

Tworzenie i wizualizacja trójwymiarowego modelu CAD pojazdu elektrycznego

Modeling and visualization of a three-dimensional CAD model of an electrical vehicle

PIOTR BORAL
ANDRZEJ PIOTROWSKI *

Materiały z XX SKW PWiE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.106

Opisano projekt prototypu jednośladowego pojazdu elektrycznego zbudowanego w oparciu o modyfikację tradycyjnych podzespołów rowerowych. Trójwymiarowy model i jego wizualizację wykonano w systemie CAD.

SŁOWA KLUCZOWE: jednoślad, napęd elektryczny, system CAD, napęd łańcuchowy

The project of a single-track vehicle was described. The electrical vehicle is built by modification of a classic bicycle's construction. A three-dimensional model and visualization were performed in a CAD system.

KEYWORDS: single-track vehicle, electrical drive, CAD system, chain drive

W dzisiejszych czasach pojazdy elektryczne zyskują coraz większą popularność. Dlaczego jednak nie są tak szeroko rozpowszechnione jak pojazdy spalinowe? Wynika to z ich niedoskonałości i ograniczeń. Przyczyniają się do tego stosunkowo krótkie dystanse możliwe do pokonania na jednym ładowaniu akumulatorów, które zajmuje kilka godzin, w porównaniu z odległością możliwą do przejechania na jednym baku paliwa, zatankowanym w bardzo krótkim czasie. Niewielkie moce silników elektrycznych, pomimo znacznie wyższej sprawności przetwarzania energii niż w silnikach spalinowych, przekładają się na niezadowalające osiągi. Stosowane akumulatory podlegają okresowej wymianie, a zużyte ogniwa muszą być poddawane procesowi recyklingu. Koszty eksploatacji są porównywalne do kosztów użytkowania pojazdów spalinowych.

Założenia projektu

Podstawowym celem badań było zaprojektowanie, wirtualne zamodelowanie (w systemie CAD) oraz wykonanie prototypu jednośladowego pojazdu elektrycznego. Założono maksymalną redukcję kosztów, wykorzystując do budowy prototypu łatwo dostępne podzespoły rowerowe. Ze względu na masę pojazdu konstrukcja niektórych elementów musiała zostać wzmocniona. Konceptyjny jednoślad charakteryzuje się rozwojową i przyjazną dla środowiska konstrukcją, zapewnia dobrą dynamikę jazdy w warunkach miejskich, a w trakcie użytkowania zużywa małą ilość energii, zgromadzonej w ogólnie dostępnych akumulatorach.

Jako narzędzie do zaprojektowania trójwymiarowego modelu pojazdu oraz jego wizualizacji i późniejszego wygenerowania dokumentacji technicznej zostało wybrane oprogramowanie CAD – SolidWorks firmy 3DS. SolidWorks jest bardzo popularnym narzędziem wspomagającym proces projektowania konstrukcji. Oprogramowanie posiada intuicyjny, łatwo konfigurowalny interfejs użytkownika. Zaprojektowany wyrób może zostać przedstawiony odbiorcy niemalże jako gotowy detal poprzez fotorealistyczne renderowanie, umożliwiające

prezentację koncepcyjnych projektów za pomocą wysokiej jakości wizualizacji w module SW PhotoView 360. Animacja projektu typu spacer/przelet pozwala odbiorcom na odbywanie i nagrywanie wirtualnych przejeżdż po modelowanym środowisku 3D, a także zagłębienie do jego wnętrza. Moduł SW Motion prezentuje podstawowe funkcje projektów poprzez symulację ruchu zespołu uwzględniającą nałożone na niego napędy i wiązania, działanie podstawowych praw fizyki oraz kontakty pomiędzy danymi komponentami. Dzięki temu możliwe jest dokładne określenie ruchu oraz przetestowanie działania złożenia w warunkach bliskich rzeczywistości. Moduł SW Simulation zawiera narzędzia do przeprowadzania analiz statycznych, modalnych czy termicznych. Symulacje komputerowe zastępują testy eksploatacyjne wstępnych wersji prototypu. Dodatkowo, dzięki modyfikacji modelu w oparciu o wyniki analiz oraz opcji porównywania i przeliczania kilku koncepcji jednocześnie, możliwa jest poprawa jakości produktu [1÷4].

Proces projektowania i modelowania prototypu

Konstrukcja koncepcyjnego pojazdu oparta jest na stalowej ramie typu *hardtail* klasycznego roweru MTB, dedykowanej do współpracy z przednim amortyzatorem o skoku 80 mm, kołami o rozmiarze 26 cali oraz hamulcami tarczowymi.

Pierwszym etapem pracy było przystosowanie ramy do montażu silników elektrycznych. Do dolnej rury ramy przyspawano dwa stalowe płaskowniki o grubości 6 mm, do których przykręcono silniki elektryczne. W dolnej i podsiodłowej rurze ramy oraz w tylnych widełkach wykonano otwory przelotowe w celu przykręcenia pary kątowników i ceowników. Aluminiowe profile stanowią szkielet konstrukcji, której zadaniem jest wzmocnienie ramy pojazdu oraz podparcie akumulatorów i skrzynki sterownika. Ceowniki łączące rurę podsiodłową i tylne widełki dodatkowo usztywniono poprzez przykręcenie do nich stalowych płaskowników z uciętymi korbami, które razem z pedałami pełnią również funkcję podpór dla nóg kierującego (rys. 1). Zakładane w fazie projektowej moc i zasięg jednośladu pozwoliły na całkowite wyeliminowanie typowego dla roweru napędu nożnego.



Rys. 1. Zmodyfikowana rama – przykręcone profile oraz przygotowane podpory dla nóg [2]

Pojazd zasilany jest przez dwa połączone szeregowo akumulatory AGM o napięciu 12 V, pojemności 20 Ah i masie 5,5 kg każdy [5]. Dzięki połączeniu ogniw w szereg uzyskano napięcie 24 V, którym zasilane są silniki elektryczne. Przy

* Dr inż. Piotr Boral (piotrek@itm.pcz.pl); dr inż. Andrzej Piotrowski (itm@itm.pcz.pl) – Politechnika Częstochowska

poborze prądu o stałym natężeniu 20 A, energii zgromadzonej w ogniwie wystarczy teoretycznie na godzinę pracy. Ładowanie zupełnie rozładowanych akumulatorów zajmuje cztery godziny i odbywa się za pośrednictwem ładowarki zintegrowanej z pojazdem, bezpośrednio z sieci elektrycznej. Duża masa (11 kg) wymagała wykonania solidnej struktury podtrzymującej ogniwa i wzmacniającej całą konstrukcję ramy. Akumulatory umieszczono na matach amortyzujących wewnątrz wieszaka wykonanego z giętej blachy aluminiowej o grubości 1,5 mm (rys. 2). Wadą zaproponowanego rozwiązanie jest przesunięcie środka ciężkości pojazdu do góry, co niekorzystanie odbija się na mechanice jazdy.



Rys. 2. Skrzynka sterownika i wieszak z akumulatorami zamocowane na ramie [2]

Sterowanie pojazdu jest realizowane za pomocą zaawansowanego impulsowego regulatora napięcia stałego, kontrolującego prędkość obrotową silników elektrycznych. Układ, oprócz płynnej regulacji napięcia, ogranicza natężenie prądu do zadanej wartości w taki sposób, aby nie przeciążał silników (szczególnie w czasie ruszania pod górę) oraz zapewniać bezpieczne użytkowanie pojazdu (eliminacja przegrzewania się silników).

Sterownik wraz z elektroniką umieszczono w aluminiowej skrzynce z kątownikami pełniącymi rolę szkieletu. Część konstrukcji stanowi radiator, który odpowiada za odprowadzenie ciepła z nagrzewającego się modułu mocy sterownika (rys. 2). Elementem sterującym przyspieszeniem pojazdu jest manetka hallotronowa zintegrowana z prawym chwytym kierownicy (rys. 3). Regulator pracuje pod napięciem 5 V i generuje sterujący sygnał wyjściowy o napięciu od 0,8 do 4,2 V. Jest on następnie przetwarzany przez układ dopasowujący i służy do sterowania silnikami elektrycznymi w zakresie 0-24 V. Czujnik hallotronowy pełni rolę przetwornika kąta obrotu manetki przyspieszenia na napięcie.



Rys. 3. Model brylowy manetki hallotronowej [2]

Napęd jednoślada stanowią dwa sprzężone ze sobą równolegle mechanicznie silniki elektryczne prądu stałego z magnesami trwałymi o łącznej mocy wyjściowej 700 W, napięciu znamionowym 24 V i generowanym momencie obrotowym (przy maksymalnej prędkości obrotowej) równym 19 Nm. Wybrane silniki są wyposażone w przekładnie zębate charakteryzujące się przełożeniem redukującym obroty równym 8. Dzięki temu maksymalna prędkość obrotowa na wale wyjściowym pracującego pod obciążeniem silnika wynosi 353 obr/min. Przekazywanie momentu obrotowego na koło łańcuchowe o 9 zębach odbywa się za pośrednictwem wpustu (rys. 4).



Rys. 4. Rama pojazdu z przykręconymi silnikami elektrycznymi DC 350 W oraz blachą z otworem podłużnym przygotowanym na założenie napinacza przekładni łańcuchowej [2]



Rys. 5. Układ przeniesienia napędu i zmiany obrotów wraz z kołem napędowym (a); model jednoślada elektrycznego (b) [2]

Silniki zostały przykręcone bezpośrednio do przyspawanych do ramy stalowych płaskowników z otworami przelotowymi. Konstrukcję napędu dodatkowo wzmocniono prostokątną stalową blachą o grubości 3 mm, na której na kolejnym etapie budowy zainstalowano dodatkowo łożyskowane koło łańcuchowe, pełniące funkcję napinacza redukującej przekładni łańcuchowej (rys. 5a). Zapewniono ręczną możliwość przesuwu koła łańcuchowego w zakresie długości otworu podłużnego.

Moment obrotowy silników elektrycznych przekazywany jest na koło napędowe za pośrednictwem klasycznej przekładni łańcuchowej redukującej (I stopień przełożenia), wału suportu oraz przekładni łańcuchowej redukująco-multiplikującej (II stopień przełożenia).

Zastosowanie konwencjonalnej tylnej przerzutki rowerowej wraz z wielotrybem kasetowym umożliwiła dziewięciostopniową zmianę przełożenia. Dzięki takiemu rozwiązaniu pojazd sprawdza się w każdych warunkach terenowych.

Podsumowanie

Oprogramowanie CAD SolidWorks okazało się wyjątkowo przydatnym narzędziem do projektowania, modelowania 3D i tworzenia dokumentacji technicznej elektrycznego jednoślada. Uzyskany efekt końcowy to zaawansowany trójwymiarowy model konstrukcji jednostki napędzanej elektrycznie z możliwością ciągłego eksperymentowania i zmiany konstrukcji, bez potrzeby budowania kolejnych prototypów.

Jednośląd skonstruowany na podstawie wirtualnego modelu spełnia wszystkie wymagania projektu. Dysponuje mocą 1 KM i zgodnie z założeniami osiąga prędkość maksymalną równą 45 km/h, jego masa całkowita nie przekracza 40 kg, a dystans pokonywany na pełnym ładowaniu akumulatorów sięga 25 km. Kompletny koszt instalacji elektrycznej założonej na rowerze MTB w przybliżeniu oszacowano na 1000 zł.

Zaprezentowana koncepcja pojazdu jest stale udoskonalana w kierunku ogólnej poprawy komfortu użytkowania oraz zwiększenia zasięgu pojazdu. W pierwszej kolejności rozważana jest wymiana zastosowanych akumulatorów technologii AGM na pakiet ogniw Li-Ion. Koszt instalacji elektrycznej wzrósłby o 500 zł, a sterownik wymagałby pewnej modyfikacji. Jest to jednak propozycja bardzo korzystna, ponieważ wymiana akumulatorów spowodowałaby: zmniejszenie masy całkowitej pojazdu o ponad 5 kg, wyczuwalne obniżenie środka ciężkości oraz wydłużenie dystansu możliwego do przejechania na jednym ładowaniu do prawie 100 km. Ponadto wzrosłaby żywotność akumulatora, ponieważ zwiększyłaby się liczba możliwych ładowań, a ogniwa Li-Ion charakteryzują się małym efektem pamięciowym zmniejszającym pojemność akumulatorów w trakcie eksploatacji.

LITERATURA

1. Domański J. „SolidWorks 2014. Projektowanie maszyn i konstrukcji. Praktyczne przykłady”. Gliwice: Wydawnictwo Helion, 2015.
2. Ziobrowski P. „Modelowanie jednośladowego pojazdu elektrycznego zbudowanego na bazie roweru MTB”. Praca magisterska, promotor Boral P., Częstochowa 2015.
3. <http://www.solidworks.pl/produkty/>
4. <http://www.cns.pl/Rozwiazania-programowe/CAD/SolidWorks.aspx>
5. <http://www.cyberbajt.pl/produkt/5511/akumulator-agm-12v-20ah.html>
6. <https://www.loopwheels.com/products/mountain-bikes/>