Moim zdaniem do wyznaczania rozkładu pola w rozpatrywanym układzie dwóch cewek powietrznych bardziej dostosowana jest metoda analityczna. Metoda elementów skończonych jest mniej dokładna i w celu odwzorowania obszaru nieskończenie rozległego wymaga wprowadzania specjalnego warunku „open boundary”. W związku z powyższym bardziej cenię tę część badań Autora, która wykorzystuje program LMAIR, mniej badania polegające na obliczaniu strumieni skojarzonych numeryczną metodą elementów skończonych przy wykorzystaniu programu ANSYS Maxwell.

Mgr. inż. M. Marcinek wykonał obliczenia symulacyjne opracowanego układu dla wielu przypadków różniących się wartościami parametrów zasilania i obciążenia. Rozpatrywał układ bez i z obwodem kompensatora. Wykazał się przy tym dużymi umiejętnościami obsługi oprogramowania symulacyjnego. Moje zastrzeżenia budzi nazewnictwo stosowanych metod. Autor pisze o modelu obwodowym modułu inwertera zasilającego i modelu obwodowym modułu obciążenia. Ja pisałbym nie o modelu obwodowym tylko o schemacie zastępczym. Nazwanie analizy obwodowo-czasową, a nie po prostu analizą czasową, może sugerować, że wcześniej prezentowana analiza częstotliwościowa nie dotyczyła obwodów.

Z uwagi na aktualność tematyki oraz zaangażowanie wielu ośrodków naukowych i konstrukcyjnych w poszukiwanie nowych rozwiązań układów do bezstykowego przesyłania energii elektrycznej literatura poświęcona tym układom jest bardzo bogata i trudno odnieść się do wszystkich ukazujących się ostatnio prac. Dlatego nie czynię Autorowi rozprawy wyrzutów z powodu pominięcia niektórych znanych mi opracowań. Ja w przeglądzie prac poświęconych układom do bezstykowego przesyłania energii odnotowałbym trzy wyżej wymienione rozprawy doktorskie i w wykazie literatury umieściłbym rozprawę dr. hab. Jana Mućko „Tranzystorowe falowniki napięcia z szeregowymi obwodami rezonansowymi”, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz 2011. Wspomniałbym też o układach pracujących przy częstotliwości wyższej od 100 kHz.

Przy formułowaniu schematu zastępczego mgr inż. M. Marcinek powinien napisać o poczynionych założeniach i uzasadnić dopuszczalność założenia o pomijalnie małej wartości prądów przesunięcia w stosowanym przez niego transformatorze, pracującym z podstawową częstotliwością rzędu kilkudziesięciu kilohertzów.

Mgr inż. M. Marcinek ma duże umiejętności techniczne oraz wiedzę na temat implementacji współczesnych układów energoelektronicznych i cyfrowych systemów sterowania tymi układami. Dzięki tym umiejętnościom i wiedzy wykonał prototyp oryginalnego układu do bezstykowego przekazywania energii. Zbudował stanowisko do badań i pomiaru parametrów wykonanego układu. Przedstawił cenne, wskazujące na poprawność zastosowanych metod, porównanie wyników pomiarów z wynikami obliczeń. Nie tylko metodami symulacyjnymi, ale też i doświadczalnie wykazał korzyści płynące z zastosowania obwodu kompensacyjnego. W badaniach i przy budowie stanowiska pomiarowego wykazał się nie tylko znajomością dyscypliny elektrotechnika, ale także wiedzą i pomysłowością w zakresie automatyki i teorii sterowania. Przykładem są ciekawe pomysły Autora rozprawy dotyczące algorytmu sterowania, a w szczególności pomysły dotyczące i wyznaczania „znaku fazy”.

Rozprawa została dobrze opracowana pod względem kompozycji całości, jej układ jest logiczny i spójny, a treść odpowiada tytułowi. Niestety, z uwagi na niezbyt staranną korektę manuskryptu rozprawy, występuje w niej szereg uchybień, takich jak literówki, nazbyt lakoniczne objaśnienia, niejednoznaczności w opisie symboli, braki w opisach rysunków. Niektóre uchybienia podałem poniżej w uwagach szczegółowych.

3. Uwagi szczegółowe

Mam bardzo dużo uwag szczegółowych, w tym głównie uwagi o charakterze redakcyjnym. Niektóre z uwag przekazałem Autorowi osobiście. Poniżej przedstawiam ważniejsze i przykładowo wybrane mniej istotne.

- 1) Str. 8. Z wykazu symboli na wstępie pracy wynika, że chwilowa wartość prądu kompensatora będzie oznaczana małą literą „i” z odpowiednim indeksem. Inne wymienione w wykazie prądy i napięcia są oznaczane dużymi literami, bez wymaganego wyjaśnienia, czy oznaczenie dotyczy wartości chwilowej czy skutecznej. W opisach rysunków prezentujących przebiegi prądów i napięć Autor posługuje się symbolami zapisanymi dużą literą. W przyszłości przy wyborze symboli powinien kierować się krajowymi i międzynarodowymi normami.
- 2) Str. 10. Z przedstawionych „grafik” nie można wnioskować o precyzji położenia odbiornika względem nadajnika, bo nie wiadomo gdzie znajduje się nadajnik, a gdzie odbiornik.
- 3) Str. 12. Autor powinien podać, co rozumie pod pojęciem „płaski obwód magnetyczny”.
- 4) Str. 12. Zachęcam Autora do zapoznania się z pracą: B. Grzesik, J. Brandt, Z. Kaczmarczyk, Z. Szczurek, K. Świda, A. Michnik, M. Stępień, T. Cieśla, „Bezprzewodowy wszczepialny układ transmisji danych i zasilania protezy serca”, która jest częścią monografii „Technologie inżynierii materiałowej i technologie metrologiczne dla polskich protez serca”, EPIGRAF, 2012, http://www.medicasilesia.pl/images/polskie_sztuczne_serce/2_tehnologie_in%C5%BCynieri_i_materia%C5%82owej_i_tehnologie_metrologiczne_dla_potrzeb_polskich_protez_serca.pdf.
- 5) Str. 13. W tekście nie ma powołania na rysunek 1.6.
- 6) Str. 14. Mgr. inż. M. Marcinek wspomina o pracach realizowanych w AGH i w Politechnice Śląskiej, nie wymienia jednak tytułów publikacji przygotowanych przez pracowników tych uczelni.
- 7) Str. 14. Na miejscu Autora wymienilibym nie tylko zalety, ale i wady rozpatrywanych systemów przesyłania energii.
- 8) Str. 15. W tezie pracy po wyrazie „wraz” brakuje przedimka „z”.
- 9) Str. 17. Autor powinien wyjaśnić, że układy o sprzężeniu elektrycznym i opisywane na stronie 19 układy o sprzężeniu pojemnościowym to różnie nazywane układy tego samego typu.

- 10) Str. 18. Jest „Energi”, a powinno być „Energii”, jest „start”, a powinno być „strat”.
- 11) Str. 19. Brak powołania na rysunek 2.2.
- 12) Str. 21. Pewnie Autorowi chodziło o energię elektryczną, a nie eklektyczną.
- 13) Str. 23. Informacja o częstym stosowaniu materiałów amorficznych wymaga dokładniejszego opisu. □
- 14) Str. 24. Zdanie „Energia nadawana jest przez jedną cewkę znajdująca się po stronie nadajnika i odbierana przez jedną po stronie wtórnej” nie wnosi nic nowego do prezentowanej treści.
- 15) Str. 25. Zamiast „Na rysunku poniżej zaprezentowano podsumowanie wyników badań (...)” Autor powinien napisać „Na rysunku 2.10 przedstawione zostały dwa układy cewek (...)”.
- 16) Str. 26. Z pewnością autor zamierzał odwołać się na początku strony do rysunku 2.11 zamiast do 2.8.
- 17) Str. 28. Brakuje opisu symbolu R_L występującego w równaniach (2.5), (2.7). Można się tylko domyślać, że symbol ten odnosi się do rezystancji obciążenia, oznaczonej przez R_l na schematach, które zostały przedstawione dopiero na rysunku 2.15.
- 18) Str. 30. W wyrażeniu zapisanym w drugim wierszu i drugiej kolumnie Tabeli 2.1 zamiast indukcyjności L_2 powinna być indukcyjność L_{r2} .
- 19) Str. 36. Autor powinien podać co oznaczają indeksy w symbolu strumienia i prądu w zależności (3.13).
- 20) Str. 37. Szkoda, że Autor nie podał wzorów opisujących natężenie pola w układzie z cewkami cylindrycznymi. Czy pisząc o algorytmie Akimy Autor miał na myśli metodę funkcji sklepanych Akimy?
- 21) Str. 38. Zapis równania (3.15) wymaga wyjaśnienia dotyczącego symetrii. Czy rozpatrywany układ jest traktowany jako dwuwymiarowy?
- 22) Str. 39. Zdanie „Cewki znajdują się w otoczeniu (...), który w programie Maxwell 14 zamodelowano jako sześcian” jest dla mnie niezrozumiałe.
- 23) Str. 40. Rysunek 3.7 składa się z trzech części. W związku z tym podpis pod rysunkiem powinien ujmować cechy charakterystyczne (kąty i odległości) dla wszystkich części.
- 24) Str. 41. Nachylenie jest przedstawione na rysunku 3.7 (b), a nie na rysunku 3.7 (c).
- 25) Str. 42. Dla czytelnika niezrozumiałym jest znaczny fragment tekstu w podsumowaniu rozdziału 3. Fragment, który mam na myśli, zaczyna się od słów „W dalszej części rozdziału przedstawiono zaprezentowano” i znajduje się na końcu rozdziału. Nie można więc pisać, o treści w dalszej części rozdziału.
- 26) Str. 43. Zdanie „Moduł rezonansowy (...) oznaczono numerami (2)” powinno brzmieć „Moduł rezonansowy (...) oznaczono numerem (2)”.
- 27) Str. 43. Dlaczego Autor różnie oznacza rezystancję obciążenia? Na rysunkach 4.1, 4.4 stosuje oznaczenie R_{load} , a wcześniej na rysunku 2.15 R_l . Brakuje wyraźnego wyjaśnienia związku między tą rezystancją a rezystancją oznaczoną symbolem R_e .
- 28) Str. 44. W schemacie na rysunku 4.2 występują dwie pojemności o jednakowej wartości, oznaczone jednym symbolem C_r . W dalszej części rozprawy, na stronie 46 jest schemat podobny do schematu z rysunku 4.2, ale o różnych wartościach pojemności oznaczonych odpowiednio symbolem C_r i C_{r2} . W trosce o zwięzłość zapisu Autor powinien stosować jeden ogólny schemat.
- 29) Str. 47. Dlaczego we wzorze (4.9) pojemności są oznaczone symbolami C_1 , C_2 , a we wzorze (4.10) symbolami C_{r1} , C_{r2} ?
- 30) Str. 47. Wzory (4.9), (4.10) są zapisane niezbyt starannie (proszę porównać długość kreski oznaczającej „minus”).

- 31) Str. 47. Zdanie „Wynoszą one: sprzężenie $k = 0,34$ obciążenie R_e , które (...)” jest niezrozumiałe. Z pewnością brakuje w nim przecinka.
- 32) Str. 47. Dlaczego, obliczona dla $k = 0,34$ charakterystyka z rys 4.6 nie pokrywa się z charakterystyką z rysunku 4.8 też obliczoną dla $k = 0,34$? Przy $f = 10$ kHz wzmocnienie na rysunku 4.8 jest równe około 20, a na rysunku 4.6 ponad 40.
- 33) Str. 50. Tekst na początku podrozdziału 4.2 jest niezrozumiały. Zdanie „Poniżej zaprezentowano wpływ tych zmian na stan pracy przetwornika rezonansowego” jest niejasne. Może Autor chciał powiedzieć, że „Poniżej zaprezentowano wpływ zmian tych wielkości na parametry charakteryzujące pracę przetwornika rezonansowego”.
- 34) Str. 52. Myśl, która jest zawarta w zdaniu „Za każdym razem po komutacji prąd narasta do wartości ujemnej” powinna być inaczej zapisana.
- 35) Str. 55. Odległość, o której Autor pisze jest oznaczana na rysunku 3.7 małą, a nie dużą literą. Ta sama uwaga dotyczy zapisu symbolu odległości między cewkami na stronach 105, 110.
- 36) Str. 55. Fragment zdania „współczynnik obciążenie R_{bw} ustawiono na wartość nominalną” powinien zostać skorygowany.
- 37) Str. 56. W podpisie pod rysunkiem 4.17, a także pod dalszymi rysunkami używany jest zwrot „Trend zmian”. Moim zdaniem ten zwrot nie oddaje przedstawionych na rysunkach zależności, np. zależności amplitudy od współczynnika sprzężenia magnetycznego.
- 38) Str. 56. Nie wiadomo z jakiego powodu na rysunkach 4.17, 4.18 symbolem częstotliwości jest duża litera F . Ta sama uwaga dotyczy też rysunków na stronach 80÷85 i na stronach 110÷113.
- 39) Str. 59. Podkreślanie, że w ostatniej części rozdziału był użyty model obwodowy sugeruje, że wcześniej, w rozdziale 4 był wykorzystany inny model. Moim zdaniem w całym rozdziale obliczenia wykonywano na podstawie modelu wykorzystującego schematy zastępcze.
- 40) Str. 61. Z wcześniejszych dociekań wynika, że w zdaniu „W związku z powyższym możliwe jest zastosowanie (...)” wyraz „możliwe” powinno się zastąpić wyrazem „pożądane” lub „celowe”.
- 41) Str. 62. Nie znalazłem w tekście powołania na rysunek 5.2.
- 42) Str. 63. W tekście są dwie literówki („kompnsatora” w podpisie rysunku 5.3 i „zmieszczono” zamiast „zamieszczono”).
- 43) Str. 64. Zdanie „W publikacjach [147, 154, 168, 171] nie rozpatrywano możliwości zastosowania tego układu jako stabilizatora pracy (...)” wymaga uzupełnienia. Czy w wymienionych publikacjach układ był wykorzystywany, ale do innego celu niż stabilizacja mocy?
- 44) Str. 66. Zamiast pisać „przechodzi przez wartość zero” proponuję stosować zwrot „przyjmuje zerową wartość” lub „jest równe zero”. Zdanie „Wybór aktywnej gałęzi zależy od zmiany znaku napięcia V_r , które następuje w punkcie (...)” jest niezrozumiałe.
- 45) Str. 70. Z opisu osi na rysunku 5.8 i podpisu pod tym rysunkiem wynika, że rysunek (b) i (c) zostały pomyłkowo zamienione.
- 46) Str. 71. Ze wzoru (5.2) wynika, że składowa aperiodyczna prądu rośnie w czasie do nieskończoności.
- 47) Str. 72. Zdanie „Można więc stwierdzić, że uzyskanie identycznego oddziaływania układu zachodzi dla zastępczej wartości L_r (5.11).” jest niepoprawne stylistycznie.
- 48) Str. 73. Zwrot „dla różnych konfiguracji parametrów systemu” jest niezrozumiały.
- 49) Str. 74. W wyrażeniu (5.15) występują cztery symbole pojemności, wcześniej w zależności (5.14) występowały tylko pojemności C_1 i C_2 . Na rysunku 5.9 pojemności oznaczono symbolami C_{r1} i C_{r2} , a na rysunku 5.11 symbolami C_r , C_{r2} .

- 50) Str. 77. Wniosek zawarty w zdaniu „Otrzymane wyniki potwierdzają poprawność wykonanych obliczeń” wymaga szczegółowych wyjaśnień. Należy dodać, które wyniki potwierdzają poprawność, których obliczeń.
- 51) Str. 79. Zdanie „Zastosowanie najmniejszej wartości L_k (300 μ H) skutkuje tym, że regulator aktywuje kompensator na najkrótszy czas (około 133° elektrycznych)” jest dla czytelnika niezrozumiałe, bo nie wie jak Autor wyznacza najmniejszą wartość L_k i określa najkrótszy czas.
- 52) Str. 79÷80. Dlaczego mgr inż. M. Marcinek najpierw, na stronie 79, powołuje się na rysunek o numerze 5. 17, znajdujący się na stronie 81, a dopiero na stronie 80 odwołuje się do rysunku 5.16. Podpis pod rysunkiem 5.16 jest niezrozumiały. W podpisie mowa jest o różnych wartościach indukcyjności. Na rysunku przedstawione są charakterystyki dla różnych wartości napięcia.
- 53) Str. 82. Zdanie „W związku z dużą zmianą wartości elektrycznych zastosowanie układu zasilającego utworzonego przez (...)” wymaga uzupełnień, np. należy dodać jakie wielkości elektryczne Autor ma na myśli pisząc o wartościach elektrycznych.
- 54) Str. 85. Jak autor określa minimalną wartość mocy? Pytanie to wiąże się z informacją zawartą w zdaniu „Szczególnie istotne jest, aby pomimo niedopasowania (...)”.
- 55) Str. 89. Czytelnikowi wydaje się, że znacznik fazy na rysunkach 5.26 ujawnia się w przedziałach czasowych zdefiniowanych odmiennie od podanych w opisie przez Autora. Na rysunku 5.26 (a) znacznik jest w przedziale pomiędzy t_1 a t_2 , a na rysunku 5.26 (b) w przedziale od t_2 do t_3 .
- 56) Str. 96. W zdaniu „Funkcja soft –startu zrealizowana jest poprzez do wstępne (...)” zbędny jest przedimek „do”.
- 57) Str. 103. Mgr inż. M. Marcinek powołuje się na zdjęcia 6.9. Z pewnością chodzi Mu o zdjęcia 6.16. Opis na końcu strony wskazuje na rysunek 6.17 (b). Rysunek 6.17 (b) nie występuje, jest tylko rysunek 6.17.
- 58) Str. 105/106. W tekście nie znalazłem powołań na Tabelę 7.1 i rysunki 7.1, 7.2.
- 59) Str. 109. Zdanie „Dojście do stanu ustalonego trwa krócej niż w pierwszym przypadku” powinno zostać uzupełnione o opis układu, którego dotyczy „pierwszy przypadek”.
- 60) Str.112/113. Nie znalazłem powołania na rysunki 7.11. O rysunku 7.12 Autor wspomina dopiero na stronie 114 w niezrozumiałym dla mnie zdaniu „Na podstawie rysunku 7.12 wykonano mapę konfiguracji (sprężenia magnetycznego k i obciążenia R_{bw}), dla których możliwe jest dostarczenie nominalnej mocy, rysunek 7.13 (a).”
- 61) Str. 113. Zwrot „przekaz mocy do obciążenia dla zmieniających się kombinacji parametrów jest nieliniowy” jest dla mnie niezrozumiały. Na czym polega nieliniowość przekazu mocy?
- 62) Str. 117. Zwrot „sprawność wyznaczoną pomiędzy punktami pomiarowymi DC₁ – DC₃” nie definiuje sposobu obliczania sprawności.
- 63) Str. 117. Ponieważ Autor pisze, że DC₁, DC₃ są punktami pomiarowymi, to niezrozumiałe jest wyrażenie $\eta = (DC_3/DC_1) 100\%$.
- 64) Str. 117. Zdanie „Na rysunku 7.19 (a) przedstawiono charakterystyki wyznaczone pomiędzy punktami pomiarowymi DC₁ i DC₃, wyznaczone wyniki zamieszczono w postaci punktów, a liniami wykonaną aproksymację.” nie wyjaśnia, jak wyznaczano wartości wielkości, których dotyczy ww. rysunek.
- 65) Str. 118. Autor powinien wyjaśnić różnicę pomiędzy „sprawnością układu zasilającego” a „sprawnością ICET”.
- 66) Str. 120. W tekście nie znalazłem opisu rysunku 7.22. Podpis pod rysunkiem sugeruje, że powstał on z połączenia rysunków 7.19 (a) i (b). Z rysunku 7.19 (b) wynika, że sprawność

może być mniejsza od 50%, ale nie przekracza 90%. Na rysunku 7.22 sprawność jest większa od 60%, a jej maksymalna wartość przekracza 90%. Mgr. inż. M. Marcinek powinien wyjaśnić skąd biorą się różnice.

Autor kilkakrotnie powołuje się na wzory, które wcześniej nie były zapisane. Przykładem jest powołanie na wzór (4.6). Powołanie poprzedza o kilka zdań zapis wzoru.

Forma zapisu indeksów tych samych symboli we wzorach i w tekście (w zdaniach) jest różna. Indeksy symboli w tekście nie są obniżone, np. we wzorach jest R_e a w tekście R_e i wydają się być mniejsze niż we wzorach, proszę porównać f_r we wzorze (4.14) i w zdaniu pod tym wzorem.

Przedstawione powyżej uwagi pogarszają ogólny wizerunek rozprawy, ale nie przyćmiewają naukowych i technicznych osiągnięć jej Autora. Uważam, że mgr inż. Marcin Marcinek przedstawił nowatorskie rozwiązanie techniczne układu bezstykowego przekazywania energii układów. Wykonał oryginalne, wymagające dużego nakładu pracy, badania tego układu. Przedstawił interesujące wyniki tych badań.

4. Konkluzja

Mgr inż. Marcin Marcinek wykazał w pracy pt. „Rezonansowy układ przekształtnikowy z aktywną stabilizacją punktu pracy w systemach bezstykowego przekazywania energii”, że:

- ma dobre rozeznanie i wiedzę na temat metod analizy pola magnetycznego i metod analizy obwodów elektrycznych z elementami energoelektronicznymi,
- potrafi samodzielnie rozwiązać interesujące problemy naukowo-techniczne związane z obliczaniem, projektowaniem, technologią i pomiarami układów energoelektronicznych, czego dowodem jest rozwiązanie szeregu złożonych zagadnień, powstałych przy obliczaniu i projektowaniu rezonansowego układu przekształtnikowego połączonego z transformatorem powietrznym i elementami wymuszającymi określoną częstotliwość rezonansową,
- posiada wiedzę niezbędną do prowadzenia badań w dyscyplinie, której dotyczy praca i umiejętność przedstawiania wyników tych badań,

Stwierdzam, że praca pt. „Rezonansowy układ przekształtnikowy z aktywną stabilizacją punktu pracy w systemach bezstykowego przekazywania energii” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

