

Dr hab. inż. Wojciech Hunek, Prof. Politechniki Opolskiej  
Katedra Automatyki  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki  
i Informatyki  
Politechnika Opolska  
ul. Prószkowska 76  
45-758 Opole  
w.hunek@po.edu.pl

Opole, 17.08.2022

**Recenzja pracy doktorskiej**  
**Pana mgra inż. Sławomira KOCONIA**  
**pt. *„Synteza i analiza właściwości dyskretnych filtrów***  
***wycinających o niezerowych warunkach początkowych***  
***i zmiennych w czasie parametrach*’**

Niniejsza recenzja dotyczy rozprawy doktorskiej pt. *„Synteza i analiza właściwości dyskretnych filtrów wycinających o niezerowych warunkach początkowych i zmiennych w czasie parametrach*’ autorstwa Pana mgra inż. Sławomira Koconia, złożonej w formie zbioru powiązanych tematycznie artykułów naukowych w dyscyplinie automatyka, elektronika i elektrotechnika, objętej dziedziną nauk inżynieryjno-technicznych. Promotorem pracy doktorskiej jest Pan Prof. dr hab. inż. Jacek Piskorowski, kierownik Katedry Inżynierii Systemów, Sygnałów i Elektroniki Wydziału Elektrycznego Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Wykonanie recenzji zlecono postanowieniem Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, normowanym uchwałą nr 159 z dnia 27 czerwca 2022 roku. Przewód doktorski został wszczęty w dniu 29.11.2012 roku w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie elektrotechnika.

1. Geneza

Problematyka cyfrowego przetwarzania sygnałów przeżywa ciągły rozwój ze względu na liczne implementacje teoretyczne oraz praktyczne. Zadania cyfrowego przetwarzania znaleźć można w wielu obszarach, głównie pogranicza telekomunikacji, automatyki, informatyki, czy wreszcie elektroniki, elektrotechniki i medycyny. Obecnie trudno się obejść bez współczesnych osiągnięć dyskutowanej dziedziny nauki, a w licznych przypadkach jest to wręcz niemożliwe. Mowa tu o stosowanych w medycynie newralgicznych systemach diagnostyki, czy wręcz potrzymania życia, także wszelkich systemach komunikacyjnych, złożonych



systemach akwizycji i przetwarzania danych zarówno stowarzyszonych z obrazem, jak i dźwiękiem, sprzęcie AGD i wielu jeszcze innych systemach, bezpośrednio wpływających na bezpieczeństwo i komfort życia ich użytkowników. Stąd, mając na uwadze systematyczny postęp, a przede wszystkim wyzwania problematyki cyfrowego przetwarzania sygnałów, a także wszystkie wartości dodatnie wynikające z jego stosowania, z przekonaniem uważam, że tematyka eksplorowanej na przestrzeni lat przedłożonej rozprawy doktorskiej jest w pełni zasadna i potrzebna z punktu widzenia wyzwań dzisiejszego świata.

Zasadniczym celem opiniowanej pracy doktorskiej jest wprowadzenie autorskich metod komputerowego przetwarzania sygnałów na potrzeby syntezy wąskopasmowych cyfrowych filtrów wycinających, charakteryzujących się zmiennymi w czasie parametrami i niezerowymi warunkami początkowymi, głównie w kontekście ograniczania stanów przejściowych, przy zachowaniu predefiniowanych właściwości częstotliwościowych. Tak postawiony cel doprowadził do sformułowania tezy rozprawy doktorskiej podanej przez Autora w następującej formie:

*„W związku z powyższym, jako tezę pracy przyjęto możliwość redukcji czasu trwania oraz amplitudy stanu przejściowego w cyfrowych wąskopasmowych filtrach wycinających poprzez zastosowanie niezerowych warunków początkowych i uzmiennienie w czasie wybranych parametrów filtra.”*

Zbiór tematycznie dobranych i starannie omówionych 13 współautorskich publikacji w dobrze przygotowanej merytorycznie oraz redakcyjnie dysertacji wychodzi naprzeciw postawionej tezie. Chronologiczne następowanie po sobie zestawionych artykułów potwierdza systematyczność prowadzenia prac badawczych oraz dużą erudycję naukową ich Autorów.

## 2. Zbiór powiązanych tematycznie artykułów naukowych

Przedłożony cykl publikacji składa się z artykułów o zasięgu krajowym, a także zagranicznym. Znaleźć tu można prace wydane w periodykach z tzw. „listy filadelfijskiej”, a także pozycje flagowej konferencji o zasięgu międzynarodowym Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR). Zbiór publikacji został uzupełniony dobrze przygotowanym opisem bibliometrycznym, zgodnym z obowiązującym wykazem czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych. Dla pięciu publikacji wykazano tzw. „współczynnik oddziaływania” (ang. impact factor) z będącą na dobrym poziomie średnią równą 2.453 punktów na jedną publikację. Należy tu zaznaczyć, że podana charakterystyka artykułów nieznacznie mija się rzeczywistością w kontekście



podanych współczynników oddziaływania i przynależności publikacji do koszyka artykułów tzw. „filadelfijskich”. Natomiast dla dwóch kluczowych publikacji wydanych w periodyku IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, dyskutowany wskaźnik został znacznie zaniżony, co w pewien sposób potwierdza nadmiar, niekoniecznie zbieżnych, informacji, które można znaleźć w Internecie. Osiem artykułów prezentowanych było na konferencji MMAR.

Analizując cykl publikacji należy jednoznacznie stwierdzić, że jest on wyczerpujący i nie budzi żadnych zastrzeżeń, a wartość naukowa zestawionych prac jest wysoka. Trudno znaleźć w dorobku młodych pracowników nauki pozycje o zasięgu międzynarodowym, a zarazem publikowane w periodykach z wysokim współczynnikiem oddziaływania. Rzecz o tyle ważna, bo dyskutowane wcześniej dwie publikacje, wydane w czasopiśmie pod auspicjami IEEE, w znaczącym stopniu stanowią uwieńczenie prac badawczych prowadzonych na przestrzeni lat. Drobny niedosyt budzi natomiast ogólna liczba pozycji wypracowanych od roku 2012 – średnio jedna wydana publikacja na jeden rok działalności naukowo-badawczej. Znamionym jednak jest, że dwie kluczowe prace wydane zostały w periodyku IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement odpowiednio w latach 2021 i 2022. Wraz z pozostałymi pozycjami świadczy to o dobrze planowanych i systematycznie prowadzonych pracach naukowych. Istotną wartością dodaną jest fakt referowania przez Kandydata otrzymanych rezultatów na międzynarodowej prestiżowej konferencji MMAR, co rzadko się zdarza wśród młodych naukowców.

### 3. Wartość merytoryczna cyklu publikacji

Znamionym jest, że wszystkie przedłożone publikacje doczekały się niezależnych recenzji, uprawniających do wydania artykułów w czasopismach oraz materiałach konferencyjnych. Tematyka prac obejmuje zarówno warstwę teoretyczną, jak i praktyczną. Osiągnięte rezultaty symulacyjne zostały potwierdzone w praktyce z wykorzystaniem autorskich demonstratorów technologii, które w mojej opinii, mogłyby doczekać się implementacji w przemyśle. Badania analityczne przeprowadzono głównie w oparciu o zbiór wskaźników jakości, uwzględniających stosunek sygnału do szumu, współczynnik korelacji sygnału niezakłóconego do odpowiedzi filtra, błąd średniokwadratowy pomiędzy sygnałem niezakłóconym, a odpowiedzią filtra, czy procentową średnią kwadratową sygnału zakłóconego do sygnału bez zakłóceń. Wskutek zastosowania szeregu nowatorskich technik i scenariuszy wykazano, że można znacząco wpłynąć na skrócenie czasu oraz obniżenie amplitud sygnałów w stanach przejściowych filtrów przy zachowaniu ich właściwości



częstotliwościowych. Rezultaty otrzymanych badań dotyczyły zarówno filtrów o skończonej, jak i nieskończonej odpowiedzi impulsowej.

Puentując uzyskane wyniki można jednoznacznie stwierdzić, że wybrana struktura dyskretnego filtra wycinającego oraz użyta metoda lub kombinacja metod estymacji wybranych jego parametrów bezpośrednio wpływają na poprawę własności dynamicznych omawianych systemów, co ma kluczowe znaczenie podczas filtracji np. sygnałów EEG, EMG, czy EKG. Wszystkie zestawione wyniki potwierdziły, że nowatorskie rozwiązania prezentowane w ramach dysertacji przynoszą oczekiwane wymierne efekty dzięki coraz bardziej wydajnym, a przy tym przystępnym obliczeniowo, implementacjom dyskutowanych filtrów. Autorskie opracowania w postaci uzmienniania w czasie promienia biegunów niestacjonarnego filtra w skończonym horyzoncie czasowym wraz z pochodnymi (warstwa optymalizacyjna), czy predefiniowanie niezerowych warunków początkowych (projekcja wektorowa, B-sklejana oraz krzywe Béziera z heurystyczną warstwą optymalizacyjną, wykorzystującą algorytm genetyczny, czy algorytm symulowanego wyżarzania) to podejścia ciekawe, warte podjęcia wysiłku badawczego w przyszłości. Co więcej, prowadzone badania wpływu arytmetyki zmiennoprzecinkowej oraz stałoprzecinkowej 8 i 16 bitowej na proces wyznaczania współczynników filtra w czasie rzeczywistym to duży krok w kierunku implementacji nowych rozwiązań na mikrokontrolerach. Ciekawym rozwiązaniem wydaje się być także koncepcja przedstawionego w pracach niestacjonarnego filtra o skończonej odpowiedzi impulsowej i niezerowych warunkach początkowych, bazującego na strukturze liniowego stacjonarnego filtra Kalmana o nieskończonej odpowiedzi impulsowej, do płynnej zmiany szerokości pasma zaporowego w zadaniach szybkiej filtracji sygnału EMG. Podobne autorskie rozwiązanie znaleźć można w przypadku projektowania cyfrowego wąskopasmowego filtra zaporowego powstałego w oparciu o prototypowy filtr wszechprzepustowy, gdzie szerokość pasma zaporowego jest funkcją czasu, a dobór parametrów przeprowadza się na bazie algorytmu symulowanego wyżarzania w odniesieniu do zbioru częstotliwości lub każdej z nich z oddzielną. Dobrym podejściem jest tutaj implementacja wcześniej zdefiniowanych tablic przeglądowych w celu szybkiej adaptacji filtra. Natomiast treści kluczowych artykułów A11-A13 to solidna agregacja wypracowanych na przestrzeni lat rezultatów działalności naukowo-badawczej w kierunku nowych obserwacji, a także implementacji teoretycznych oraz praktycznych obejmujących również filtrację bardzo krótkich sygnałów w postaci potencjałów węzłowych. Tutaj prym wiodą rozwiązania uwzględniające zmienny promień biegunów filtra oraz możliwie krótki wektor wartości początkowych determinujący mniejsze opóźnienia podczas procesu filtracji. Znamiennym jest, że dosyć często w badaniach przewija się istotny wątek stabilności, a weryfikacja otrzymanych wyników odbywa się w



oparciu o różne sygnały z wykorzystaniem wielu struktur filtrów i środowisk (np. Raspberry Pi, Matlab/Simulink), także filtrów eliptycznych, czy grzebieniowych.

#### 4. Konkluzja

Reasumując, po szczegółowej analizie przedłożonej do recenzji pracy doktorskiej w postaci tematycznie powiązanych artykułów naukowych należy stwierdzić, że Pan mgr inż. Sławomir Kocoń wykazał się bardzo dobrą znajomością zagadnień tematycznie powiązanych z syntezą dyskretnych filtrów wycinających. Naturalnie, dyskutowaną syntezę należy głównie rozumieć zarówno w kontekście doboru niezerowych warunków początkowych filtrów, jak i estymacji zmiennych w czasie ich parametrów, tj. dwóch metod bezpośrednio skutkujących redukcją czasu trwania i amplitudy stanów przejściowych filtrów. Tożsamy współautorski wkład procentowy w realizację opiniowanych publikacji dodatkowo świadczy o szerokiej wiedzy Kandydata. Ponadto, w jedenastu publikacjach Pan mgr inż. Sławomir Kocoń jest autorem wiodącym, natomiast dziesięć artykułów opracował wyłącznie z Promotorem. Dodatkową wartością dodaną jest fakt realizacji czterech prac naukowych w ramach grantu badawczego.

#### 5. Uwagi

Odnosnie do strony redakcyjnej rozprawy doktorskiej, to jest ona bez zastrzeżeń. Drobne błędy stylistyczne i typograficzne nie obniżają jej ogólnie wysokiej wartości merytorycznej. W przyszłości jednak Kandydat pisząc artykuły w języku polskim powinien dla rzeczowników policzalnych stosować słowo liczba. W wielu miejscach pracy błędnie używane jest słowo ilość, mylnie sugerując następowanie po nim rzeczowników niepoliczalnych (a tak nie jest, dla przykładu: ilość próbek, ilość częstotliwości). Ponadto, w wykazie pełnych tekstów artykułów brak jest pozycji A8. Prawdopodobnie w jej miejscu błędnie umieszczono inną publikację.

Po lekturze przedłożonej dokumentacji recenzentowi nasunęło się kilka pytań wartych do omówienia podczas obrony pracy doktorskiej (do pytań 3-6 proszę ustosunkować się w sposób pisemny i przesać opracowanie na adres: [w.hunek@po.edu.pl](mailto:w.hunek@po.edu.pl)). Brzmiały one następująco:

1. W ramach zestawionych problemów otwartych Autor rozprawy doktorskiej zamierza prowadzić badania uzmienniania parametrów filtrów według przyjętej funkcji celu. Proszę wyjaśnić, na czym takie badania miałyby polegać.



2. Ciekawym problemem otwartym, wskazanym przez Autora, jest przeniesienie rozważań prowadzonych w ramach pracy doktorskiej na filtry ułamkowego rzędu. Czy tutaj Autor dysertacji ma już wstępne przemyślenia?
3. Na stronie 27 przedłożonego opracowania Autor rozpatruje problem tzw. „zatrzymania czasu” w kontekście badania stabilności/niestabilności niestacjonarnych filtrów NOI. Proszę rozwinąć dyskutowane zagadnienie.
4. Czy istotna cecha nieminimalnofazowości znacząco wpływa/może wpływać na prezentowane w ramach dysertacji wyniki dotyczące skrócenia czasu i/lub ograniczenia amplitudy stanów przejściowych filtrów dynamicznych?
5. Czy w ramach realizacji prac badawczych uwzględniono aspekt powtarzalności otrzymanych wyników? Czy był on w ogólnie wymagalny?
6. Która z technik, zdaniem Autora, ma większe oddziaływanie podczas ich wspólnego stosowania w celu redukcji czasu stanów przejściowych: metoda uzmienniania parametrów filtra, czy metoda projektowania predefiniowanych warunków początkowych? Czy były prowadzone wcześniej podobne oszacowania?

**Podsumowując, z przekonaniem uważam, że teza recenzowanej pracy doktorskiej została udowodniona i rozprawa spełnia wymogi obowiązującej ustawy sejmowej. Zatem wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr inż. Sławomira Koconia do publicznej obrony pracy doktorskiej przed Radą Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.**

