

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr. inż. Bartosza Dominikowskiego
pt.: "KOREKCJA WŁAŚCIWOŚCI METROLOGICZNYCH
TRAKCYJNYCH LICZNIKÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ"

Recenzja rozprawy mgr. inż. Bartosza Dominikowskiego została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, pismo z dnia 24.09.2015.

1. Charakterystyka rozprawy i ocena jej tematyki i zakresu

Rozprawa doktorska „Korekcja właściwości metrologicznych trakcyjnych liczników energii elektrycznej” zawiera 176 stron, składa się z 7 rozdziałów. Bibliografia zawiera 159 pozycji. Rozprawa dotyczy dyscypliny Elektrotechnika i specjalności Miernictwo Elektryczne.

Współczesne projekty układów pomiarowych coraz częściej sprowadzają się do układu: „przetwornik pomiarowy + układ akwizycji sygnału + skomputeryzowany system pomiarowy”. Właściwości metrologiczne takiego układu zależą od „najsłabszego ogniwa w łańcuchu”.

Obserwujemy jednocześnie ogromny – wydaje się, że niemal nieograniczony - wzrost możliwości komputerowych systemów pomiarowych. Tak więc to przetwornik pomiarowy jest aktualnie tym najsłabszym ogniwem, który decyduje o dokładności, dynamice, szumach własnych i innych właściwościach metrologicznych układu pomiarowego. Z drugiej strony od przetworników pomiarowych wymaga się coraz większych możliwości pomiarowych – rośnie oczekiwany zakres, pasmo częstotliwości, odporność na zakłócenia.

Tak więc problematyka związana z badaniami przetworników pomiarowych jest ważna i aktualna. Posiadanie odpowiednich narzędzi do oceny właściwości metrologicznych przetworników pozwala na rozwój i doskonalenie stosowanych rozwiązań.

Dotyczy to szczególnie pomiarów w trakcji elektrycznej, w której są bardzo trudne warunki dla aparatury pomiarowej. Zmieniające się napięcie w sieci trakcyjnej, szybkie zmiany obciążenia w szerokich granicach, duży zakres temperatur pracy, wysoki poziom zakłóceń mogą mieć znaczny wpływ na wyniki pomiarów.

Jest to specjalnie istotne przy pomiarach pobranej przez tabor energii elektrycznej, gdyż wyniki tych pomiarów wpływają na ekonomikę transportu.

Powyższe przyczyny w pewnym sensie wymuszają potrzebę ciągłego doskonalenia rozwiązań układów do pomiaru energii oraz metod ich badań. Istniejące metody i przyrządy do pomiarów energii nie spełniają w pełni potrzeb i wymagań w tym zakresie. Recenzowana praca wychodzi naprzeciw tym potrzebom i wymaganiom. Dlatego uważam podjęcie badań tej problematyki w ramach rozprawy doktorskiej za ważne i uzasadnione, zarówno z teoretycznego a zwłaszcza praktycznego punktu widzenia.

Tak więc potrzeba podwyższania dokładności pomiarów energii w trakcji elektrycznej jest oczywista. Natomiast nie jest rzeczą oczywistą jaką metodą można osiągnąć wystarczającą dokładność. Dotychczas opracowano i wdrożono w formie skonstruowanych układów pomiarowych szereg metod pomiarów energii. Można ogólnie stwierdzić, że pomiary energii w warunkach stacjonarnych są w obecnych warunkach opanowane i na rynku istnieją układy pomiarowe, które z zadowalającą dokładnością mierzą tę energię. Problemy pojawiają się w przypadku pomiarów w sieciach o napięciu zmieniającym się w zależności od obciążenia a także szybkich zmianach tego obciążenia w szerokim zakresie. Rozwiązania tego problemu dotyczy recenzowana rozprawa.

W ogólnym zarysie zawartość rozprawy można przedstawić następująco:

- We wstępie, po ogólnym wprowadzeniu dokonano przeglądu rozwiązań stosowanych obecnie w urządzeniach do pomiaru energii w trakcji elektrycznej. Podano także dokładności stosowanych obecnie urządzeń. Należy stwierdzić, że wybór i analiza stosowanych rozwiązań jest wystarczająca. W rozdziale tym w sposób przekonywujący wykazano celowość prowadzenia badań nad nowymi rozwiązaniami układów do pomiarów energii. Zaprezentowano koncepcję podwyższenia dokładności tych układów, poprzez dopasowanie stałej przetwarzania, która jest uzależniona od parametrów opisujących sygnał wejściowy przetwornika analogowo-cyfrowego. Praca koncentruje się na optymalnym doborze wzmacnienia w torze prądowym pomiarowego wzmacniacza operacyjnego. Autor proponuje wykorzystanie do tego celu sterowników rozmytych. Zastosowany sterownik rozmyty pozwala w sposób płynny dobrać odpowiednie wzmacnienie.
- Rozdział pierwszy jest poświęcony prezentacji celu, zakresu i tezy pracy. Cel i zakres pracy zostały poprawnie i jasno sformułowane. Pierwsza teza pracy została sformułowana zbyt ogólnie, co zostanie podane w uwagach krytycznych ogólnych dotyczących rozprawy.
- Rozdział drugi zawiera analizę przebiegów prądu i napięcia w trakcyjnych liniach zasilających. Przedstawiono przegląd przebiegów prądu przy zasilaniu falownikowym w różnych trybach pracy zespołu trakcyjnego. Zaprezentowano wyniki analizy widm amplitudowych prądu obwodu zasilającego. Przedstawiono również przepływy energii w różnych stanach pracy zespołu trakcyjnego, w tym przy hamowaniu z odzyskiem energii. Zaprezentowana w tym rozdziale analiza jest szczegółowa i adekwatna do współczesnych rozwiązań w trakcji elektrycznej.
- W rozdziale trzecim przedstawiono rozwiązania współczesnych liczników energii elektrycznej, stosowane współcześnie w Polsce i na świecie. Podano schematy funkcjonalne liczników, opisano szczegółowo stosowane układy wejściowe liczników a także rozwiązania kanałów prądowych liczników. Opisy są wnikliwe i krytyczne. Przedstawiona krytyczna analiza stosowanych rozwiązań świadczy o dużej wiedzy kandydata w dziedzinie, będącej przedmiotem rozprawy.

- Rozdział czwarty poświęcono problematyce kondycjonerów sygnałów i ich roli w konstrukcji liczników energii elektrycznej. Autor pracy przedstawił stanowisko, że w licznikach trakcyjnych konieczne jest stosowanie adaptacyjnie dostosowującego się wzmocnienia.
- W rozdziale piątym omówiono metody algorytmiczne, obecnie stosowane do korekcji charakterystyk liczników w trakcji elektrycznej. W tym zastosowaniu, liczniki mają błędy wynikające z zakłóceń zewnętrznych i nieliniowości charakterystyki, ale również błędy wynikające ze stanu pracy jednostki napędowej. Aby skorygować te błędy należałoby uwzględnić równania, opisujące ruch jednostki. Autor zaproponował prostszy sposób, polegający na korekcji stałej przetwarzania za pomocą sterownika rozmytego z parametrami uzależnionymi od stanu pracy jednostki napędowej. Dalszy ciąg rozdziału piątego poświęcono przeglądowi układów wzmacniaczy z możliwością zmiany wzmocnienia, a także porównaniu stosowanych metod z metodą opartą na sterowniku rozmytym. Dalej uzasadniono wyższość rozmytych metod kompensacyjnych nad metodami klasycznymi, polegającą na możliwości dokładnej aproksymacji nieliniowej charakterystyki sterowanego obiektu za pomocą skończonego zbioru zmiennych oraz reguł. W dalszej części tego rozdziału autor przedstawił podstawowe informacje o zbiorach rozmytych, wykazując dużą znajomość zagadnienia. Przedstawiono tutaj również proponowaną metodę wyznaczania wartości wzmocnienia za pomocą układu rozmywania. Przedstawiono także wyniki, otrzymane z zasymulowanego sterownika rozmytego, utworzonego przez autora. Uzyskane przebiegi potwierdzają słuszność przyjętej drogi podniesienia dokładności pomiarów energii w jednostce trakcyjnej. Zdaniem opiniującego wybrano właściwe układy i w sposób prawidłowy dokonano ich analizy. Należy uznać, że jest to najważniejszy rozdział rozprawy.
- W rozdziale szóstym opisano badania symulacyjne zaproponowanego systemu. Przedstawiono szereg wyników badań dla różnych typów mnożników analogowych.
- Rozdział siódmy zawiera podsumowanie wyników, uzyskanych w rozprawie. Autor stwierdza, że wykorzystanie całego zakresu przetwornika A/C, poprzez adaptacyjną zmianę stałej przetwarzania toru prądowego pozwoliło na redukcję błędów pomiaru energii, co było tezą nr 1 rozprawy. Stwierdza również, że udowodniono możliwość wykorzystania sterownika rozmytego do wyznaczania stałej przetwarzania toru prądowego co było tezą nr 2 rozprawy. Wyniki badań podane w tym rozdziale stanowią dalsze praktyczne uzasadnienie wyboru tematyki rozprawy.
- W Dodatkach podano charakterystykę stosowanych liczników energii elektrycznej i omówiono metody pomiarowe na podstawie dokumentów normatywnych.

Rozprawa napisana jest bardzo komunikatywnie a następstwo rozdziałów jest właściwe.

2. Ważniejsze osiągnięcia rozprawy

Zdaniem opiniującego ważniejszymi osiągnięciami rozprawy są:

- Podjęcie aktualnej i ważnej z praktycznego i naukowego punktu widzenia tematyki.
- Zaproponowanie nowego układu, opartego na sterownikach rozmytych, do pomiaru energii na jednostkach trakcyjnych.
- Badania symulacyjne zaproponowanego układu, w programie utworzonym przez autora.

Wymienione osiągnięcia rozprawy pozwalają stwierdzić, że praca stanowi oryginalną i ambitną próbę rozwiązania przez Autora ważnego problemu naukowego i praktycznego. Należy podkreślić, że opracowany układ ma pełną szansę być wdrożonym do praktyki.

3. Ocena poziomu wydawniczego i redakcyjnego rozprawy

Poziom wydawniczy rozprawy jest bardzo dobry. Treść rozprawy podana w bardzo komunikatywnej formie, język zwięzły a strona edytorska poprawna.

Uwagi redakcyjne

- 1.) Str. 15 - 2 linia od dołu: przecinek.
- 2.) Str. 17 - 3 i 4 linia od góry: przecinki.
- 3.) Str. 18 - Rys. 2.1 - podpisy pod rysunkiem nie w pełni pokrywają się z oznaczeniami na rysunku
- 4.) Str. 19 - linia 9 i 13 - powtórzenie
- 5.) Str. 20 - Rys. 2.2 - podpisy pod rysunkiem nie w pełni pokrywają się z oznaczeniami na rysunku
- 6.) Str. 23 - 1 i 2 linia od góry: przecinki
- 7.) Str. 27 - 2 linia od dołu: przecinek.
- 8.) Str. 49 - 2 linia od dołu : niejasne sformułowanie
- 9.) Str. 92 - Rys. 5.9 - brak opisów osi.
- 10.) Str. 98 - niejasny podział rozdz. 5. na podrozdziały (jaki ma tytuł podrozdział 2 na str. 102?).

4. Uwagi krytyczne ogólne

- 1.) Pierwsza teza pracy zapowiada „Korekcję...można zrealizować... w sposób ciągły przez modyfikację...” co może sugerować jednorazową modyfikację, np. w trakcie kalibracji układu.

Sugerowałbym uzupełnić tezę o: „Korekcję...można zrealizować... w sposób ciągły przez ciągłą modyfikację...”.

- 2.) Autor podał na str. 157 szczegółowe wymagania dotyczące dokładności pomiaru energii na jednostkach trakcyjnych. Podał również we wstępie katalogową dokładność liczników, stosowanych aktualnie w taborze elektrycznym. Nie ma jednakże w rozprawie szacunku błędów, wprowadzanych do tych liczników przez niestabilne napięcie zasilania i gwałtowne zmiany obciążenia, co jest charakterystyczne dla sieci trakcyjnych. Nie ma również w rozprawie szacunku tych dodatkowych błędów dla urządzeń wyposażonych w sterowniki rozmyte, według pomysłu autora.

5. Ocena rozprawy doktorskiej

Podane w punkcie 3 i 4 uwagi krytyczne nie mają istotnego wpływu na wartość i końcową ocenę rozprawy. Opiniujący prosi o ustosunkowanie się do drugiej uwagi ogólnej w czasie publicznej obrony.

Opiniowana rozprawa jest wyróżniająca się pod wieloma względami.

Taka ocena rozprawy wynika z podanych w punkcie 2 ważniejszych osiągnięć oraz następujących faktów:

- Tematyka rozprawy jest aktualna i ważna, zwłaszcza dla konstruowania przyrządów stosowanych do rozliczeń finansowych
- Zakres i treść rozważań zawartych w rozprawie jest bardzo logiczny, zwięzły i komunikatywny. Obejmuje przegląd stosowanych rozwiązań, zwięzłą własną ocenę dotychczasowych metod pomiarowych, propozycję i uzasadnienie teoretyczne własnej, oryginalnej metody pomiaru, opracowanie koncepcji i wykonanie badań symulacyjnych oraz opracowanie wniosków końcowych.
- Autor rozprawy wykazał się wszechstronną wiedzą dotyczącą zarówno znajomości rozwiązań, stosowanych na świecie dla pomiarów energii w trakcji elektrycznej jak i analizy teoretycznej postawionego problemu a także umiejętnością przeprowadzania badań symulacyjnych. Udowodnił także swoją dobrą znajomość budowy i działania a także projektowania złożonych elektronicznych układów pomiarowych.
- Przedstawiona praca świadczy o zaangażowaniu i dużym nakładzie pracy przy realizacji pracy doktorskiej.
- Autor postawił tezę naukową i przeprowadził jej dowód metodami: analityczną i symulacyjną, w sposób nie budzący żadnych zastrzeżeń wykazując przy tym głęboką znajomość badanej problematyki.
- Rozprawa napisana jest w sposób komunikatywny, jest poprawnie zredagowana.
Jest to zatem przykład dobrej rozprawy doktorskiej.

Praca stanowi oryginalny dorobek Autora. Rozprawa wykazuje, że Autor posiada ogólną wiedzę w dyscyplinie naukowej Elektrotechnika i specjalności Metrologia Elektryczna i potwierdza, że posiada On umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

6. Wniosek końcowy

Mając na uwadze wymienioną w punktach 2 i 5 pozytywną ocenę rozprawy stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Dominikowskiego p.t. "Korekcja właściwości metrologicznych trakcyjnych liczników energii elektrycznej" spełnia wymagania ustawy "O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki" z 2003 roku, Dziennik Ustaw Nr 65 z 14 marca 2003r z późniejszymi zmianami.

Uwzględniając powyższe stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.



(Leon Swędrowski)