

Redukcja wpływu zakłóceń pola elektromagnetycznego na czujnik momentu lekkiego pojazdu elektrycznego

Streszczenie. Artykuł dotyczy redukcji wpływu zakłóceń elektromagnetycznych na system pomiarowy lekkiego pojazdu elektrycznego projektowanego, w ramach projektu Silesian Greenpower, przez studentów Politechniki Śląskiej. Przeprowadzenie badań na stacjonarnym stanowisku badawczym miało na celu zaproponowanie rozwiązań minimalizacji powstałych zakłóceń. W ramach badań symulowano przejazd lekkiego pojazdu i zbadano wpływ powstałych zakłóceń na czujnik pomiaru moment.

Abstract. The article concerns the reduction of the influence of electromagnetic interference on the measurement system of a light electric vehicle designed, as part of the Silesian Greenpower project, by students of the Silesian University of Technology. The tests carried out at the laboratory station were to minimize the disturbances. During laboratory tests simulated driving of the light vehicle and investigated the effect of the resulting disturbances on the torque sensor. **(Reducing interference of the electromagnetic field on the torque sensor of the light electric vehicle).**

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne, lekki pojazd elektryczny.

Keywords: electromagnetic field, the light vehicle.

Wstęp

Pole elektromagnetyczne jest z nami od zawsze. Rozwój technologiczny spowodował wzrost poziomu natężenia pola elektromagnetycznego, dlatego jego wpływ na człowieka, środowisko, jak również na urządzenia elektryczne oraz elektroniczne, coraz częściej staje się tematem rozważań środowisk naukowych [1]. Fakt ten związany jest z szkodliwością jaką niesie za sobą występowanie tego „niewidzialnego intruza”. Zachodzi potrzeba badania pola elektromagnetycznego emitowanego przez urządzenia do otoczenia oraz podjęcia prób w kierunku niwelacji lub ograniczenia powstałych zakłóceń, które wywołuje [2].

Wzrost poziomu natężenia pola elektromagnetycznego negatywnie wpływa na otoczenia, zmuszając środowisko badawcze do analiz nad problematyką redukcji i niekorzystnych oddziaływań tego pola na istoty żywe jak również i urządzenia (przed wszystkim pomiarowe).

W artykule omówiono możliwość redukcji zakłóceń elektromagnetycznych badanego czujnika momentu stosowanego w lekkich pojazdach elektrycznych projektowanych, w ramach projektu Silesian Greenpower, przez studentów Politechniki Śląskiej [3] oraz przedstawiono analizę przeprowadzoną na stacjonarnym stanowisku badawczym zwanym hamownią [4].

Celem badań jest podniesienie efektywności układów pomiarowych projektowanych pojazdów elektrycznych i niwelacji zakłóceń, które mogą negatywnie wpłynąć na proces pomiarowy prowadzony w czasie jazdy bolidów elektrycznych.

Inspirując się ciągłym rozwojem przemysłu motoryzacyjnego, w lekkim samochodzie elektrycznym został zabudowany system pomiarowy stworzony przez zespół Silesian Greenpower. Zastosowanie systemu pomiarowego w bolidzie umożliwia podgląd aktualnego stanu pojazdu oraz zapis danych pomiarowych na kartę pamięci. Możliwa jest wobec tego analiza przebiegu wyścigu, a następnie konfrontacja z wynikami przeprowadzonych symulacji.

Cel stosowania systemu pomiarowego

Zastosowanie systemu pomiarowego w bolidzie elektrycznym niesie ze sobą wiele korzyści. Główna z nich jest akwizycja danych pomiarowych lekkiego pojazdu elektrycznego. System pomiarowy przetwarza surowe dane z czujników, a następnie przelicza je na odpowiednie wartości wyrażone w jednostkach fizycznych. Dane te

wyświetlane są na bieżąco, jak również zapisane do pliku. Zebrane pomiary mogą być później wykorzystane do szczegółowych analiz, gdzie możliwe jest wykonanie zaawansowanego przetwarzania sygnałów, jak na przykład wypróbowanie różnych metod filtracji sygnałów. Na podstawie zebranych danych pomiarowych możliwe jest wyciągnięcie wniosków dotyczących konstrukcji bolidu, strategii sterowania, doboru przekładni itp.

Sposoby redukcji zakłóceń elektromagnetycznych lekkiego pojazdu elektrycznego

Za najbardziej efektywne metody niwelacji zakłóceń elektromagnetycznych uważa się:

- ekranowanie od zakłóceń promieniowych,
- filtrowanie zakłóceń przewodzonych,
- właściwe uziemienie oraz kablowanie urządzeń.

W prowadzonych badaniach laboratoryjnych podjęto próby ograniczenia wpływu pola elektromagnetycznego przy zastosowaniu osłony podstawowej, czyli osłony ekranującej, którą zaprojektowano i zbudowano w ramach badań. Omówiono również istniejące elementy redukujące wpływ fal elektromagnetycznych oraz przybliżono konstrukcję puszki Faradaya, jako rozwiązania mogącego podnieść efektywność i funkcjonalność projektowanego systemu pomiarowego lekkiego pojazdu elektrycznego.

a. Osłona podstawowa

Osłona podstawowa, wykorzystana w badaniach na stacjonarnym stanowisku laboratoryjnym, zwanym w dalszej części hamownią, wykonana została z materiału przewodzącego.

Materiałem, który został użyty do zbudowania osłony jest czysta miedź. Dla podniesienia efektywności wykonywanych badań osłonę uziemiono, ze względu na fakt oddania prądów wynikłych z działania pola do obudowy.

Według definicji, ekran pola elektrycznego jest to:

Osłona, stosowana w celu ochrony wydzielonego obszar, przed wpływem zewnętrznego pola elektrycznego.

Ekranowanie od pól elektrycznych odbywa się na podstawie wykonania metalowej, całkowicie przewodzącej osłony, którą połączono z uziemieniem lub obudową urządzenia, punktem o określonym potencjale. Ekran tego typu stosuje się powszechnie w celu ochrony elementów obwodu elektrycznego, urządzeń elektrycznych przed wpływem szkodliwych szumów czy sygnałów, a także

w celu wyeliminowania niepożądanego wpływu na wyniki pomiarowe.

Mnogość materiałów ekranujących jest ogromna. Istnieje wiele rozwiązań pozwalających ograniczyć wpływ szkodliwych zakłóceń elektromagnetycznych na badane urządzenie. Dla celów niniejszych badań materiałem pełniącym rolę osłony od zakłóceń zewnętrznych była miedź.

b. Koralki ferrytowe na przewody czujnika

Koralki ferrytowe, to elementy wykonywane z materiałów ferrytowych. Wykazują duży opór elektryczny oraz małą indukcję nasycenia. Rysunek 1 przedstawia koralek ferrytowy, który służy do samodzielnego mocowania na przewodach urządzeń.



Rys. 1. Koralki ferrytowe na przewody czujnika [2]

Charakterystyczną cechą materiału ferrytowego jest bardzo duża rezystancja, wynikająca z budowy, ponieważ są to sproszkowane metale połączone poprzez spiekanie z nieprzewodzącym wypełniaczem. Wewnętrznej budowie strukturalnej koralek zawdzięcza się bardzo małe prądy wirowe, a przy tym małe straty elektryczne, w wyniku czego osiąga się dużą impedancję ferrytów. Zakres częstotliwości, w którym stosuje się rdzenie ferrytowe mieści się w granicach od kilku kHz do ponad 1GHz. Zastosowanie koralek ferrytowych pozwala na obniżenie stromości narastania przebiegów oraz redukcji poziomu zakłóceń pola elektromagnetycznego na drodze przewodzenia, jak również promieniowania.

Koralki ferrytowe stosuje się w obwodach automatyki, cyfrowym i analogowym przesyłaniu danych, na przewodach. Mnogość zastosowań stała się powodem, dla którego producenci rozszerzają ofertę projektowanych rdzeni ferrytowych biorąc pod uwagę kształt, rozmiar, skład materiałów i miejsce zastosowania.

c. Konstrukcja puszki Faradaya

Klatka Faradaya to metalowa obudowa otwarta z jednej strony, która umożliwia pracę doświadczalną nad działaniem pola elektromagnetycznego. Naelektryzowane ciało, przewodzące prąd elektryczny znajdujące się wewnątrz puszki, po dotknięciu ścianek puszki przekazuje obudowie cały ładunek elektryczny. Właściwości ekranujące klatki Faradaya wynikają z prawa Gaussa. Ładunki elektryczne pozostające na zewnętrznej zamkniętej powierzchni, wytwarzają zerowy strumień przez tę powierzchnię, co oznacza, że źródła zakłócające występujące na zewnątrz klatki Faradaya, nie mogą indukować ładunków wewnątrz puszki. W rzeczywistości zmienne pole elektryczne może częściowo przeniknąć przez niedokładnie zamkniętą powierzchnię i wpłynąć na izolowane urządzenie.

Ekran Faradaya wykonany z cienkiej blachy jest nieskuteczny w przypadku przemiennych pól magnetycznych oraz niedostatecznie tłumi fale wielkiej częstotliwości.

Badanie laboratoryjne na stacjonarnym stanowisku badawczym

Badanie redukcji wpływu pola elektromagnetycznego przeprowadzono w układzie przedstawiony na rysunku 2. Układ badań składa się z silnik DC, czujnika momentu oraz hamulca, stanowisko obsługiwane jest przez program stworzony na potrzeby badań. Aplikacja komputerowa stworzone na potrzeby stacjonarnego stanowiska badawczego (hamowni) pozwalają na realny pomiar zakłóceń wynikających z połączonego układu.



Rys. 2. Schemat poglądowy stanowiska badawczego zwanego Hamownią

Czujnik momentu, przedstawiony na rysunku 3, zastosowany w badanym układzie hamowni, to czujnik DFM22-2.5.



Rys.3. Czujnik pomiaru momentu DFM22-2.5

Parametry czujnika momentu -DFM22-2.5:

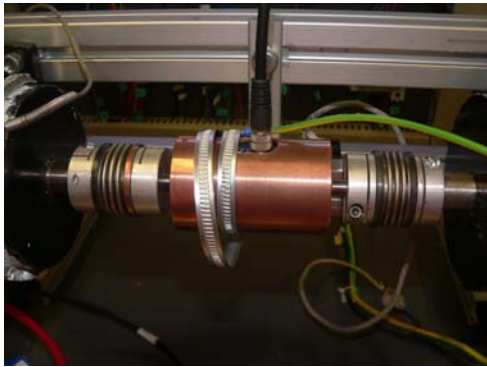
- Maksymalny moment: 2.5 Nm
- Maksymalne przeciążenie: 5 Nm
- Napięcie wyjściowe: 0,5..4,5 VDC
- Napięcie zasilania: 9,0..12,0 VDC
- Zużycie prądu: < 10 mA
- Sygnał wyjściowy dla 0Nm: 2,5V
- Rezystancja wyjściowa: 50Ω
- Prędkość obrotowa okrągłej osi: 0..5000 Obr/min
- Powtarzalność: ±0,1%FS
- Histereza i błąd liniowości: < 1, < 2%FS
- Zakres temperatur pracy: 0..+70°C

Pomiar momentu obrotowego wykonano dzięki przetwornikowi składającemu się z czujnika momentu firmy NCTE oraz przetwornika sygnału firmy National Instruments. Przetwornik umożliwia bezdotkowy dynamiczny pomiar momentu obrotowego. Montaż czujnika pomiaru przedstawia rysunek 4.



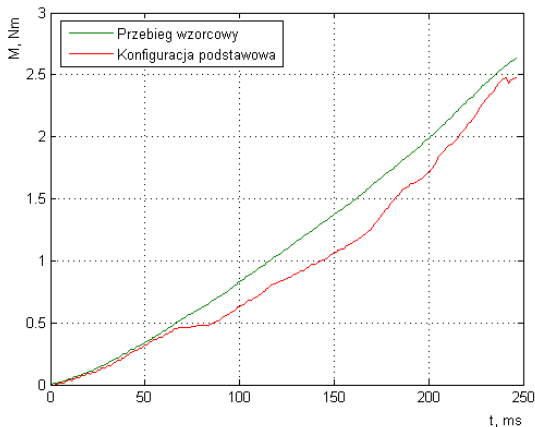
Rys.4. Montaż czujnika momentu na stacjonarnym stanowisku badawczym

W wyniku prowadzonych badań laboratoryjnych na czujnik momentu zamontowano miedzianą osłonę, której zadaniem była redukcja wpływu powstałych zakłóceń na badany obiekt (czujnik). Badania wykonano zgodnie z przyjętym profilem testu [2].



Rys.5. Miedziana osłona zamontowana na czujniku momentu z uziemieniem do obudowy

Badania przeprowadzono w dwóch konfiguracjach [2]: konfiguracji podstawowej i konfiguracji podstawowej z osłoną. Przeprowadzenie n pomiarów pozwoliło na wyeliminowanie pojedynczych niepowtarzalnych zakłóceń, które można uzasadnić wpływem otoczenia oraz pojedynczymi błędami.

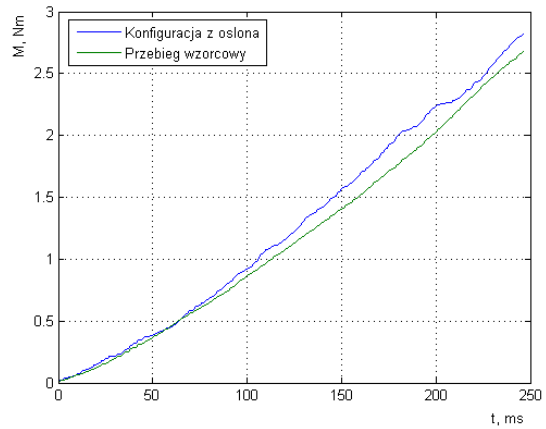


Rys.6. Porównanie charakterystyki konfiguracji podstawowej (charakterystyka czerwona) z charakterystyką wzorca ogólnego (charakterystyka zielona)

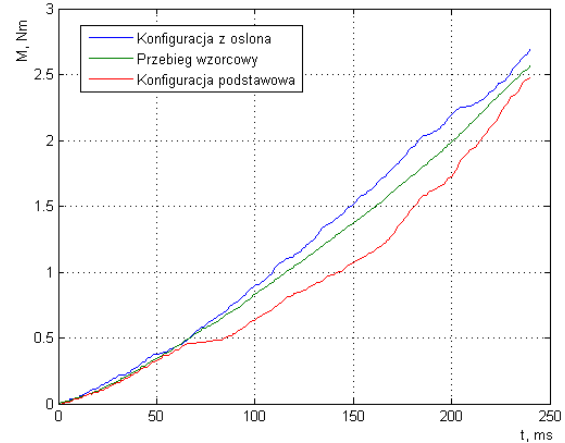
Analiza

Analiza danych pomiarowych i efektywności zastosowanego rozwiązania prowadzono na podstawie przebiegu wzorcowego [2]. Analiza konfiguracji podstawowej oraz z osłoną zamontowaną na czujniku momentu pozwoliła na wyznaczenie charakterystyk zależności momentu w funkcji czasu. Otrzymane

charakterystyki przedstawiono na rysunku 6 w zestawieniu z przebiegiem wzorcowym dla konfiguracji podstawowej oraz na rysunku 7 w zestawieniu z przebiegiem wzorcowym dla konfiguracji z osłoną miedzianą. Zestawienie wszystkich charakterystyk otrzymanych w ramach prowadzonych badań przestawiono na rysunku 8.



Rys.7. Porównanie charakterystyki konfiguracji podstawowej z osłoną (charakterystyka niebieska) z charakterystyką wzorca ogólnego (charakterystyka zielona)



Rys.8. Zestawienie konfiguracji podstawowej (charakterystyka czerwona), konfiguracji podstawowej z osłoną (charakterystyka niebieska) w porównaniu z charakterystyką wzorca ogólnego (charakterystyka zielona)

Wnioski

Dane pomiarowe zapisywane przez system pomiarowy są obrabiane programowo, wiąże się to z obróbką zebranych danych wraz z szumami zakłócającymi. Zastosowanie odpowiedniej osłony ekranującej daje możliwość zmniejszenia wpływu zakłóceń zewnętrznych.

Zastosowanie osłony oraz wprowadzenie dodatkowej filtracji danych może posłużyć jako czynniki redukujące szumy pomiarowe. Miedziana osłona daje możliwość odseparowania układu pomiarowego od wpływu czynników zewnętrznych, a wprowadzenie filtracji zebranych danych pozwoli na pominięcie przypadkowych pojedynczych błędów grubych, mogących wynikać z pracy pojazdu elektrycznego, warunków pogodowych oraz toru jazdy badanego pojazdu elektrycznego. Występowanie zakłóceń nie tylko natury elektrycznej, ale również i tej pochodzącej od samej jazdy lekkiego pojazdu elektrycznego powoduje występowanie drgań. Nie mają one jednak wpływu na pomiar wartości mierzonych, lecz na pracę umieszczonych w bolidzie czujników. W zależności od czułości oraz dokładności zastosowanych w samochodzie urządzeń

możliwe jest ograniczenie wpływu występujących szumów przez stabilność montażu oraz osłonięcie czujników od wpływu czynników zewnętrznych.

Miedziana osłona wykorzystana na stanowisku stacjonarnym badawczym spełniła zadanie, oznacza to, że zastosowanie jej w samochodzie elektrycznym przyniosłoby efekty. Nasuwają się jednak pytania:

- Czy masa wykonanej osłony nie będzie stanowiła zbyt dużego obciążenie?
- Czy montaż osłony ekranującej nie będzie miało wpływu na jazdę samochodu elektrycznego?
- Czy w warunkach zewnętrznych (na torze) osłona miałaby równie dużą skuteczność?

Zamontowanie miedzianej osłony ekranującej na czujnikach znajdujących się w lekkim pojeździe elektrycznym z pewnością poprawi ich pracę, ale dodatkowe obciążenie to aspekt, który należy rozważyć. Ze względu na ograniczenia masy pojazdu wprowadzenie dodatkowego obciążenia może obniżyć dotychczas osiągnięte rezultaty projektowanych samochodów. Z naukowego punktu widzenia wykorzystanie osłony ekranującej zwiększyłoby efektywność pracy systemu pomiarowego, a w połączeniu z stosowaną obecnie filtracją można zbudować układ pomiarowy charakteryzujący się poprawnością i stabilnością działania. Drgania, występujące w czasie jazdy samochodu elektrycznego, powodujące utrudnienia w pracy czujników pokazują, że umieszczenie systemu pomiarowego w stabilnej osłonie wpłynęłoby pozytywnie na pracę czujników i pozwoliło na eliminację zakłóceń elektromagnetycznych. Zastosowanie osłony wykonanej z materiału o bardzo dobrych właściwościach przewodzących czy ferromagnetycznych znacząco ułatwiłoby badania zachowań samochodu elektrycznego na torze.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że:

- Zastosowanie miedzianej osłony ekranującej na badanym czujniku momentu spowodowało polepszenie jego pracy.

- Zestawienie charakterystyk (rysunek 8) pozwala na stwierdzenie efektywności zastosowanej obudowy. Masa obudowy pozostawia jednak wiele wątpliwości.
- Wybór materiału, z którego wykonana jest osłona ekranująca był uwarunkowany posiadaniem bardzo dobrych właściwości ekranujące, ze względu na chęć niwelacji zaburzeń i szumów.
- Z badań wynika, że zastosowana osłona ekranująca mogłaby znacznie poprawić pracę czujników. Należy jednak pamiętać, że na stacjonarnym stanowisku badawczym nie można w pełni odwzorować warunków panujących na torze, dlatego należy sprawdzić skuteczność osłony również w warunkach rzeczywistych.
- Sprawdzenie badanej osłony ekranującej może odbywać się tylko podczas jazd próbnych na torach w Polsce i Wielkiej Brytanii, zatem wykorzystanie jej nie przyniesie pogorszenia dotychczasowych osiągnięć.

Autorzy: prof. dr hab. inż. Paweł Sowa, Politechnika Śląska, Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów, ul. Akademicka 2A, 33-100 Gliwice, E-mail: pawel.sowa@polsl.pl; mgr inż. Daria Macha, Politechnika Śląska, Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów, ul. Akademicka 2A, 33-100 Gliwice, E-mail: daria.macha@polsl.pl.

LITERATURA

- [1] Więckowski T., *Badania kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń elektrycznych i elektronicznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2001
- [2] Macha D., *Redukcja wpływu zakłóceń pola elektromagnetycznego na system pomiarowy lekkiego pojazdu elektrycznego*, Politechnika Śląska, Gliwice, 2016
- [3] <http://www.sg.polsl.pl/>, strona internetowa zespołu Silesian Greenpower, [dostęp online]
- [4] Baier M., Franasz J., Wylenzek D., *Hamownia do testów elektrycznych pojazdów wyścigowych*, Projektowanie i konstrukcje inżynierskie, nr 4 (91) kwiecień 2015