

Prof. dr hab. inż. Andrzej Rybarczyk

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa
Instytut Politechniczny
ul. Adama Mickiewicza 5, 64-100 Leszno
TEL. (061) 605 670 404
e_mail: andrzej.rybarczyk@pwsz.edu.pl



im. JANA AMOSA KOMIŃSKIEGO

Leszno, 2019-08-18.



dr hab. inż. Andrzej Tomczewski

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Doroty Bugała

„Modelowanie i analiza oddziaływań zaburzeń elektromagnetycznych na układy instalacji stacjonarnych”

1. Charakterystyka wyboru tematu i przedmiot rozprawy

Intensywny rozwój układów energetycznych stwarza nowe wyzwania, jakimi są m.in. konieczność współpracy różnych urządzeń lub systemów w jednym środowisku elektromagnetycznym, tak by te systemy nie emitowały zaburzeń pola elektromagnetycznego, które zakłócałyby poprawną pracę tych urządzeń zarówno wzajemnie, jak i ich samych. Stąd taka duża waga, jaką przywiązuje się do odporności systemu na zaburzenia elektromagnetyczne z jednej strony i możliwie małe zakłócenia, jakie nasz system wprowadza do otoczenia. Problem został dostrzeżony już u zarania powstania pierwszych systemów energetycznych, które, jak zauważono powodowały zakłócenia odbioru radiowego i przesył informacji w liniach telegraficznych. Dziedzina „Kompatybilności elektromagnetycznej (EMC)” usamodzielniała się na gruncie elektrotechniki już w 1928 roku i od tego czasu nieustannie się rozwija – wymogi stawiane urządzeniom i ramy prawne rządzące kompatybilnością elektromagnetyczną reguluje dyrektywa: 2014/30/UE, w Polsce jej odpowiednikiem jest ustawa z dnia 13.04. 2007 oraz wiele aktów normatywnych szczegółowych i norm starannie wymienionych w rozprawie przez doktorantkę.

Problemy pojawiające się w badaniach kompatybilności elektromagnetycznej można rozwiązywać trzema sposobami: w drodze analizy matematycznej, badań symulacyjnych (wyróżnia się tutaj programy bazujące na modelach polowych, jak i programy bazujące na

modelach obwodowych) oraz przeprowadzanie testów EMC w akredytowanych laboratoriach, jak w miejscu zainstalowania badanych urządzeń.

Z uwagi na znaczne trudności w realizacji testów w miejscu instalacji urządzeń, odseparowania ich od wpływu zewnętrznych pól elektromagnetycznych, a także ryzyka uszkodzenia, bądź wręcz zniszczenia urządzeń oraz trudności jakie napotyka się (z uwagi na złożoność obliczeń) w próbach analitycznego opisu zjawisk związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną, coraz częściej sięga się po komputerowe narzędzia symulacyjne. Warto zaznaczyć, że tematyka podjęta w rozprawie jest tematyką trudną i mimo, że jest osadzona w dyscyplinie naukowej elektrotechnice (w stopniu szczególnym dotyczy kompatybilności elektromagnetycznej), ma ona także charakter interdyscyplinarny (dotyka zagadnień związanych z elektroniką, teorii sterowania czy też fotowoltaiką). W recenzowanej pracy podjęto próbę analizy symulacyjnej wpływu elektromagnetycznych zaburzeń udarowych (impulsów napięciowych „surge”) na parametry elektryczne i charakterystyki czasowe trzech typów instalacji stacjonarnych:

- instalacja składająca się z modułu fotowoltaicznego oraz mikroinwertera,
- instalacja oświetleniowa, inkandescencyjna o regulowanej mocy świecenia,
- instalacja oświetleniowa, energooszczędna ze źródłami elektroluminescencyjnymi (zasilana napięciem stałym z przetwornika AC/DC z obniżeniem napięcia).

W tym celu Autorka opracowała model matematyczny i symulacyjny generatora zaburzających impulsów napięciowych „surge” 1,2/50 μ s wykonała model symulacyjny elektrycznego układu sprzęgająco - odsprzęgającego dla tego generatora i opracowała modele symulacyjne dla urządzeń wchodzących w skład w/w instalacji. Wykonała symulacje dla zbadania wpływu elektromagnetycznych zaburzeń udarowych na charakterystyki czasowe oraz parametry elektryczne wzmiankowanych instalacji. Korzystała ze środowiska symulacyjnego, jakim był (w tym wypadku) MATLAB/Simulink.

Zweryfikowała następnie wyniki symulacji komputerowych w akredytowanym laboratorium kompatybilności elektromagnetycznej na własnoręcznie przygotowanych stanowiskach laboratoryjnych.

Weryfikację kończy porównanie wyników symulacji oraz testów laboratoryjnych, a także analiza statystyczna obu typów badań.

Generalny cel rozprawy można przyjąć jako określenie stopnia przydatności zaproponowanych narzędzi symulacyjnych w testach odporności na zaburzenia elektromagnetyczne (udary napięciowe) typu „surge”, zaburzeń rozprzestrzeniających się w głównej mierze w sposób przewodowy.

Faza projektowania urządzeń i instalacji coraz częściej wymaga badań odpornościowych na różnorakie zaburzenia elektromagnetyczne uderowe, nie ulega więc wątpliwości aktualność i waga poruszanej w rozprawie tematyki. Ostatnie 20 lat jest czasem rozwoju metod symulacji komputerowych, które dają możliwość wykonania wielu badań instalacji stacjonarnej, bądź pojedynczego urządzenia, na zaburzenia elektromagnetyczne bez ryzyka ich uszkodzenia lub zniszczenia.

2. Konstrukcja rozprawy

Praca ma zwięzłą konstrukcję i składa się z 7 rozdziałów oraz obszernej, liczącej 105 pozycji (będących artykułami w czasopismach, referatami konferencyjnymi, bądź pozycjami książkowymi) bibliografii i dodatkowo 53 pozycje internetowe (nazwane w pracy „Źródła internetowe”), co stanowi łącznie 158 pozycji literatury. O ile te pierwsze ułożono w porządku alfabetycznym, to klucza uporządkowania stron internetowych nie udało mi się ustalić. Wydaje się jednak, że część tych pozycji literaturowych jest zbędna. Wśród zamieszczonych w bibliografii za dużo (moim zdaniem) jest podstawowych pozycji. Cała praca wraz z „Załącznikiem 1” mieści się łącznie na 146 stronach. Struktura rozprawy dobrze oddaje kolejne etapy realizacji przyjętego w pracy celu.

Rozdział 1 poprzedzony jest streszczeniem w języku polskim („Streszczenie”), streszczeniem w języku angielskim („Abstract”) oraz „Wykazem skrótów i oznaczeń”. W rozdziale 1 („Wprowadzenie”) Autorka określa kontekst tematyki rozprawy oraz przytacza normy prawne dotyczące emisji zaburzeń elektromagnetycznych, podając przy tym sposoby ich rozprzestrzeniania się w instalacjach (obwodach), definiując także pojęcie udaru (wymienia rodzaje udarów) oraz podaje pojęcie instalacji stacjonarnej.

W kolejnym, 2 rozdziale zatytułowanym „Teza, cel i zakres pracy” Autorka definiuje tezę pracy następująco: „...możliwe jest wykorzystanie narzędzi symulacyjnych do modelowania wpływu oddziaływania wybranych zaburzeń elektromagnetycznych na funkcjonowanie układów elektrycznych i elektronicznych instalacji stacjonarnych”. Szczegółowy opis tej tezy określony jest dopiero przez podanie celu pracy, tj. zbadanie przydatności środowiska MATLAB/Simulink do symulacji pracy urządzeń i instalacji stacjonarnych przy oddziaływaniu na nie udaru napięciowego typu „surge” 1,2/50 μ s, czyli udaru piorunowego pełnego. Ponadto, Autorka, uzasadnia krótko przydatność podjętego tematu rozprawy i omawia zakres rozprawy.

Trzeci rozdział poświęcony jest uzasadnieniu podjęcia badań prezentowanych w rozprawie na podstawie analizy literatury ostatnich 20 lat, zdominowanej przez badania wykorzystujące komputerowe symulatory.

W czwartym rozdziale opisano stanowiska testowe i podstawową aparaturę badawczą stosowaną w laboratoryjnych testach kompatybilności elektromagnetycznej zarówno w przypadku propagowania zaburzeń elektromagnetycznych przez instalacje, bądź urządzenia elektryczne, jak i odporności tychże na takie zaburzenia.

W rozdziale 5 Autorka zawarła najważniejszą, nowatorską część pracy. Podano tam bowiem koncepcję zarówno modelu generatora zaburzeń elektromagnetycznych typu „surge”, jak i komputerowych modeli wybranych instalacji stacjonarnych oraz przeprowadzono symulacje komputerowe w środowisku MATLAB/Simulink. Wyniki symulacji zweryfikowano w akredytowanym laboratorium kompatybilności elektromagnetycznej na stanowiskach laboratoryjnych, opracowanych przez samą Autorkę.

Kolejny rozdział 6, czyli „Podsumowanie” jest wypunktowaniem przez mgr inż. Dorotę Bugałę sześciu najważniejszych wg. Autorki rozprawy osiągnięć pracy. Zasygnalizowano tam także znaczenie praktyczne zastosowanych metod oraz wskazano kierunek dalszych prac w tematyce kompatybilności elektromagnetycznej.

Szersze omówienie uzyskanych wyników badań symulacyjnych oraz testów laboratoryjnych, a także analizę porównawczą jednych i drugich wyników zawarto w rozdziale 7.

Rozdział 8 - „Bibliografia” zawiera najistotniejsze (wg. Autorki) pozycje literaturowe związane z pracą, podzielone na pozycje książkowe i artykuły naukowe oraz osobno pozycje internetowe.

Pracę zamyka „Załącznik 1” zawierający analizę statystyczną zarówno badań symulacyjnych, jak i badań laboratoryjnych.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Główne wyniki rozprawy potwierdzają osiągnięcie założonego w rozprawie celu. Poniżej podano oryginalne i najważniejsze osiągnięcia Autorki:

1. Opracowanie koncepcji modelu matematycznego i symulacyjnego bazującego na środowisku MATLAB/Simulink generatora zaburzeń napięciowych typu „surge” 1,2/50 μ s oraz wykonanie modelu symulacyjnego układu sprzęgająco-odsprzęgającego dla tego generatora .

2. Opracowanie modeli symulacyjnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych (w środowisku MATLAB/Simulink) wchodzących w skład wybranych instalacji elektrycznych:
 - instalacja fotowoltaiczna,
 - instalacja oświetleniowa inkadescencyjna,
 - instalacja energooszczędna (ze źródłami elektroluminescencyjnymi).
3. Analiza symulacyjna wpływu wspomnianych zaburzeń na wymienione wyżej typy instalacji elektrycznych.
4. Weryfikacja wyników symulacji komputerowych przez przeprowadzenie odpowiednich badań w laboratorium kompatybilności elektromagnetycznej. Stanowiska do badań mają charakter autorski – zostały skonstruowane przez Autorkę.

Generalnie, można stwierdzić, że najważniejszą część pracy, będącą oryginalnym osiągnięciem Autorki, zawarto w rozdziale 5 pracy.

Uwagi krytyczne:

1. Można wybierać różne realizacje instalacji elektrycznych i badać ich zachowanie przy uderzeniach napięciowych wyciągając stąd wnioski odnośnie typu ochrony i sposobu jej realizacji. Mój niedosyt budzi jednak brak rzetelnego porównania z analizą podobnych układów w tych samych warunkach uderowych i uzyskanymi rezultatami innymi metodami w dostępnej literaturze. Autorka jednak przyjęła metodę weryfikacji symulacji opartą na weryfikacji laboratoryjnej, co oczywiście jest poprawne.
2. Wyniki z symulacji komputerowych pokazały, że wartość prądu obwodowego przy podaniu impulsu uderowego $1,2/50 \mu s$ jest w przeważającej części instalacji elektrycznych różna od 8-16%, niż w tych samych przypadkach z pomiarów laboratoryjnych. Czy Autorka ma jakąś koncepcję dlaczego tak jest i co wpływa na tę różnicę wartości? Jest to o tyle ważne, że wpływa to na dobór zabezpieczeń, a fakt, że te prądy raz są większe a raz mniejsze w obu metodach dodatkowo komplikuje dobór zabezpieczeń na podstawie tylko symulacji.
3. Zauważalna jest aktywność naukowa Doktorantki, szkoda, że niepoparta artykułem w znaczącym czasopiśmie z tzw. „bazy JCR”. Mam nadzieję, że doktorat otworzy drogę do takich publikacji.

4. Uwagi dyskusyjne

Praca jest poprawnie napisana i zasługuje na wysoką ocenę merytoryczną. Poniższe uwagi mają głównie charakter dyskusyjny.

- Nie wydaje się, by wystarczająco były uzasadnione przesłanki, które spowodowały wybór przez Autorkę rozważanych w dysertacji rodzajów instalacji elektrycznych do badań.
- Co warto podkreślić mgr inż. Dorota Bugała zbudowała wszystkie stanowiska laboratoryjne i szczegółowo opisała wszystkie urządzenia wchodzące w skład poszczególnych instalacji elektrycznych. Aby jednak ocenić dokładność pomiarów brakuje zakresów i parametrów urządzeń pomiarowych – np. oscyloskopu – odpowiednie zdjęcia zamieszczone w pracy nie są opisane.

5. Uwagi szczegółowe

Praca jest napisana precyzyjnym językiem i zredagowana starannie – poszczególne jej fragmenty (rozdziały) czyta się z przyjemnością, mimo że Autorka nie ustrzegła się drobnych błędów (usterek), jak np.:

1. Duża ilość zawartych w pracy wykresów i rysunków spowodowała prawdopodobnie, że jakość tych rysunków nie zawsze jest właściwa – np. rys. 32 str. 68 – napis „przebiega” jest ledwie widoczny, podobnie rys. 85. Osie na niektórych rys. i zdjęciach nie są opisane – np. rys. 72, 73 str. 97 oraz rys. 74 str. 98. Podobnie jest na zdjęciach – rys. 101-104 str. 118-120. Także wykresy zamieszczone na rys. 88 (str. 109) i rys. 90 str. 110 stwarzają trudności interpretacyjne. Wszystko to uniemożliwia w pojedynczych przypadkach jakąkolwiek interpretację przedstawionych tam wyników.
2. Występujące sporadycznie drobne niezręczności językowe, jak np.: „...niedostatecznie rozpoznany w warunkach krajowych...” (Streszczenie, strona 5, wiersz 4), a także inne tego typu błędy.
3. Nieliczne błędy interpunkcyjne (np. str. 27 wiersz 2, str. 40 wiersz 5 i inne), które nie utrudniają zasadniczo studiowania pracy.

Inne, tego typu uwagi szczegółowe zamieszczono w tabeli załączonej do niniejszej recenzji oraz przekazano Autorce ustnie.

Rozdział	Nr strony	Nr wiersza	Jest	Powinno być lub komentarz
Spis treści	3 i 4	7, 8, 16 i inne	(Złe justowanie)	Wyrównanie numerów stron – złe „wcięcia”, np. 3. i 3.1, 3.2.1 i 3.2.1.1
Abstract	6	11	(Złe justowanie)	Złe odstępy
Wykaz skrótów i oznaczeń	7	15	...czas rozpoczęcia przebiegu...(jęz. – żargon)	...chwila t podania impulsu napięcia/prądu ...?
3	19	28	...w wybranych fragmentach instalacjach elektroenergetycznych...(gram.)	...w wybranych fragmentach instalacji elektroenergetycznych ...
3	20	13	...opartego na 12-pulsowym przekształtniku przyłączonego do układu zasilania...(gram.)	...opartego na 12-pulsowym przekształtniku przyłączonym do układu zasilania...
3	27	5	... zewnętrzných pól elektromagnetycznych...(jęz.)	... zewnętrzných pól elektromagnetycznych ...
4	33	5, 6	Charakterystyki zburzeń...(jęz.)	Charakterystyki zaburzeń...
4	34 i 35	Tabele 8, 9 i 10	Wartość quazi-szczytowa (ort.)	Wartość quasi-szczytowa
4	36	Tabele 11 i 12	Wartość quazi-szczytowa (ort.)	Wartość quasi-szczytowa
5	70	6	...wykonano przedstawiono...(jęz.)	...przedstawiono...
5	72	2	...wyłączenia układu sprzęgająco-odsprzegający...(gram.)	...wyłączenia układu sprzęgająco-odsprzegającego...
5	73	11	...o nie pełnym...(ort.)	...o niepełnym...
5	90	5	...w układzie inwertera wyjściu sekcji bloku wyjściowego...(jęz.)	w układzie inwertera na jego wyjściu...?
5	112	8	...oraz 94 i 94...(jęz.)	...oraz 94 i 95...

6. Wnioski końcowe

Praca pokazuje szerokie spektrum zainteresowań autorki i szeroką wiedzę przedmiotu. Próba zawarcia w pracy wielu poruszanych problemów doprowadziła jednak miejscami do niespójnej struktury rozprawy.

W podsumowaniu należy jednak stwierdzić, że przedstawiona do oceny rozprawa zawiera oryginalne i wartościowe wyniki, które stanowią istotny wkład w dziedzinę "kompatybilności elektromagnetycznej", z istotnymi elementami zastosowań w obszarze szeroko rozumianej elektrotechniki.

Wymienione w poprzednich punktach uwagi krytyczne mają charakter dyskusyjny i w żadnym stopniu nie umniejszają osiągnięć Autorki.

Jako że przewód doktorski mgr inż. Doroty Bugały został wszczęty 20.03.2018, procedowany jest wg. Rozporządzenia MENiSzW z dnia 19 stycznia 2018 w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim oraz Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. Ustaw z 2017 r. poz. 1789) – w związku z powyższym stwierdzam, że praca pt.: „Modelowanie i analiza oddziaływań zaburzeń elektromagnetycznych na układy instalacji stacjonarnych” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez w/w przepisy w dziedzinie: nauki techniczne, w dyscyplinie naukowej: elektrotechnika i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Doroty Bugały do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Andrzej Rybarczyk
