

Układ komputerowy

do rejestracji parametrów autonomicznego pojazdu elektrycznego

Leszek Jarzębowicz
Jacek Skibicki *

W artykule przedstawiono układ rejestrujący parametry wózka elektrycznego, wykorzystujący komputer przemysłowy wyposażony w kartę akwizycji danych. Opisano budowę układu oraz funkcjonalność jego oprogramowania. Przedstawiono przykładowe wyniki rejestracji oraz podkreślono istotne cechy dydaktyczne układu.

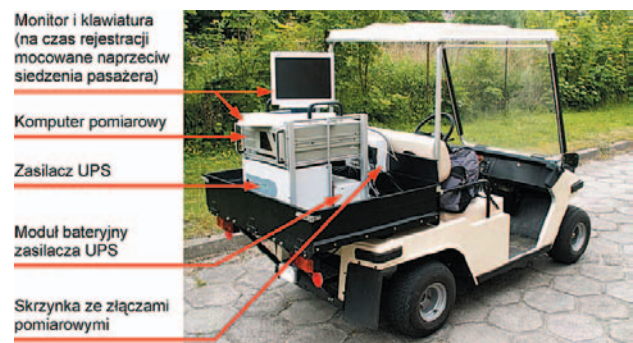
Zasadność utworzenia układu rejestrującego

Rynek autonomicznych pojazdów elektrycznych jest obecnie nieporównywalnie mniejszy niż rynek pojazdów o napędzie spalinowym. Istnieją jednak zastosowania, w których atuty napędu elektrycznego czynią pojazdy elektryczne niezastąpionymi. Atutami tymi są przede wszystkim: zerowa lokalna emisja spalin, cicha praca oraz łatwość uzyskiwania prędkości manewrowych. Napęd elektryczny znajduje zastosowanie w różnorodnych typach pojazdów np.: w jednoosobowych wózkach dla osób o ograniczonej zdolności ruchowej, maszynach czyszczących, wózkach podnośnikowych, samochodach osobowych, a nawet autobusach miejskich [1, 4]. Wedle prognoz, dynamika rozwoju oraz powszechność trakcyjnego napędu elektrycznego będzie w kolejnych latach coraz większa [1, 2]. Istnieje zatem uzasadniona potrzeba poszerzania wiedzy inżynierskiej na jego temat, w związku z tym na Politechnice Gdańskiej został zbudowany komputerowy układ rejestrujący elektryczne oraz mechaniczne parametry układu napędowego autonomicznego pojazdu elektrycznego. Oprogramowanie omawianego układu, oprócz zdolności akwizycji sygnałów, ma również możliwość ich prezentacji graficznej oraz ma szereg funkcji ułatwiających analizę zgromadzonych danych. Zrealizowany układ znajduje zastosowanie w procesie dydaktycznym.

Badany pojazd

Badanym pojazdem jest wyrób fabryki Melex Sp. z o.o. – Melex 745 widoczny na fot. 1. Jest to dwuosobowy wózek ze skrzynią bagażową. Pojazd ten jest napędzany przez obcowzbudny silnik prądu stałego o mocy 2,1 kW. Źródłem energii jest 6 połączonych szeregowo 6-woltowych ołowiowych akumulatorów trakcyjnych

* mgr inż. Leszek Jarzębowicz jest doktorantem, a dr inż. Jacek Skibicki pracownikiem Katedry Trakcji Elektrycznej Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej



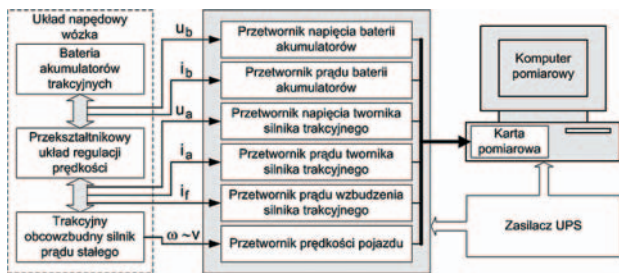
Fot. 1. Widok badanego pojazdu wraz z komponentami układu rejestrującego

o pojemności blisko 200 Ah. Melex 745 jest wyposażony w przekształtnikowy układ regulacji prędkości firmy Curtis Instruments (model SepEx 1243-4301). Układ ten umożliwia realizację hamowania odzyskowego praktycznie w pełnym zakresie prędkości pojazdu. Dzięki temu sterowanie prędkością przez kierującego, poza sytuacjami awaryjnymi, może odbywać się tylko przez operowanie pedałem przyspieszenia, bez potrzeby angażowania hamulców ciernych. W SepEx istnieje możliwość modyfikacji nastaw za pomocą specjalnego programatora, co czyni go bardzo uniwersalnym. Wykonanie elementów energoelektrycznych układu jest oparte na technologii MOSFET.

Elementy układu rejestrującego

Częścią centralną układu rejestrującego jest komputer przemysłowy wyposażony w kartę akwizycji danych, określany dalej mianem komputera pomiarowego. Zasilanie tego komputera, jak również przetworników pomiarowych, w które doposażony został pojazd, odbywa się z zasilacza awaryjnego typu UPS. Uproszczony schemat blokowy stanowiska przedstawiono na rys. 1 [4].

Komputer pomiarowy, z uwagi na narażenia środowiskowe występujące podczas jazdy wózka, jest wyposażony w obudowę przemysłową zapewniającą ochronę podzespołów przed wibracjami oraz pyłem. Interfejs użytkownika stanowią monitor ciekłokrystaliczny oraz klawiatura. Zasilacz awaryjny UPS wraz



Rys. 1. Schemat blokowy układu rejestrującego

z zastosowanym modulem baterijnym pozwala na około 2-godzinną pracę układu bez konieczności podłączenia do sieci zasilającej.

Karta akwizycji, w którą wyposażono komputer pomiarowy, to Advantech PCI-1713. Ma ona 12-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy umożliwiający rejestrację napięć doprowadzonych do jej 32 wejść pomiarowych. Zakres pomiarowy każdego z wejść można ustawiać indywidualnie. Karta może wykonywać rejestrację z użyciem przerwań sprzętowych, co jest wykorzystywane przez oprogramowanie utworzone dla stanowiska. Wspomniana metoda rejestracji pozwala na precyzyjne określenie częstotliwości próbkowania oraz zmniejsza obciążenie zasobów systemowych podczas rejestracji.

Przetworniki pomiarowe, które zainstalowano w układzie napędowym wózka, przetwarzają wartości sygnałów mierzonych (napięcia, prądu, częstotliwości) na proporcjonalne do nich wartości napięcia, mieszczące się w zakresach pomiarowych karty. Przetworniki pomiarowe pełnią również istotną funkcję środka izolacji galwanicznej pomiędzy układem napędowym pojazdu a komputerem pomiarowym i osprzętem bezpośrednio z nim związanym. Izolacja ta jest pożądana ze względu na redukcję zakłóceń elektromagnetycznych oraz ochronę sprzętu pomiarowego w razie wystąpienia awarii w układzie napędowym.

Na stanowisku pomiarowym zainstalowano przetworniki umożliwiające pomiar:

- napięcia i prądu baterii akumulatorów trakcyjnych
- napięcia i prądu twornika silnika trakcyjnego
- prądu wzbudzenia silnika trakcyjnego
- prędkości pojazdu.

Przetworniki zostały wykonane z użyciem gotowych układów firmy LEM. Wyjątek stanowi przetwornik prędkości pojazdu zaprojektowany na bazie układu LM2917N (przetwornik częstotliwość-napięcie).

Do pomiaru prędkości wykorzystano sygnał z zamontowanego fabrycznie w pojeździe przetwornika obrotowo-impulsowego umieszczonego na wale silnika trakcyjnego. Sygnał wyjściowy przetwornika prędkości nie uwzględnia kierunku jazdy, kierunek ten można jednak w większości przypadków określić na podstawie znaku prądu wzbudzenia silnika.

Na wyjściu przetwornika napięcia twornika zastosowano filtr dolnoprzepustowy RC [4]. Dzięki temu nie jest rejestrowana chwilowa wartość zmodulowanego przez przekształtnik napięcia, lecz jego wartość

średnia bieżąca. Wartości chwilowe nie mogłyby być rejestrowane przez wykorzystywaną kartę akwizycji z uwagi na zbyt dużą częstotliwość pracy układu SepEx. Zastosowany przetwornik ma jednak wystarczające parametry dynamiczne, zatem jest możliwa obserwacja wartości chwilowych przy wykorzystaniu innego urządzenia rejestrującego.

Przetworniki są zasilane z dwóch dedykowanych dla układów firmy LEM zasilaczy czerpiących energię z urządzenia UPS.

Oprogramowanie układu rejestrującego

Oprogramowanie układu rejestrującego stanowi interfejs pomiędzy użytkownikiem a urządzeniem pomiarowym. Ma ono postać aplikacji noszącej nazwę Melex 2005, pracującej w środowisku Windows. Aplikacja ta ma szereg okien, które ze względu na ich funkcje można podzielić najogólniej na dwie grupy: służące wykonywaniu rejestracji oraz wspomagające analizę zgromadzonych danych.

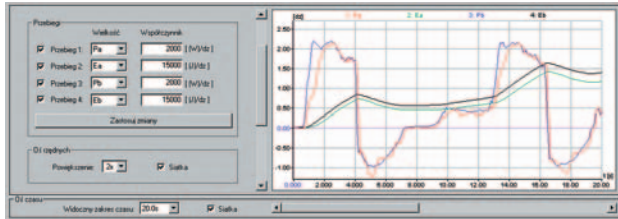
Pierwsza grupa okien odpowiada za konfigurację karty akwizycji oraz odpowiednią interpretację, konwersję i zapis danych pomiarowych do pliku. Omawiana część aplikacji charakteryzuje się dużą uniwersalnością. Przewidziana jest większa liczba kanałów pomiarowych niż zainstalowanych na stanowisku przetworników pomiarowych, a ustawienia każdego z kanałów można swobodnie edytować. Dzięki temu, w razie modyfikacji lub rozbudowy układu (np. dodania akcelerometru lub żyroskopu prędkościowego) nie jest konieczna modyfikacja oprogramowania. Istnieje możliwość precyzyjnego ustawiania częstotliwości próbkowania w zakresie 1-1000 Hz. Podczas trwania rejestracji użytkownik ma podgląd poziomu mierzonych sygnałów, co pozwala na bezzwłoczne wykrycie nieprawidłowości w działaniu stanowiska lub w konfiguracji karty pomiarowej. Wyniki rejestracji są zapisywane do pliku w formacie tekstowym, dzięki temu mogą one być odczytane przez popularne programy użytkowe. Plik, oprócz wyników rejestracji, zawiera pełną informację o ustawieniach i warunkach, w jakich były wykonywane pomiary, a konwencja zapisu zawartych w nim danych jest zoptymalizowana pod kątem odczytu w arkuszu kalkulacyjnym Microsoft Excel. Plik ten może zostać również odczytany przez samą aplikację Melex 2005 w celu skorzystania z oferowanych przez nią możliwości analizy wyników rejestracji.

Okna aplikacji Melex 2005 służące analizie zgromadzonych danych wyposażono w szereg narzędzi ułatwiających interpretację uzyskanych wyników. Aplikacja, po odczytaniu danych z pliku, oblicza na podstawie wielkości rejestrowanych przebiegi dodatkowe:

- mocy i energii pobieranej z baterii akumulatorów trakcyjnych
- mocy i energii pobieranej przez twornik silnika trakcyjnego

- odległości przebytej przez pojazd oraz przyspieszenia pojazdu.

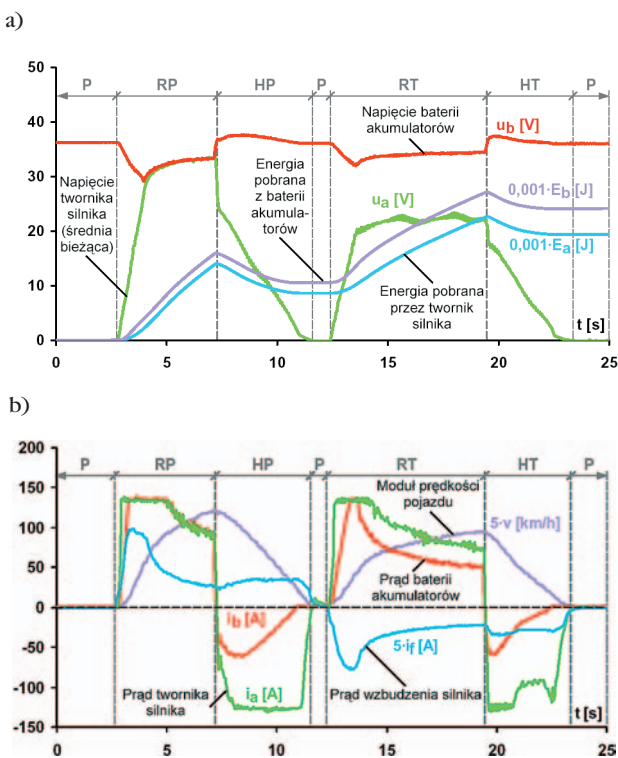
Obliczone przebiegi, podobnie jak przebiegi zarejestrowane, mają przypisaną informację w postaci symbolu, jednostki oraz opisu słownego danej wielkości. Wszystkie z zarejestrowanych i obliczonych przebiegów można ze sobą zestawiać w postaci graficznej. Służą do tego dwa identyczne pola wykresów umieszczone w jednym z okien aplikacji.



Rys. 2. Widok fragmentu okna aplikacji „Melex 2005” zawierającego pole wykresu. Wykreślone przebiegi: Pa i Ea – moc i energia pobierana przez twornik silnika; Pb i Eb – moc i energia pobierana z baterii akumulatorów

Widok pojedynczego pola przedstawiającego przykładowe przebiegi pokazano na rys. 2. Dodatkowo aplikacja może generować raport podsumowujący całą rejestrację, który zawiera:

- wartości minimalne i maksymalne wszystkich wielkości rejestrowanych
- wartości minimalne i maksymalne mocy baterii akumulatorów oraz twornika silnika trakcyjnego



Rys. 3. Przykładowe wyniki rejestracji: a) napięcie i energii, b) prądów i prędkości. Współczynniki skalujące oraz jednostki naniesiono na wykresy. Oznaczenia faz ruchu: P – postój, RP i HP – rozruch i hamowanie przy jeździe do przodu, RT i HT – rozruch i hamowanie przy jeździe do tyłu

- prędkość średnią pojazdu oraz całkowity przebyty dystans
- bilans energetyczny zestawiający ze sobą energię pobraną, oddaną oraz sumaryczną (dla baterii akumulatorów oraz dla twornika silnika).

Przykładowe wyniki rejestracji przedstawiono na rys. 3.

Aspekty dydaktyczne

Głównym celem realizacji opisywanego układu rejestrującego było jego zastosowanie w procesie dydaktycznym. Jest on wykorzystywany podczas zajęć laboratoryjnych z przedmiotu „Pojazdy elektryczne” prowadzonego na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej.

Analiza przebiegów czasowych parametrów związanych z napędem trakcyjnym pozwala na zaznajomienie się z algorytmem sterowania zaimplementowanym w układzie regulacji prędkości SepEx. Możliwe jest także poznanie konsekwencji tej techniki sterowania w odniesieniu do różnych węzłów układu napędowego, takich jak wahania napięcia baterii akumulatorów. Innego rodzaju wnioski dydaktyczne można wysnuć, analizując zakresy zmienności poszczególnych parametrów, w czym pomocny jest generowany poprzez aplikację Melex 2005 raport. Wartości minimalne i maksymalne poszczególnych wielkości można odnieść do ich wartości znamionowych, wnioskując przykładowo na temat chwilowych przeciążeń silnika trakcyjnego. Układ pozwala także na przybliżenie zagadnień związanych z szeroko rozumianą energochłonnością ruchu pojazdu [3]. Daje on możliwość wyznaczenia zależności pomiędzy energochłonnością, a różnorodnymi stylami jazdy, pozwalając na energetyczną ocenę profilu ruchu. Możliwe jest także oszacowanie procentowej ilości energii, jaką można odzyskać podczas hamowania przy zróżnicowanych stylach jazdy.

Podsumowując, omawiany komputerowy układ rejestrujący pozwala przyszłym inżynierom na wielopłaszczyznowe poznanie układu napędowego przykładowego autonomicznego pojazdu elektrycznego małej mocy.

Bibliografia

1. M.H. Westbrook, *The electric car*. The Institution of Electrical Engineers, Padstow 2001.
2. I. Husain, *Electric and hybrid vehicles: design fundamentals*, CRC Press, USA 2003.
3. W. Siłka, *Teoria ruchu samochodu*, WNT, Warszawa 2002.
4. L. Jarzębowicz, *Oprogramowanie mobilnego stanowiska pomiarowego do rejestracji, wizualizacji i analizy parametrów pojazdu elektrycznego*, Praca dyplomowa magisterska PG, Gdańsk 2005.