

dr hab. inż. Paweł Zydroń, prof. n.

Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Elektrotechniki, Automatyki,
Informatyki i Inżynierii Biomedycznej

Kraków, 25.09.2015



R E C E N Z J A

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Jakuba RZESZUTKO

I. Informacje wstępne

1. Recenzja dotyczy rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Jakuba Rzeszutko pt.:

*Metoda analizy parametrów metrologicznych obwodów wejściowych
w pomiarowej aparaturze elektroenergetycznej*

przygotowanej przez Doktoranta pod opieką Promotora, Pana dr hab. inż. Andrzeja Bienia, prof. n. AGH, na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

2. Podstawę dla przygotowania recenzji stanowiło pismo Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie Pana prof. n. dr hab. inż. Antoniego Cieśli L.Dz. WEAIIB-b/Sekr/273/15 z dnia 02.07.2015 r., w związku z uchwałą Rady Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 25.06.2015 r.

II. Opis ogólny rozprawy

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Jakuba Rzeszutko liczy ogółem 105 stron i zawiera:

- spis treści,
- 4-stronicowe streszczenie w języku angielskim,
- zestawienie ważniejszych oznaczeń, symboli i skrótów,
- 7 numerowanych rozdziałów, obejmujących również wprowadzenie i podsumowanie,
- wykaz cytowanej literatury zawarty w Bibliografii.

W krótkim, 4½-stronicowym **Wprowadzeniu** Doktorant określa przyczyny podjęcia tematu, które stanowiły dla Niego motywację dla prowadzenia badań i analiz związanych z opracowaniem metodyki oceny metrologicznej układów wejściowych aparatury pomiarowej, pracującej we współczesnych systemach elektroenergetycznych. Zwraca w tym

miejsu uwagę na fakt, że w elektroenergetyce cele prowadzonych pomiarów mogą być podzielone na dwie główne grupy:

Grupa 1: pomiary dla celów rozliczeniowych, a więc wymagające poprawnego określenia wartości mocy i energii, z określoną dokładnością;

Grupa 2: pomiary związane z zapewnieniem poprawnego i bezawaryjnego przesyłu i rozdziału energii w sieciach elektroenergetycznych. Dla przykładu, w grupie tej Doktorant lokują np. pomiary wykonywane dla potrzeb realizacji funkcji zabezpieczeniowych.

Równocześnie Autor rozprawy zauważa, że dla obu tych grup znaczenie ma jakość energii elektrycznej, która ma istotny wpływ na wyniki pomiarów w nich realizowanych.

W rozdziale drugim dokonano opisowej klasyfikacji sygnałów występujących w sieciach elektroenergetycznych oraz scharakteryzowano ich wybrane parametrów, ze szczególnym uwzględnieniem parametrów jakościowych.

Rozdział trzeci, krótki – zaledwie 5-stronnicowy, dotyczy problemów pomiarów jakości energii elektrycznej w Polskim Systemie Elektroenergetycznym (jeśli używamy takiego określenia jako nazwy własnej, to wówczas poprawniej jest stosować określenie: Krajowy System Elektroenergetyczny – KSE).

Rozdział czwarty zgodnie z tytułem dotyczy estymacji parametrów metrologicznych układów wejściowych urządzeń do pomiarów parametrów jakości energii elektrycznej, jednak w jego treści znajduje się opis konstrukcji i przeznaczenia poszczególnych ich elementów, służących: separacji galwanicznej, kondycjonowaniu oraz filtracji ograniczającej pasmo sygnałów analogowych.

Rozdział piąty (*Metodyka oceny własności metrologicznych układów wejściowych*) oraz **szósty** (*Badania modelowe i eksperymenty laboratoryjne*) zawierają materiał stanowiący zasadniczą część rozprawy, opisujący oryginalne wyniki prac własnych Doktoranta.

Podsumowanie zawiera wnioski i spostrzeżenia Autora uzyskane również podczas prac wykonanych dla przemysłu, w których stosował metodę estymacji charakterystyk częstotliwościowych, opracowaną podczas przygotowania rozprawy. Doktorant wymienia również elementy pracy, które jego zdaniem nadają jej cechy oryginalności oraz wskazuje kierunek dalszych działań w opisanej tematyce.

Spis źródeł literaturowych (**Bibliografia**, str. 99-105) cytowanych w rozprawie obejmuje faktycznie 80 pozycji, pomimo, że numeracja bibliografii dochodzi do numeru 85. Pozycje numerowane jako: (48 i 49), (53 i 54), (66 i 67), (78 i 79) oraz (83 i 84) powinny być połączone parami, tworząc jedynie pięć, a nie dziesięć osobnych źródeł literaturowych (autor z tytułem referencji + jej adres internetowy). Pozycje [38] i [60] bibliografii dotyczą tej samej normy (IEC 61000-4-15) w wersji polskiej PN-EN z roku 1998 i międzynarodowej IEC z roku 2003. Pozycje [22] i [80] to powołania na wydania książki *Przekładniki w elektroenergetyce* prof. A. Wiszniewskiego z roku 1992 i 1982. Sposób zacytowania w tekście oraz jego kontekst nie wskazują na konieczność sięgania po różne wydania w/w normy i książki. Źródła są cytowane niewłaściwie, bez podania

pełnych danych bibliograficznych (w wielu pozycjach brak nazwisk wszystkich autorów, nazw konferencji, numerów stron, roku wydania itd.).

Doktorant cytuje ogółem, m.in.:

- 19 publikacji typu książka, monografia, podręcznik lub skrypt,
- 13 publikacji typu artykuł w czasopiśmie naukowym lub branżowym,
- 11 referatów konferencyjnych,
- 5 norm (PN/IEC/IEEE)
- 2 rozprawy doktorskie.

Pozostałe pozycje spisu literatury stanowią: noty katalogowe i aplikacyjne producentów, Dziennik Ustaw oraz tematyczne, prywatne i firmowe strony internetowe. Przy źródłach internetowych brak jest dat pozyskania informacji.

Prezentowane w rozprawie treści teoretyczne oraz wyniki badań wykonanych podczas jej przygotowania są ilustrowane 64 rysunkami i 4 tabelami.

Ogólny układ i struktura pracy oraz kolejność rozdziałów są poprawnie dopasowane do charakteru i tematyki pracy, choć niektóre z części pracy oceniam jako zbyt krótkie lub niedopracowane. Z jednej strony dość pobieżnie potraktowano lub pominięto pewne istotne zagadnienia, a z drugiej zamieszczono treści, zupełnie zbędne z punktu widzenia tematyki pracy. Zauważalne są również: pewien brak usystematyzowania w prezentowaniu treści, wspomniana wcześniej nieadekwatność treści względem tytułów niektórych podrozdziałów oraz chaotyczność i niekompletność spisu bibliografii. Ponieważ w podsumowaniu Doktorant wśród osiągnięć własnych decydujących o oryginalności rozprawy wymienia implementację i testowanie metody estymacji transmitancji widmowej układów wejściowych w środowisku Matlab, dlatego należało również zamieścić w pracy, np. w formie dodatku, odpowiednie wydruki kodów źródłowych opracowanych procedur.

III. Opis celu i ocena wartości merytorycznej rozprawy

Tematyka przedstawionej do recenzji pracy dotyczy, w ogólnym ujęciu, zagadnień związanych z dokładnością i wiarygodnością pomiarów napięć i prądów w sieciach elektroenergetycznych, w związku z ich zastosowaniem dla oceny jakości energii elektrycznej oraz poprawnego określenia wartości mocy i energii. Powszechnie obecnie akceptowane wymagania stawiane jakości energii elektrycznej wymagają dla poprawnego określenia wielkości pierwotnych dobrej znajomości charakterystyk częstotliwościowych (zarówno amplitudowych jak i fazowych) układów i systemów pomiarowych, w tym również ich układów wejściowych. Metody i metodologia badania takich układów są głównym tematem pracy. Liczba urządzeń pomiarowych zainstalowanych obecnie w elektroenergetyce, służących wymienionym wyżej celom, nieustannie rośnie, co sprawia, że podjęta w pracy tematyka badawcza jest aktualna i rozwojowa. Dodatkowym powodem jej dużego znaczenia jest to, że właściwości metrologiczne urządzeń już pracujących powinny być sprawdzane w miejscu ich zainstalowania, w więc w środowisku elektromagnetycznym o dużym poziomie szumów i zakłóceń.

W swej rozprawie doktorskiej Pan mgr inż. Jakub Rzeszutko nie stawia żadnej wyraźnej tezy, której udowodnienia lub odrzucenia chciałby dokonać. We wprowadzeniu do rozprawy, po określeniu powodów podjęcia tematu Doktorant formułuje jednak **główny cel rozprawy**, którym było *opracowanie metodyki oceny metrologicznej układów wejściowych aparatury pomiarowej pracującej z sygnałami elektroenergetycznymi*. Cel ten jest bardzo szeroki i choć w pracy zostaje on ograniczony przez Doktoranta do układów służących pomiarom napięcia to jednak i tak pojawia się pytania o zakres aplikacyjny proponowanych metod, tym bardziej, że w żadnym miejscu rozprawy nie określono jednoznacznie, jakiego poziomu napięcia dotyczą prowadzone rozważania. W polskim systemie elektroenergetycznym można wyróżnić sieci najwyższych, wysokich, średnich i niskich napięć (NN, WN, ŚN i nN), realizujące w tym systemie różne funkcje, w tym: przesyłu i rozdziału (dystrybucji) energii elektrycznej. Warunki pomiaru oraz wymagania stawiane urządzeniom stosowanym w obwodach pierwotnych, służącym dopasowaniu wartości sygnałów wysokonapięciowych i silnoproudowych do zakresów wartości akceptowanych przez układy wejściowe urządzeń pomiarowych, są specyficzne dla poszczególnych poziomów napięć znamionowych. Z tego właśnie powodu specyficzne mogą być też wymagania dotyczące metodologii wykonywania badań poszczególnych urządzeń. Równocześnie różne są też wymagania dotyczące dopuszczalnych limitów wartości parametrów jakościowych (np. zawartości poszczególnych harmonicznych). Z zawartości pracy, w tym opisanych eksperymentów i badań oraz szeregu sformułowań zawartych w tekście można wnioskować, że głównym obszarem zainteresowań Doktoranta był poziom niskiego napięcia oraz – częściowo – poziom napięć średnich, stosowanych w sieciach rozdzielczych. Zakres przeprowadzonych i opisanych badań dotyczy określenia charakterystyk częstotliwościowych urządzeń pomiarowych typowych dla zastosowań elektroenergetycznych (tj. przekładników, dzielników pomiarowych) w paśmie częstotliwości odpowiadającym wymaganiom stawianym zwykle podczas pomiarów zawartości wyższych harmonicznych (tj. w zakresie częstotliwości do 2,0 lub 2,5 kHz).

Pewne zastrzeżenie czytelnika rozprawy może budzić to, że nie dokonano w niej w sposób systematyczny i pełny przeglądu literaturowego zagadnień stanowiących jej zasadniczy temat. W przypadku zajmowania się zagadnieniami dotyczącymi pomiarów napięć i prądów wykonywanych w elektroenergetyce Autor powinien wziąć również pod uwagę zapisy odpowiednich norm międzynarodowych i krajowych – w zakresie związanym z pracą, w celu np. właściwego zdefiniowania stosowanych pojęć oraz zweryfikowania klasyfikacji i opisu parametrów sygnałów, dokonanych w rozdziale drugim. W szczególności, w bardzo szczątkowy sposób odniesiono się do problematyki pomiarów wysokonapięciowych, tak charakterystycznych dla elektroenergetyki. W tekście pracy brak jest odniesień do tak podstawowych norm wysokonapięciowych jak normy IEC 60060 (-1, -2 i -3) lub amerykańskiej normy IEEE Std 4. Nie ma również powołań na normy z zakresu koordynacji izolacji (np. PN-EN 60071-1:2008), dobrze klasyfikujące grupy sygnałów przepięciowych występujących w układach i sieciach elektroenergetycznych. Takie odniesienia pozwoliłoby na pewno uniknąć niepoprawnych sformułowań zawartych w p. 2.4. W obszarze badań wysokonapięciowych zbieżnych

z tematyką pracy można było również sięgnąć do najnowszych publikacji krajowych¹ oraz do literatury w nich cytowanej.

W rozdziale trzecim Autor w części rozważań opisuje zadania i cele systemów typu *Smart Grid*, jednak wydaje się, że uwzględniając własne zainteresowania i tematykę pracy niepotrzebnie redukuje je do zagadnień związanych jedynie z jakością energii oraz pomiarami bilansowymi czy rozliczeniowymi.

Kolejne trzy rozdziały: czwarty, piąty i szósty dotyczą bezpośrednio tematu rozprawy, przy czym to rozdziały piąty i szósty zawierają opis prac własnych Doktoranta, decydujących o jej oryginalności. Spośród układów wejściowych stosowanych w urządzeniach pomiarowych rejestrujących sygnały elektroenergetyczne Autor skupił się na układach do pomiaru napięć. Dla tego typu układów, bazujących na różnych rozwiązaniach technicznych, opracował metodykę oraz przygotował oprogramowanie pozwalające na wyznaczenie transmitancji, która w tej grupie układów wejściowych opowiada charakterystyce częstotliwościowej przekładni napięciowej.

Autor przyjmuje, że badane przez niego układy należą do klasy układów liniowych, niezmiennych w czasie (*LTI*). W przypadku urządzeń wysokonapięciowych, również przeznaczonych do pracy w układach przesyłowych wysokich i najwyższych napięć, założenie takie może być nieprawdziwe, zarówno dla układów konwencjonalnych jak i niekonwencjonalnych, budowanych np. w oparciu o przetworniki elektrooptyczne. Przykłady badań układów wejściowych pod tym kątem można odnaleźć również w cytowanej przez Doktoranta literaturze. W każdym przypadku wybór metody pomiaru i szczegółowych rozwiązań technicznych, służących pomiarom wysokich napięć lub silnych prądów, są związane z potencjalną możliwością pogorszenia się dokładności pomiaru przy pewnych wartościach wielkości mierzonych. Pogorszenie to jest limitowane zwykle na określonym poziomie, który musi być brany pod uwagę na etapie konstrukcji i badań układu pomiarowego.

W recenzowanej pracy Doktorant zaproponował, aby dla wyznaczenia charakterystyk amplitudowych i fazowych transmitancji (przekładni) zastosować metodę ich estymacji w oparciu o wyznaczone obliczeniowo charakterystyki widmowej gęstości mocy sygnału wejściowego oraz wzajemnej widmowej gęstości mocy sygnału wejściowego i wyjściowego. Metoda wymaga zastosowania dodatkowego, referencyjnego toru pomiarowego o znanej częstotliwościowej charakterystyce przekładni napięciowej, zbudowanego w oparciu o odpowiedni, rezystancyjny dzielnik pomiarowy. Zastosowanie tej metody wynika z zakładanej obecności w rzeczywistych, przemysłowych warunkach pomiarowych szumów, wpływających na rejestrowane wartości sygnałów wejściowych i wyjściowych. W rozprawie przedstawiono wyniki badań modelowych wykonanych dla układów dwóch filtrów niskonapięciowych: 1) typu SC, zbudowanego w oparciu o układ scalony MAX 291 oraz 2) filtru aktywnego z układem scalonym MAX 274.

¹ Przykładowo: R. Pawelek, I. Wasiak: *Pomiary porównawcze wyższych harmonicznych napięcia w sieci przesyłowej 400 kV*, Przegląd Elektrotechniczny, R. 90, Nr 7/2014, str. 230-233 lub R. Pawelek, I. Wasiak, M. Jurek: *Measurements of Voltage Harmonics in 400 kV Transmission Network*, Acta Energetica, Nr 2/19 (2014), str. 127-134

W części eksperymentalnej, przeprowadzonej na obiektach rzeczywistych estymowano charakterystyki przekładnika średniego napięcia 15 kV w izolacji żywicznej (stosując specjalne, dedykowane dla tego celu stanowisko badawcze oraz układ rejestracji o 24-bitowej rozdzielczości oraz $f_p = 50$ kHz) oraz badano charakterystyki prototypowych układów wejściowych przeznaczonych dla miernika wartości *THD* w sieci niskiego napięcia 230/400 V. W tym drugim przypadku badania prowadzono w strefie przemysłowej Krakowa, w celu zapewnienia spodziewanych, realnych warunków pracy urządzenia.

Wykonane eksperymenty potwierdzają użyteczność metody zaproponowanej przez Doktoranta, jednak równocześnie, jak zawsze w takich sytuacjach bywa, rodzą pewne pytania dotyczące weryfikacji jej faktycznych możliwości. Między innymi przy ocenie właściwości metrologicznych układów wejściowych proponowaną metodą należało przeprowadzić dyskusję i szacowanie niepewności pomiarowej.

W kolejnym punkcie recenzji poruszono kilka zagadnień i pytań problemowych.

IV. Zagadnienia i pytania problemowe

1. Znaczna część pomiarów wykonanych przez Doktoranta dotyczyła układów niskonapięciowych, dla których można było wyznaczyć charakterystyki częstotliwościowe przekładni układów wejściowych przy zastosowaniu innych metod pomiarowych. Czy w związku z tym wykonano takie badania, np. stosując analizator odpowiedzi częstotliwościowej (FRA) lub inny układ pomiarowy tego typu? Pozwoliłoby to porównać i ocenić jakość wyników uzyskanych proponowaną metodą.
2. Dla oceny wiarygodności estymowanych charakterystyk częstotliwościowych transmitancji można posłużyć się metodą analizy funkcji koherencji i na jej podstawie oszacować częstotliwościową zależność współczynnika sygnał/szum². Metoda ta jest stosowana w elektroenergetyce dla kontroli spójności danych pomiarowych i wiarygodności uzyskanych rezultatów podczas analizy charakterystyk funkcji przejścia (*transfer function*) uzwojeń transformatorów energetycznych, w czasie ich badań diagnostycznych³. Czy podczas badań opisanych w rozprawie dokonywano tego typu analiz?
3. W tekście rozprawy Autor proponuje, aby w pomiarach jakości energii elektrycznej podczas przetwarzania cyfrowego rejestrowanych sygnałów stosować okno Hanna w celu ograniczenia efektów przecieku widma. Czy Doktorant wykonał pomiary i/lub symulacje, których wyniki wspierają tę Jego propozycję? Można dodać, że postulat ten jest zbieżny z zaleceniami norm IEC i był weryfikowany⁴.

² P. R. Roth: *Effective measurements using digital signal analysis*, IEEE Spectrum, pp. 62-70, April 1971.

³ R. Malewski et al.: *Checking electromagnetic compatibility of a HV impulse measuring circuit with coherence function*, High Voltage Measurements and Calibration, Paper no. 8. Arnhem, The Netherlands, 1994

⁴ A. Testa, D. Gallo, and R. Langella. *On the processing of harmonics and interharmonics: Using Hanning window in standard framework*. IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 19, no 1, pp. 28-34, 2004.

4. Proszę wyjaśnić, dlaczego pomimo własnych zastrzeżeń wyrażonych w tekście rozprawy (p. 4.1) układy dzielników rezystancyjnych oraz rezystancyjno-pojemnościowych zostały zaklasyfikowane przez Doktoranta do układów separacji galwanicznej?
5. W podsumowaniu rozprawy proponowane przez Autora kierunki dalszych prac są nakreślone dość ogólnie. Czy na tym etapie nie należałoby zastanowić się nad weryfikacją zaproponowanej metody przy zastosowaniu innych metod wyznaczania transmitancji badanego układu wejściowego? Rozwiązania pomiarowe w dziedzinie, którą zajmuje się Doktorant są bardzo drogie, w szczególności dla wyższych poziomów napięciowych, stąd każda możliwość oceny właściwości metody na etapie projektu i prototypu zwiększa szanse sukcesu w fazie komercjalizacji projektu.

V. Uwagi szczegółowe

W przedstawionej do recenzji pracy zauważalne jest pewne niedopracowanie jej poszczególnych rozdziałów. Uwaga ta dotyczy zarówno strony merytorycznej, edytorskiej, jak również stylu i słownictwa pracy.

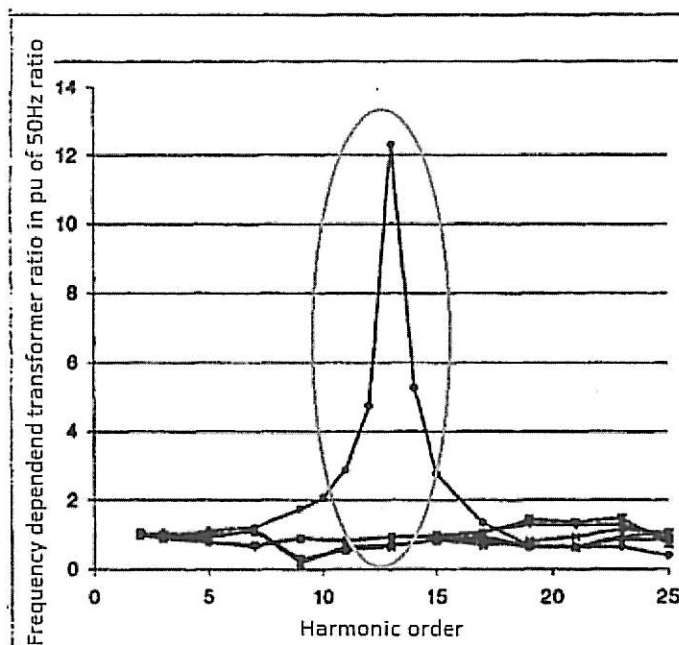
Podczas czytania rozprawy zauważalne są pewne błędy i niedoskonałości tekstu oraz zamieszczonych prezentacji graficznych (rysunków):

- 1) Przykłady wpływu wyższej harmonicznej (piątej) na kształt napięcia zasilającego przedstawione na rysunkach 2.2 i 2.3 są mocno przesadzone (>12% i 15%), w stosunku do ograniczeń poziomów harmonicznych napięcia w sieciach elektrycznych.
- 2) Str. 20: zamiast „rezystancji wewnętrznej źródła zasilania” lepiej stosować pojęcie „impedancji źródła zasilania”, biorąc pod uwagę to, że rozważania dotyczą obwodów prądu przemiennego i transformatora.
- 3) Ostatnie zdanie na stronie 22 jest niegramatyczne i nieprecyzyjne pod względem treści.
- 4) Na stronie 24 w opisie miernika uciążliwości migotania jego elementem jest zapewne układ klasyfikacji statystycznej a nie statycznej. Dodatkowo, nie jest zrozumiałe ostatnie zdanie na tej stronie, które nie wskazuje jednoznacznie na to, kto pracuje nad nowymi sposobami pomiarów.
- 5) W podrozdziale 2.3 dotyczącym przepięć Dyplomant oparł się na źródłach literaturowych o charakterze poradnikowym m.in. artykule w czasopiśmie *Elektro-instalator*. W rozprawie doktorskiej należało sięgnąć po inne, zdecydowanie poważniejsze i częściej cytowane publikacje z tej tematyki np. normy z zakresu koordynacji izolacji, które dokonują klasyfikacji przepięć w sposób bardziej systematyczny. Dzięki temu można było uniknąć tak fałszywie generalizujących zdań jak poniżej cytowane:

„Przebiegi są to nagłe i krótkotrwałe skoki napięcia, które w czasie poniżej 1 ms mogą przekroczyć napięcie znamionowe sieci nawet kilkadziesiąt razy.”

„Przypadek ten jest najbardziej szkodliwy dla urządzeń elektrycznych dołączonych do sieci, ponieważ napięcie udarowe może sięgać kilku tysięcy woltów.”

- 6) Na rysunku 4.1 popełniony został błąd w opisie bloków funkcjonalnych 2 i 3, które powinny zostać zamienione miejscami.
- 7) Tytuły podrozdziałów 4.1, 4.2 i 4.3 nie odpowiadają treściom w nich zawartym. Przykładowo, większą część podrozdziału 4.2 zajmuje opis potencjalnych uszkodzeń układów elektronicznych oraz praktyczne porady dotyczące ich projektowania.
- 8) Strona 40 wiersz 1: jest „przekładniki tego typu” powinno być „przekładniki tego typu”.
- 9) Strona 40 pkt. d). Przywołana przez Dyplomanta referencja [73] opisuje badania dzielnika napięć udarowych, dla którego problemy sprzężeń pojemnościowych są istotne ze względu na wymagane, bardzo szerokie pasmo przenoszonych częstotliwości. W przypadku dzielników, dla których zakres częstotliwości nie przekracza kilku kiloherców problem ten może nie mieć tak istotnego znaczenia. Dla rozważań na temat konstrukcji dzielników wysokich i najwyższych napięć lepszymi źródłami literaturowymi mogą być podstawowe podręczniki akademickie z tej dziedziny⁵.
- 10) Str. 41. W podpisie do rysunku 4.7



Autor pisze: Można zauważyć, że dla pewnych harmoniczných różnica w odpowiedzi impulsowej wynosi powyżej 10 dB.

⁵ Przykładowo: E. Kuffel, W. Zaengl, J. Kuffel, *High voltage engineering. Fundamentals*, Newnes Press, 2000

W związku z takim podpisem bardzo proszę o skomentowanie tego rysunku (na którym przekładnia transformatora jest skalowana w jednostkach pu) oraz wyjaśnienie dlaczego Autor pisze o różnicy w odpowiedzi impulsowej.

- 11) Str. 43., Rysunek 4.8. Dlaczego Autor pisze o zmienności wartości sygnału wejściowego (sic!), skoro cytowany rysunek przedstawia zależność przekładni transformatora od częstotliwości?
- 12) Str. 43., Rysunek 4.9. Pytanie jak wyżej. Dodatkowo: dlaczego ponownie Autor wprowadza własny opis w niepoprawnie skalowanych decybelach skoro jednostki osi rzędnych są w oryginale skalowane w jednostkach pu?
- 13) Str. 64, wzór 5.1: brak definicji $G(s)$ oraz błędny zapis wzoru.
- 14) Str. 65, wzór 5.4: błędny zapis wzoru, co powoduje, że pojawiają się problemy dotyczące kolejnych wzorów, które powinny z niego wynikać, po pewnych operacjach matematycznych.
- 15). Parametr dt definiowany wzorem 5.12, to odstęp czasu pomiędzy sąsiednimi próbkami sygnału a nie odstęp czasowy sygnałów.
- 16) Wyniki badań własnych prezentowane na rysunkach 6.17, 6.18 i 6.19 są praktycznie nieczytelne ze względu na zbyt mały rozmiar liter opisu oraz źle dobrane oznaczenia punktów pomiarowych
- 17). W niektórych fragmentach pracy razi pewna dowolność i brak precyzji w stosowaniu pojęć, a także pewien kolokwializm słownictwa. Przykładowo, autor w jednym fragmencie pracy pisze o oknie Hanna (str. 70), a w innym miejscu o oknie Hanninga (np. str. 73 i 74), pomimo, że chodzi o to samo okno i powinno się przyjąć stosowanie tylko jedną z tych nazw w całości pracy (poza np. Tabelą 5.1 zawierającą zestawienie definicji kilku wybranych okien). Można też dodać, że aparaturę raczej się „stosuje” niż „wykorzystuje”, a w przypadku rejestrowanych próbek powinno się pisać o ich liczbie, a nie ilości, bowiem na pewno można je policzyć.
- 18) W wykazie literatury brak jest jej uporządkowania według jednej, zrozumiałej dla czytelnika pracy, zasady. Zwykle przyjmuje się, że pozycje spisu literaturowego są uporządkowane alfabetycznie, chronologicznie lub też ułożone w kolejności cytowania oraz dodatkowo wydzielone zostają w osobnych grupach dokumenty normalizacyjne oraz np. noty katalogowe produktów. W pracy nie zastosowano żadnej z tych zasad, wydaje się, że kolejne pozycje były dopisywane do spisu w miarę ich wyszukiwania podczas przygotowywania tekstu rozprawy. Wymieszanie publikacji z czasopism naukowych, konferencji i książek z notami katalogowymi, normami oraz tekstami o charakterze poradnikowym utrudnia ocenę przeglądu literaturowego tematu dokonaną przez Autora. Dodatkowo, niemal wszystkie opisy bibliograficzne są niekompletne, brakuje w nich nie tylko np. roku wydania czy numerów stron, ale również tak podstawowych informacji jak nazwisko współautora (referencja [1]), tytuł czasopisma lub nazwa konferencji – przykładowo: pozycja [61] to artykuł opublikowany w IET Gener. Transm. Distrib., 2009, vol. 3, no 9, str. 816–

824. Braki w danych bibliograficznych są być może spowodowane tym, że dla większości powołań ich źródłem są strony internetowe, często nie będące oryginalnymi stronami źródłowymi, jednak nie stanowi to usprawiedliwienia dla wyraźnie odczuwanej niefrasobliwości w kompletowaniu i ostatecznej redakcji wykazu bibliograficznego. Przykładowo, w przypadku referencji [81] pobranej z jednej ze stron rosyjskich, po krótkim poszukiwaniu można sprawdzić, że jest to referat z IEEE Power Engineering Society Winter Meeting 2002, vol. 2, str. 1472 - 1477, dostępny w bazie *IEEE Xplore Digital Library*.

- 19) Dla źródeł internetowych cytowanych adresem lokacji internetowej nie wskazano dat pobrania dokumentów. Do jednego z takich źródeł – pozycja [82] spisu – brak jest już obecnie dostępu.
- 20) Przy powoływaniu się na dokumenty normalizacyjne należy cytować ich aktualne wersje, za wyjątkiem sytuacji, gdy dokonuje się przeglądu zmian wymagań dokonywanych w normach na przestrzeni lat lub odnosi się do wyników prac wykonywanych wg norm już nieaktualnych. Przykładowo, dla pięciu cytowanych w rozprawie norm nieaktualne są wersje z pozycji [38], [39], [60], brak jest również roku wydania normy z pozycji [37].
- 21) W pozycji literaturowej [64] błędnie podano nazwisko drugiego z autorów.
- 22) Niektóre pozycje spisu bibliograficznego nie są wskazane jako źródła w żadnym miejscu rozprawy. Dotyczy to wymienionych wcześniej niepoprawnych cytowań: [49], [54], [67], [79] oraz [84].
- 23) Wymaganie zachowania czystości językowej w pisanych tekstach naukowych i technicznych oraz stosowania w nich jedynie słów niezbędnych i adekwatnych do opisywanego tematu, w celu klarownego przekazania informacji czytelnikowi sprawia, że w recenzji muszą się też pojawić pewne pytania i uwagi z natury nieco żartobliwe:

Stwierdzenie na str. 91 (6 linia od góry) „jako przekładnik wykorzystano zwykły transformator zasilający” rodzi od razu następujące pytanie: Jaki „niezwykły” transformator można byłoby zastosować w zastępstwie „zwykłego” oraz dlaczego został on przez Autora „wykorzystany” a nie „zastosowany”? Czym kierowano się stosując transformator o tak małej mocy znamionowej (0,5 VA)?

Na stronie 48 Autor rozprawy pisze o tym, że współczynniki temperaturowe diod Zenera dla napięć poniżej 6 V są „kiepskie”, co nie jest określeniem technicznym i na pewno mogło być zastąpione innym, bardziej precyzyjnym, nawet kosztem wydłużenia całego akapitu.

- 24) Korekty językowej wymaga tekst angielskiego streszczenia rozprawy. Przykładowo, „elektroenergetyczna sieć przesyłowa” to raczej „electric power transmission network” a nie „the electroenergetic transmission grid”.

VI. Podsumowanie i konkluzja

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Jakuba Rzeszutko podejmuje ważny i aktualny temat badawczy związany z wyznaczaniem charakterystyk częstotliwościowych przekładni układów wejściowych aparatury pomiarowej służącej pomiarom sygnałów elektrycznych w układach i sieciach elektroenergetycznych, przy obecności napięć i prądów odkształconych. Znajomość tych charakterystyk jest niezbędna dla poprawnego wykonywania pomiarów służących m.in. ocenie jakości energii elektrycznej, rozliczeniom należności za dostarczoną energię elektryczną czy też realizacji funkcji nadzoru nad pracą sieci i urządzeń elektroenergetycznych.

Duża liczba zainstalowanych i pracujących układów pomiarowych tego typu sprawia, że dla określenia lub weryfikacji ich charakterystyk należy posługiwać się metodami, które pozwalają to zrobić *on-line*, na pracujących urządzeniach, bez zbyt długiego wyłączenia ich z ruchu.

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Jakuba Rzeszutko, w swej zasadniczej części mająca charakter projektowo-eksperymentalny, pokazuje:

1. poprawność określenia problemu naukowego;
2. umiejętność zastosowania odpowiedniego warsztatu badawczego oraz biegłość w posługiwaniu się narzędziami projektowymi, aparatura pomiarową i oprogramowaniem;
3. wiedzę i umiejętności niezbędne dla zaproponowania własnych metod analizy oraz rozwiązań konstruktorskich i programistycznych służących realizacji założonego celu, w tym również wykonania eksperymentów pomiarowych;
4. umiejętność wykonywania analiz sygnałowych z zastosowaniem obliczeń i symulacji numerycznych, wykonywanych w środowisku programu Matlab;
5. zdolność krytycznej oceny wyników pomiarów oraz ich samodzielnej analizy.

Biorąc pod uwagę powyższe punkty, wskazujące na przygotowanie Doktoranta do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, oryginalność proponowanych rozwiązań, a także wszystkie przedstawione w niniejszej recenzji uwagi krytyczne, wyszczególnione błędy i braki oraz wając ich znaczenie dla całościowej oceny rozprawy i zawartych w niej rezultatów prac Pana mgr. inż. Jakuba Rzeszutko **oceniam ją jako spełniającą w wystarczającym stopniu wymagania, wynikające z Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami) dotyczące rozpraw doktorskich i wnoszę o dopuszczenie jej do dalszych etapów postępowania.**

