



## 1. Tytuł projektu:

Regulatory wielowątkowe dla systemów przekształcania energii w elektromobilności

## 2. Słowa kluczowe

regulator stanu, napęd elektryczny, sterowanie nieliniowe, regulator wielowątkowy

## 3. Instytucja finansująca (nr umowy)

Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza (04/IDUB/2019/94)

## 4. Okres realizacji

01.07.2020-31.12.2021

## 5. Dofinansowanie (w tym w 2021)

192 050,00

## 6. Partnerzy

-

## 7. Kierownik projektu

Dr inż. Marek Michalczuk

## 8. Zespół projektowy

Dr inż. Marek Michalczuk

Dr inż. Andrzej Gatecki

Dr hab. inż. Bartłomiej Ufnalski, prof. uczelni

## 9. Cel projektu (max. 1000 znaków)

Celem projektu jest opracowanie i rozwój metod sterowania energoelektronicznymi układami przekształcania energii w elektromobilności. Tematyka projektu dotyczy nowej autorskiej metody sterowania wielowątkowego, która odznacza się wysoką jakością regulacji w zakresie śledzenia wartości zadanej i tłumienia zakłóceń, przy jednoczesnej możliwości ograniczenia zakresu zmian zmiennych stanu obiektu regulacji i zakresu sygnału sterującego.

## 10. Streszczenie (max. 1 strona)

W Zakładzie Napędu Elektrycznego opracowaną autorską metodę sterowania wielowątkowego dla przekształtnikowych układów przetwarzania energii. Celem zadania badawczego było



opracowanie metody regulacji, która jednocześnie umożliwi wykorzystanie regulatorów ze sprzężeniem od wektora stanu, jak i pozwala na bezpośrednie zadawanie ograniczeń na poszczególne zmienne stanu i sygnał sterujący bez wykonywania obliczeń na podstawie modelu obiektu.

Opracowana metoda może być postrzegana jako przełomowe rozwiązanie pozwalające sprostać wyzwaniu, jakim jest narzucanie ograniczeń w układzie regulacji z sprzężeniem od pełnego wektora stanu. W proponowanej metodzie regulacji dana zmienna stanu jest stabilizowana na wartości progowej za pomocą oddzielnego regulatora ze sprzężeniem zwrotnym. Cały regulator składa się zatem z zestawu regulatorów stanów, które działają w równoległych wątkach sterowania. Dla takiej struktury można wyróżnić główny regulator stanu z zewnętrznym sygnałem odniesienia i regulatory pomocnicze z wewnętrznymi sygnałami referencyjnymi ustawionymi na pożądane wartości progowe ograniczeń, które mają być nałożone na każdy ze stanów fizycznych rozważanego obiektu regulacji. Oznacza to, że mikrokontroler realizujący algorytm sterowania w każdym kroku obliczeniowym wykonuje obliczenia wszystkich regulatorów ze sprzężeniem od wektora stanu. Dodatkowo, jeśli struktura regulatorów stanu została rozszerzona o pomocnicze człony całkujące do kompensacji zakłóceń stałych, stosowany jest algorytm anti-windup'u, aby utrzymać na pożądanym poziomie stany pomocnicze dla regulatorów, których wyjście w danej chwili nie jest sygnałem sterującym obiektu regulacji. Mediana obliczonych sygnałów sterujących jest przekazywana jako sygnał sterujący w procesie regulacji. Tak prosty w działaniu i skuteczny sposób radzenia sobie z ograniczeniami w układach przekształtnikowych wykorzystujących sterowanie ze sprzężeniem od stanu nigdy nie był wcześniej prezentowany.

Proponowana metoda łączy w sobie niewątpliwe zalety regulatora ze sprzężeniem od wektora stanu z efektywną metodą wprowadzania ograniczeń dla zmiennych stanu i sygnału sterującego charakterystyczną dla kaskadowych struktur regulacji. Regulator wielowątkowy jest nowatorskim i oryginalnym pomysłem, dla którego autorzy wykonali zgłoszenie patentowe.

### **11. Dotychczasowe osiągnięcia (max 2000 wyrazów)**

Wykonane zostało zgłoszenie patentowe P15303/WP/25/19. Rezultaty prac zostały opublikowane w jednym z najbardziej renomowanych czasopism z obszaru energoelektroniki *IEEE Transactions on Industrial Electronics* (IF = 7.515)

### **12. Publikacje**

M. Michalczuk, B. Ufnalski and L. M. Grzesiak, "Imposing Constraints in a Full-State Feedback System Using Multithreaded Controller," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, doi: 10.1109/TIE.2020.3044778.

## 13. Materiały graficzne

