

Lublin, dnia 16 września 2024 r.



**POLITECHNIKA
LUBELSKA**

Prof. dr hab. inż. Oleksandra Hotra
Katedra Elektroniki i Technik Informatycznych
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
ul. Nadbystrzycka 38 A
20-618 Lublin
e-mail: o.hotra@pollub.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej
Pana mgr inż. Rafała Chorzępy pt.:
„Estymacja warunkowej wartości średniej elektrycznych sygnałów
skorelowanych w wybranych zastosowaniach pomiarowych”**

Promotor: prof. dr hab. inż. Adam Kowalczyk

Recenzja została przygotowana na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Naukowej
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki
Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza z dnia 18 lipca 2024 r. w sprawie powołania mnie
na recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora
mgr. inż. Rafałowi Chorzępie

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

W ostatnich latach można zaobserwować intensywny wzrost zastosowania wyników pomiarów we wszystkich dziedzinach: nauce, technice i przemyśle. W uzyskaniu wyników pomiarów zaangażowane są duże grupy badaczy i ponoszone są duże nakłady finansowe, a zakres i liczba mierzonych wartości oraz złożoność stosowanych narzędzi pomiarowych stale rośnie, co skutkuje wzrostem złożoności przeprowadzania pomiarów i analizy ich wyników. Dlatego bardzo istotna jest analiza wyników pomiarów pod względem ich wiarygodności i dokładności. Ważnymi i aktualnymi zadaniami pozostają: opracowanie nowych zasad pomiaru i poprawa właściwości metrologicznych, w tym dokładności pomiaru. W wielu przypadkach zwiększenie dokładności można osiągnąć tylko przy wykorzystaniu bardziej skutecznych metod opracowania wyników pomiarów. Badania możliwości zastosowania warunkowego uśredniania sygnałów w obszarze pomiarowego przetwarzania sygnałów stochastycznych są obiecującym kierunkiem badań w metrologii ze względu na możliwość zastosowania stosunkowo prostych modeli matematycznych, którym odpowiadają stosunkowo proste algorytmy ich realizacji. Ponadto istnieje możliwość uzupełnienia lub zastępowania dotychczas używanych metod badawczych, na przykład korelacyjnych lub widmowych,

stosując uśrednianie warunkowe sygnałów. Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy estymacji warunkowej wartości średniej elektrycznych sygnałów skorelowanych w wybranych zastosowaniach pomiarowych i jest kolejną pracą wykonaną pod promotorstwem prof. dr hab. inż. Adama Kowalczyka, który stworzył i rozwinął na Politechnice Rzeszowskiej szkołę naukową w zakresie badań zastosowania warunkowego uśredniania w różnych obszarach pomiarowego przetwarzania sygnałów. Wyniki badań przedstawione w rozprawie potwierdzają przydatność warunkowego uśredniania sygnałów w zastosowaniach pomiarowych oraz poszerzają jego możliwości aplikacyjne.

Recenzowana rozprawa doktorska obejmuje 145 stron, zawiera 7 rozdziałów, spis źródeł literaturowych. Rozdziały 2 - 6 rozprawy kończą się podsumowaniem, odnoszącym się do zagadnień analizowanych w każdym z tych rozdziałów. Na początku rozprawy zamieszczono wykaz ważniejszych oznaczeń, co znacznie ułatwiło czytanie pracy. Natomiast na końcu pracy zamieszczono dodatek: *A – Opis aplikacji wykorzystywanych w pracy doktorskiej*. W rozprawie zamieszczono również streszczenie w języku angielskim (brak jest streszczenia w języku polskim).

Treść rozprawy jest usystematyzowana, podział rozprawy na 7 rozdziałów uważam za logiczny i właściwy. Struktura rozprawy jest prawidłowa.

W Rozdziale **1. Wstęp** uzasadniono aktualność podjętej tematyki, przeanalizowano zastosowania warunkowego uśredniania w praktyce pomiarowej, określono cel i zakres pracy oraz opisano strukturę rozprawy.

W rozdziale **2. Modele sygnałów i układów w przetwarzaniu pomiarowym** zostały przeanalizowane modele sygnałów losowych i układy przetwarzające sygnały.

Rozdział **3. Modele warunkowej wartości średniej w przetwarzaniu sygnałów losowych** obejmuje opis modeli warunkowego uśredniania pojedynczych i opóźnionych sygnałów w dziedzinie wartości i czasu oraz modeli uśredniania modułów sygnałów.

W kolejnych rozdziałach 4 - 6 Autor zawarł wyniki badań w zakresie modelowania komputerowego i generowania sygnałów stochastycznych o zadanych charakterystykach funkcyjnych i liczbowych, estymacji warunkowej wartości średniej w wybranych zastosowaniach pomiarowych.

W rozdziale **4. Baza laboratoryjna do modelowania sygnałów losowych o zadanych charakterystykach i badania warunkowej wartości średniej** są przedstawione procedury komputerowego modelowania sygnałów losowych o rozkładach normalnych i określonych kształtach funkcji autokorelacji: liniowej, wykładniczej i wykładniczo-oscylacyjnej oraz charakterystyki gęstości widmowej mocy i autokorelacji sygnałów wyznaczanych eksperymentalnie za pomocą algorytmów numerycznych w LabVIEW. Omówiono również elektroniczne modelowanie sygnałów losowych o zadanych charakterystykach statystycznych, w szczególności charakterystyki sygnałów losowych z elektronicznych generatorów szumów dolnopasmowych o rozkładzie normalnym, które były wykorzystywane przez Autora do modelowania szumu o określonych charakterystykach skorelowania w badaniach dotyczących zastosowania metod warunkowego uśredniania sygnałów w praktyce pomiarowej. W rozdziale został przedstawiony eksperymentalny układ pomiarowy wykorzystany w badaniach przez Autora.

W rozdziale **piątym** Autor rozprawy zawarł teoretyczne i praktyczne wyniki badań w zakresie estymacji warunkowej wartości średniej w zadaniach identyfikacji sygnału.

W podrozdziale 5.1 Autor analizuje możliwość zastosowania warunkowej wartości średniej w ocenie stopnia powiązania statycznego. W sposób zwięzły przedstawiono kryteria oceny stopnia skorelowania zaproponowane przez Autora oraz przykłady eksperymentalnych unormowanych wykładniczej i oscylacyjno-wykładniczej charakterystyk warunkowej wartości średniej.

W podrozdziale 5.2 badano zastosowanie warunkowej wartości średniej w opisie powiązania statycznego serii wyników pomiarów. W rozdziale tym Autor przedstawił wyniki badań względnej niepewności standardowej oceny unormowanej funkcji autokorelacji z wykorzystaniem warunkowego uśredniania dla eksperymentalnej charakterystyki o kształcie wykładniczym oraz badań porównawczych zredukowanego względnego błędu standardowego oceny funkcji autokorelacji i względnej niepewności standardowej dla eksperymentalnych charakterystyk o kształcie oscylacyjno-wykładniczym. Autor również wyznaczył wartości rozrzutów charakterystyk funkcji autokorelacji oraz warunkowej wartości średniej.

W podrozdziale 5.3 przedstawiono zastosowanie warunkowej wartości średniej do wyznaczania interwału korelacji sygnałów o skorelowaniu wykładniczym i oscylacyjno-wykładniczym oraz wyniki modelowania charakterystyk wykładniczej i oscylacyjno-wykładniczej w celu analizy wpływu parametrów charakterystyk takich jak współczynnik α i okres drgań tłumionych T_w na interwał korelacji. Autor przedstawia badania charakterystyk warunkowej wartości średniej rzeczywistych sygnałów zbliżonych do modeli.

W podrozdziale 5.4 opisano zastosowanie warunkowej wartości średniej do wyznaczania niepewności średniej arytmetycznej. Autor analizuje wpływ skorelowania na wyznaczenie niepewności średniej arytmetycznej. W tym rozdziale zostały przedstawione wyniki badań eksperymentalnych sygnałów z wykładniczą oraz oscylacyjno-wykładniczą funkcją warunkowej wartości średniej.

W podrozdziale 5.5 omówiono i przeanalizowano wyniki badań obliczeniowych oraz eksperymentalnych błędu dynamicznego występującego podczas przetwarzania sygnału stochastycznego w inercyjnym układzie pomiarowym, w tym z zastosowaniem warunkowej wartości średniej sygnałów. Wykazano możliwości minimalizacji wartości błędu średniokwadratowego.

W podrozdziale 5.6 Autor przeprowadza analizę porównawczą zastosowania warunkowej wartości średniej sygnału opóźnionego oraz wartości warunkowej wartości średniej modułu sygnału opóźnionego do wyznaczania opóźnienia czasowego sygnału w odniesieniu do funkcji korelacji wzajemnej. W podrozdziale tym zostały przedstawione wyniki badań symulacyjnych i eksperymentalnych.

W rozdziale **szóstim** Autor rozprawy zawarł teoretyczne i praktyczne wyniki badań w zakresie estymacji warunkowej wartości średniej w zadaniach identyfikacji obiektu. Na podstawie przeprowadzonych badań obliczeniowych i eksperymentalnych Autor uzasadnia zastosowanie warunkowego uśredniania sygnałów stochastycznych w zadaniach identyfikacji obiektów.

W rozdziale 7. **Podsumowanie pracy i wnioski końcowe** przedstawiono czternaście punktów, które stanowią podsumowanie zrealizowanych przez Autora badań oraz prezentują najważniejsze wyniki w obszarze estymacji warunkowej wartości średniej elektrycznych sygnałów skorelowanych w wybranych zastosowaniach pomiarowych. Przedstawione zostały

kierunki dalszych badań, które warto zrealizować w tematyce pomiarowego zastosowania warunkowego uśredniania sygnałów.

Pracę kończy zawierająca 109 pozycji bibliografia. Dobór źródeł literaturowych jest właściwy. W spisie źródeł literaturowych umieszczone są dziesięć publikacji, których autorem lub współautorem jest mgr inż. Rafał Chorzępa:

[60] **Chorzępa, R.** (2023). Modelowanie komputerowe i generowanie elektroniczne sygnałów losowych o zadanych charakterystykach statystycznych, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 99, Nr 9, 185–191

[13] **Chorzępa, R.** (2021). Zastosowanie warunkowego uśredniania do oceny niepewności średniej arytmetycznej sygnałów losowych, *Przegląd Elektrotechniczny*, Vol. 97, Nr 9, 67–71

[48] **Chorzępa, R.** (2020). Analiza danych z przepływomierza osadu recykulowanego w oczyszczalni ścieków, *Propagacja i analiza sygnałów w wybranych systemach elektronicznych i telekomunikacyjnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 27–45

[24] **Chorzępa, R.; Hanus, R.** (2024). Modele sygnałów stochastycznych w badaniach statystycznych metod pomiaru prędkości wykorzystujących warunkowe uśrednianie, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 100, Nr 7, 117–120

[30] Kowalczyk, A.; **Chorzępa, R.** (2020). Processing accuracy of instantaneous values of a stochastic signal in an inertial measurement system, *Measurement Science Review*, Vol. 20, Nr 4, 157–161

[52] Hanus, R.; Zych, M.; **Chorzępa, R.**; Golijanek-Jędrzejczyk, A. (2020). Investigations of the methods of time delay measurement of stochastic signals using cross-correlation with the Hilbert Transform, 2020 IEEE 20th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 16-18 June 2020, 238–242

[31] Hanus, R.; Kowalczyk, A.; Szlachta, A.; **Chorzępa, R.** (2018). Application of Conditional Averaging to Time Delay Estimation of Random Signals, *Measurement Science Review*, Vol. 18, Nr 4, 130–137

[45] Kowalczyk, A.; Szlachta, A.; Hanus, R.; **Chorzępa, R.** (2017). Estimation of conditional expected value for exponentially autocorrelated data, *Metrology and Measurement Systems*, Vol. 24, Nr 1, 69–78

[14] Kowalczyk, A.; **Chorzępa, R.** (2016). Conditional averaging models of exponentially correlated data, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 92, Nr 9, 283–286

[41] **Chorzępa, R.**; Cieślak, R. (2013). Wstępna analiza danych z przepływomierza wody uzdatnionej w gminnej stacji uzdatniania wody, *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Elektrotechnika*, z. 33, Nr 289, 69–78

W rozprawie doktorskiej przedstawione zarówno nowe wyniki badań, jak również te, które zostały zawarte w publikacjach Autora, do których Autor odwołuje się w treści rozprawy. Należy zwrócić uwagę, że przez mgr inż. Rafała Chorzępę zostały wykonane następujące zadania badawcze: „Wykonanie badań pomiarowych procedur warunkowego uśredniania sygnałów” oraz „Opracowanie metodologii badań, ich wykonanie oraz opracowanie raportu na temat wybranych zastosowań pomiarowych warunkowego uśredniania elektrycznych sygnałów skorelowanych” w ramach programu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. „Regionalna Inicjatywa Doskonałości”. Wyniki prowadzonych badań z zakresu tematyki rozprawy doktorskiej zostały opublikowane w artykułach w czasopismach naukowych, również

były prezentowane na konferencji naukowej 2020 IEEE 20th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), 16-18 June 2020, Palermo, Italy. Trzy publikacje są jednoautorskie [60, 13,48], siedem publikacji [24, 30, 52, 31, 45, 14, 41] są współautorskie. Pozytywna ocena publikacji przez niezależnych recenzentów czasopism naukowych świadczy o aktualności podjętego przez Autora problemu, oryginalności oraz odpowiednim poziomie merytorycznym wyżej wymienionych publikacji. Ocenę udziału Autora w powstaniu tych publikacji utrudnia brak oświadczeń Autora lub współautorów o ich indywidualnym wkładzie w powstanie każdej z prac. Z rozprawy jednoznacznie nie wynika na czym polegał wkład Autora w opracowanie publikacji, dlatego należałoby precyzyjnie wskazać oraz udokumentować role Autora oraz innych współautorów uczestniczących w badaniach w zespołach badawczych.

Ogólna liczba cytowań publikacji naukowych Autora powiązanych tematycznie z rozprawą doktorską wynosi: 21 cytowań 7 publikacji (wg Bazy Web of Science) oraz 26 cytowań 8 publikacji (wg Bazy Scopus), a jego indeks Hirsha wynosi 3, co jest dobrym wynikiem przed obroną doktoratu.

Rozprawa jest przygotowana starannie, świadczy o dogłębnej wiedzy z zakresu podjętej tematyki badań, umiejętności przeprowadzenia analizy otrzymanych wyników oraz wyciągania właściwych wniosków. Rysunki i schematy są czytelne, ale opisy części rysunków są niekompletne.

Teza, cele i motywacja podjęcia tematu

Ze względu na dużą złożoność obecnie wykonywanych pomiarów oraz analizy ich wyników, istnieje potrzeba poszukiwania nowych metod, umożliwiających łatwą w opisie i realizacji analizę danych pomiarowych. Często wyniki pomiaru są statystycznie powiązane; istnieją przypadki, gdy nie można zastosować innych metod w pomiarach oprócz metod statystycznych. Nieuwzględnienie skorelowania w analizie metrologicznej danych może prowadzić do błędnych opracowań wyników pomiarów, dlatego analiza danych pomiarowych powinna być prowadzona z uwzględnieniem ich korelacji. W badaniach oceny powiązania statystycznego alternatywą dla metod korelacyjnych (złożonych matematycznie i trudnych w realizacji, oraz mało efektywnych dla analizy sygnałów) może być metoda warunkowego uśredniania, którą cechuje prostota i uniwersalność. Za pomocą uśredniania warunkowego można opisać zależności w dziedzinie wartości i czasu, natomiast istnieje niewiele publikacji dotyczących jego zastosowania w dziedzinie częstotliwości. Rozprawa doktorska zawiera analizę i uzasadnienie (na podstawie przeprowadzonych przez Autora badań eksperymentalnych oraz symulacyjnych) przydatności metrologicznej zastosowania metody warunkowego uśredniania sygnałów w pomiarach. Rozwój metody uśredniania warunkowego jest istotny dla poprawy dokładności i wiarygodności pomiarów. Wyniki badań przeprowadzonych przez Autora poszerzają nie tylko podstawy teoretyczne, ale także praktyczne zastosowanie warunkowego uśredniania sygnałów w złożonych systemach pomiarowych. Uważam, że podjęcie takiej tematyki badawczej jest aktualne i przydatne zarówno z punktu widzenia naukowego, jak i aplikacyjnego.

Tytuł rozprawy „Estymacja warunkowej wartości średniej elektrycznych sygnałów skorelowanych w wybranych zastosowaniach pomiarowych” odpowiada jej treści i określa rozważany w niej problem i zakres badań.

Cele pracy zostały sformułowane w **Rozdziale 1. Wstęp** i brzmią następująco:

Głównym celem pracy jest poszukiwanie nowych algorytmów w ocenach statystycznego powiązania sygnałów elektrycznych w wybranych zastosowaniach pomiarowych, które będą stosunkowo proste w opisie matematycznym i w zastosowaniach praktycznych. Szczegółowymi celami badawczymi pracy są: uproszczenie modeli matematycznych w przetwarzaniu sygnałów, dążenie do zwiększenia dokładności, mniejszych lub porównywalnych kosztów i czasu analizy krótszego lub porównywalnego jak dla metod korelacyjnych.

Cele pracy zawierają aspekty naukowo-badawcze, a uzyskane rezultaty badawcze pozwalają poszerzyć wiedzę w zakresie pomiarowego zastosowania warunkowego uśredniania sygnałów w zadaniach identyfikacji sygnału i identyfikacji obiektu. Stwierdzam, że założone cele pracy zostały osiągnięte.

Nie mniej jednak, pewnym mankamentem jest brak sformułowanej w dysertacji tezy odpowiadającej celom pracy, udowodnienie której ma aspekty poznawcze oraz znaczenie praktyczne.

Recenzowana rozprawa doktorska prezentuje dobry poziom naukowy, zawiera oryginalne i wartościowe wyniki. Autor wykazał się dobrym przygotowaniem w zakresie metod warunkowego uśredniania sygnału, umiejętnością prowadzenia symulacyjnych badań statystycznych metod pomiarowych, komputerowego modelowania sygnałów o zadanych charakterystykach statystycznych i zasad ich przetwarzania, modelowania matematycznych algorytmów przetwarzania sygnałów, tworzenia algorytmów obliczenia warunkowej wartości średniej co pozwoliło na osiągnięcie zamierzonych celów. Autor udowodnił, że potrafi wykonywać badania eksperymentalne i symulacyjne, interpretować uzyskane wyniki oraz formułować poprawne wnioski. W mojej opinii Autor jest dojrzałym naukowcem, który może umiejętnie posługiwać się zdobytą wiedzą przy planowaniu i prowadzeniu samodzielnych badań.

Ocena oryginalności rozprawy

Rozprawa poświęcona jest badaniu estymacji warunkowej wartości średniej elektrycznych sygnałów skorelowanych i zawiera wyniki badań teoretycznych i eksperymentalnych oraz przykłady wykorzystania estymacji warunkowej wartości średniej w zastosowaniach pomiarowych, np. identyfikacji sygnału i obiektu.

Za najważniejsze aspekty oryginalności pracy uważam:

– otrzymywanie sygnałów (szumów) o zadanych charakterystykach, które można wykorzystać do analizy warunkowej wartości średniej: zaprojektowanie filtrów cyfrowych, na których wejściu można podawać sygnały o zadanym rozkładzie prawdopodobieństwa. Szumy o skorelowaniu wykładniczym i oscylacyjno-wykładniczym na wyjściu filtrów miały rozkład prawdopodobieństwa zbliżony do normalnego;

– wykazanie wpływu nieuwzględnienia skorelowania na otrzymywanie wyników analiz w zależności od modelu oraz znaku skorelowania. Autor zaproponował własne kryteria oceny stopnia skorelowania. Analiza przydatności zastosowania uśredniania warunkowego do oceny stopnia powiązania statystycznego sygnałów liniowych i nieliniowych, mających rozkład prawdopodobieństwa normalny lub quasinormalny. Uzasadnienie wyznaczania powiązania

statystycznego z zastosowaniem warunkowego uśredniania sygnałów dla silnego skorelowania danych;

- przedstawienie modeli uśredniania warunkowego w badaniach stopnia powiązania statystycznego, które są alternatywą dla funkcji korelacji. Udowodnienie przydatności zastosowania uśredniania warunkowego pojedynczego sygnału do oceny stopnia powiązania statystycznego sygnałów (ocena stopnia skorelowania, wyznaczanie interwału korelacji, ocena niepewności średniej arytmetycznej). Udowodnienie przydatności zastosowania uśredniania warunkowego sygnału opóźnionego do wyznaczania parametrów odpowiedzi impulsowej układu;

- analiza rozrzutów charakterystyk warunkowej wartości średniej i funkcji autokorelacji wzajemnej dla sygnałów o skorelowaniu wykładniczym oraz oscylacyjno-wykładniczym;

- zastosowanie warunkowej wartości średniej do wyznaczenia interwałów korelacji dla sygnałów o skorelowaniu wykładniczym i oscylacyjno-wykładniczym. Analiza parametrów charakterystyk wpływających na zmniejszenie wartości zwykłego (dla sygnałów o skorelowaniu wykładniczym), bezwzględnego (dla sygnałów o skorelowaniu oscylacyjno-wykładniczym) oraz maksymalnego interwału korelacji, niepewności interwału korelacji;

- wykonanie oceny niepewności średniej arytmetycznej sygnałów skorelowanych wykładniczo i oscylacyjno-wykładniczo z zastosowaniem warunkowej wartości średniej. Analiza wpływu wartości odstępu próbkowania, liczby uśrednień i wartości progu detekcji uśredniania warunkowego na wartość niepewności średniej arytmetycznej dla sygnałów skorelowanych wykładniczo. Analiza wpływu znaku skorelowania na wartość niepewności średniej arytmetycznej dla charakterystyki oscylacyjno-wykładniczej, badania wartości niepewności średniej arytmetycznej dla pierwszego przejścia przez zero, lokalnego minimum, lokalnego maksimum. Wykazanie, że wartość niepewności średniej arytmetycznej wyznaczona z wykorzystaniem warunkowej wartości średniej jest zbliżona do wartości niepewności dla funkcji autokorelacji wzajemnej;

- analiza błędu dynamicznego występującego podczas przetwarzania sygnału stochastycznego w inercyjnym układzie pomiarowym, wprowadzającego opóźnienie sygnału wyjściowego. Wykazanie możliwości minimalizacji wartości średniokwadratowej błędu oraz uzasadnienie korekcji czasowej wartości pomiarowych w inercyjnym układzie pomiarowym.

- analiza zastosowania warunkowej wartości średniej sygnału opóźnionego i jego modułu do estymacji opóźnienia transportowego. Analiza niepewności standardowej estymacji wartości średniej sygnału opóźnionego i jego modułu w sąsiedztwie ich ekstremów; analiza niepewności standardowej opóźnienia dla dwóch modeli uśredniania warunkowego i porównanie z odpowiadającymi im wartościami niepewności dla funkcji korelacji wzajemnej;

- zastosowanie warunkowej wartości średniej sygnału opóźnionego do estymacji odpowiedzi impulsowej, która może być wykorzystana do identyfikacji obiektów liniowych i ich parametrów. Analiza parametrów układu inercyjnego I-go rzędu i układu oscylacyjnego II-go rzędu. Wykazanie że wartości parametrów (stałej czasowej, stopnia tłumienia, pulsacji własnej, pulsacji rezonansowej) wyznaczonych metodami klasycznymi i za pomocą warunkowego uśredniania są zbliżone.

Reasumując, z uwagi na brak kompleksowych badań w zakresie problematyki estymowania warunkowej wartości średniej elektrycznych sygnałów skorelowanych w zastosowaniach metrologicznych, za ważne osiągnięcie Autora uważam istotne poszerzenie

wiedzy w obszarze pomiarowego zastosowania warunkowego uśredniania. Na podstawie zrealizowanych badań Autor udowodnił, że ze względu na prostotę opisu matematycznego oraz wykonywania obliczeń warunkowa wartość średnia może być wykorzystana do oceny stopnia skorelowania sygnałów losowych, interwału korelacji, wartości niepewności średniej arytmetycznej, opóźnienia transportowego, wartości parametrów odpowiedzi impulsowej i parametrów układu przetwarzającego.

Uwagi krytyczne, pytania

Rozprawa doktorska nie zawiera istotnych uchybień i błędów. Przedstawione poniżej uwagi krytyczne nie miały wpływu na moją pozytywną ocenę merytoryczną rozprawy doktorskiej.

Uwagi:

1. Do słabych stron rozprawy zaliczam brak sformułowanej w rozprawie tezy. Proszę Autora o ustosunkowanie się do braku tezy w dysertacji.
2. Szczegółowymi celami badawczymi pracy są: uproszczenie modeli matematycznych w przetwarzaniu sygnałów, dążenie do zwiększenia dokładności, mniejszych lub porównywalnych kosztów i czasu analizy krótszego lub porównywalnego jak dla metod korelacyjnych. W jaki sposób Autor rozprawy oszacował te koszty oraz czas analizy?
3. Proszę o sprecyzowanie ograniczenia praktycznego zastosowania warunkowego uśredniania sygnałów w technice pomiarowej.
4. W rozprawie zostały zamieszczone kierunki dalszych badań. Czy mógłby Pan przybliżyć uzasadnienie podjęcia tych badań?
5. Brak spójności stosowanych oznaczeń. Autor stosuje te same symbole do oznaczania różnych wielkości: α – poziom istotności, względna wartość progowa, kąt nachylenia charakterystyki; T – okres sygnału, stała czasowa, temperatura; k – krok funkcji autokorelacji, krok uśredniania, stała Boltzmanna, liczba całkowita, wzmocnienie; τ – przesunięcie czasowe, interwał, opóźnienie czasowe. W opinii Recenzenta, te same symbole nie powinny być stosowane do oznaczania różnych wielkości.

6. Uwagi dotyczące rysunków:

Brak legendy kolorów wykresów (np. rys. 5.3, 5.5-5.8) utrudnia ich analizę. Proszę o wyjaśnienie legendy kolorów tych wykresów.

Czy podpis „Grafiki sygnałów” (rys. 5.24) ma oznaczać „Wykresy sygnałów”?

Brak oznaczeń: 1- $x(t)$; 2- $y(t)$ - na rys. 5.24.

Niewłaściwe podpisy rys. 5.27: 1 - sygnał wejściowy $x(t)$; 2 - sygnał wyjściowy $y(t)$ (brak oznaczeń 1 i 2 na rys.5.27).

7. W pracy dostrzeżono liczne błędy: literówki, np. brak liter w wyrazach; brak znaków interpunkcyjnych: przecinków, kropek, spacji; zła odmiana przez przypadki; powtórzenia wyrazów, wynikające np. z błędnego wklejenia, itp. Niedociągnięcia

edytorskie nie utrudniają zrozumienia pracy i nie mają większego wpływu na ocenę końcową rozprawy.

Wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że uzyskane w pracy wyniki są oryginalne w zakresie teoretycznych i eksperymentalnych badań estymacji warunkowej wartości średniej elektrycznych sygnałów skorelowanych, zawierają elementy nowości naukowej, mają praktyczne zastosowanie w metrologii elektrycznej i stanowią podstawę do dalszych badań w obszarze pomiarowych zastosowań warunkowego uśredniania sygnałów. Przedstawione w rozprawie cele zostały osiągnięte. Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Rafała Chorzępy poszerza dotychczasowy stan wiedzy na temat uśredniania warunkowego, jego zastosowania w zadaniach identyfikacji sygnału i obiektu oraz stanowi ważny wkład w rozwój dyscypliny naukowej „Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne”. Autor wykazał się dobrą znajomością tematyki podjętej w pracy oraz umiejętnością prowadzenia pracy naukowo-badawczej.

Uważam, że rozprawa doktorska spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim, zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U z 2023 r. poz. 742). Na podstawie powyżej przedstawionej argumentacji, stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Rzeszowskiej o przyjęcie ocenianej pracy oraz dopuszczenie Pana mgr inż. Rafała Chorzępy do dalszych etapów procesu doktoryzowania.

Oleksandra Motra