

Prof.dr hab. inż. Antoni Szumanowski

Politechnika Warszawska

## **Opinia o pracy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Tworka „Wybrane aspekty energochłonności instalacji elektrycznych w pojazdach”**

W opiniowanej pracy mgr inż. Bartłomiej Tworek zawarł analizę poboru mocy przez poszczególne odbiorniki istniejących konstrukcji samochodowych instalacji elektrycznych o napięciu 12 V. Jej wynikiem jest konkluzja Autora, że w pojazdach o instalacji przesyłających energię o odpowiednio dużej mocy, przypadek samochodów wyższej klasy, konieczne jest zastosowanie systemu dwunapięciowego 12V/48V. Oczywistym jest, że zastosowanie dla najbardziej energochłonnych odbiorników napięcia 48V zmniejszy prądy obciążeniowe w stosunku do napięcia 12V, tym samym zmniejszając straty w przewodach a także emisję ciepła szczególnie na ich złączach. Oczywistym jest też, że ze względu na masową produkcję odbiorników w sieci samochodowej, część z nich będzie miało napięcie nominalne 12V. Powstaje więc problem rozdziału mocy ze względu na napięcie zasilania. Stąd konieczność konstrukcji odpowiedniego sterownika współpracującego z przetwornicą DC/DC. Szczególnie jest to ważne w przypadku, gdy samochodową sieć energetyczną 12/48V wyposażono w akumulator litowo-jonowy. Fakt ten powoduje dalszą konkluzję, intuicyjnie przewidywalną, mianowicie aby uniknąć nadmiernych strat energetycznych, mas, kosztów instalacji, należy zastosować zasilającą szynę zbiorczą współpracującą z Sterownikiem Centralnej Dystrybucji Energii, przetwornicą DC/DC oraz akumulatorem kwasowym 12V. Autor zaproponował właściwe rozwiązanie do którego doprowadziło Go przeprowadzenie odpowiednich pomiarów własnej konstrukcji 10 kanałowym amperomierzem oraz dokonanie analizy optymalizacyjnej na podstawie właściwie adoptowanego wielokryterialnego modelu decyzyjnego ANP ( Analytic Network Process ). Trzeba w tym miejscu podkreślić, że Autor podjął się także analizy przypadku zastąpienia w części sieci złożonej z przewodów miedzianych przewodami aluminiowymi w tym przede wszystkim szyny zasilającej. Warunkiem oczywistym jest, by energochłonność oraz bezpieczeństwo instalacji pozostało takie samo a zastosowanie aluminium zmniejszyło koszty oraz masę przewodów. W tym kontekście Autor z wiedzą i praktyką konstrukcyjną wymienia i definiuje wszystkie ograniczenia wynikające z technologii złączy, rozszerzalności cieplnej, korozji, parametrów izolacji przy porównaniach sieci miedzianej i aluminiowej. Wsuwa wniosek w jakich przypadkach możliwe są przewody aluminiowe, co skutkuje możliwością konstrukcji sieci dwunapięciowej zbudowanej z dwóch różnych materiałów. Autor wykazał więc, że możliwa jest konstrukcja instalacji elektrycznej o właściwej topologii w nowoczesnych pojazdach, minimalizującej straty mocy, spadki napięć, ograniczającej masy przewodów przy jednoczesnym spełnieniu kryteriów bezpieczeństwa, ekonomicznych i środowiskowych.

Tym samym cel oraz teza pracy zostały przez Autora osiągnięte.

### **Aktualność i znaczenie opiniowanej pracy**

Rozwój samochodów wiąże się z coraz większym zastosowaniem elektrycznych elementów wykonawczych, sterowników oraz systemów elektronicznych. Skutkuje to zwiększeniem poboru mocy oraz rozbudowa instalacji elektrycznej nie tylko energetycznej ale także informacyjnej takiej jak CAN czy PLC. Z tego powodu opiniowana praca jest ważna i bardzo na czasie.

Szczególne znaczenie opracowanej w pracy koncepcji instalacji dwuźródłowej ma miejsce w napędach „mild hybrid”, w których stosowana jest sieć 48/12V. Autor zauważa taki przypadek, aczkolwiek nie jest on głównym celem Jego badań.

### **Ocena pracy**

Opiniowana praca ma przede wszystkim znaczenie inżynierskie w tym sensie, że Autor opracował wielokryterialną metodę wspomagającą projektowanie instalacji elektrycznej współczesnych pojazdów. Przeprowadzona przez Niego analiza przykładowych istniejących konstrukcji oraz odpowiedniej literatury doprowadziła do opracowania własnej koncepcji instalacji elektrycznej w postaci sieci dwuźródłowej z szyną zasilającą, stosowanej w przypadku samochodów, w których istnieje odpowiednio duże zapotrzebowanie na energię i moc.

W tym celu Autor zaprojektował i oprogramował 10-kanalowy amperomierz. Opracował oryginalny projekt Sterownika Centralnej Dystrybucji Energii ( SCDE ) , jego model oraz ogólne algorytmy sterowania w instalacji dwuźródłowej wyposażonej w szynę zasilającą. Funkcje sterujące SCDE zaprojektowane zostały w odniesieniu do szyny zasilającej łączącej akumulator litowo jonowy z SCDE wraz z układem zabezpieczającym e-Fuse, akumulatora rozruchowego, alternatora, przetwornicy DC/DC a także ładowania sieciowego akumulatora litowo-jonowego. Ponadto w SCDE uwzględnił funkcję modułu transmisji danych.

W celu porównania różnych koncepcji topologii instalacji elektrycznych opracował wskaźniki techniczno ekonomiczne, współczynniki dostępu i wykorzystania mocy w obwodach elektrycznych 12/48V.

Istotnym elementem omawianej metody projektowania instalacji elektrycznych samochodów jest dokonana przez Autora ocena koncepcji „decentralizacji źródeł zasilania”. Adoptował więc analityczny proces sieciowy ANP ( Analytic Network Process ) do oceny rozwiązań technicznych poprzez analizę BOCR ( Benefits Opportunities Costs Risks ) jako procedury optymalizującej wielokryterialną decyzję z odpowiednimi współczynnikami wagi odniesionymi do przyjętych kryteriów. Otrzymane rozwiązania decyzyjne poddał ocenie wrażliwości, stosując oprogramowanie Super Decisions.

**Wymienione osiągnięcia Autora uważam za ważne i oryginalne niezbędne do projektowania instalacji elektrycznych współczesnych pojazdów.**