

XVI Seminarium
ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICIE' 2006
Oddział Gdański PTETiS
Referat nr 11

**KOMPUTEROWA REJESTRACJA ORAZ ANALIZA
PARAMETRÓW AUTONOMICZNEGO
POJAZDU ELEKTRYCZNEGO**

Leszek JARZĘBOWICZ¹, Krzysztof KARWOWSKI²

1. PG, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, Katedra Trakcji Elektrycznej
tel: (058) 347 20 53 fax: (058) 341 08 80 e-mail: l.jarzebowicz@ely.pg.gda.pl
2. PG, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, Katedra Trakcji Elektrycznej
tel: (058) 347 11 58 fax: (058) 341 08 80 e-mail: k.karwowski@ely.pg.gda.pl

W referacie przedstawiono układ rejestrujący elektryczne oraz mechaniczne parametry autonomicznego pojazdu elektrycznego małej mocy, tj. wózka Melex 745. Pojazd wyposażony jest fabrycznie w przekształtnik energoelektroniczny realizujący płynny rozruch, jazdę oraz hamowanie odzyskowe. Układ rejestrujący oparty jest na przemysłowym komputerze PC wyposażonym w kartę pomiarową. Zasilacz UPS daje możliwość rejestracji podczas jazdy wózka. Oprogramowanie układu udostępnia szereg funkcji ułatwiających analizę zgromadzonych danych. Możliwa jest rejestracja przebiegów: prądu i napięcia baterii akumulatorów, prądu i napięcia twornika silnika trakcyjnego, prądu wzbudzenia silnika oraz prędkości pojazdu. Zamieszczono przykładowe wyniki rejestracji oraz ich krótką analizę. Zwrócono uwagę na możliwości wykorzystania przedstawionego układu w procesie dydaktycznym.

1. WSTĘP

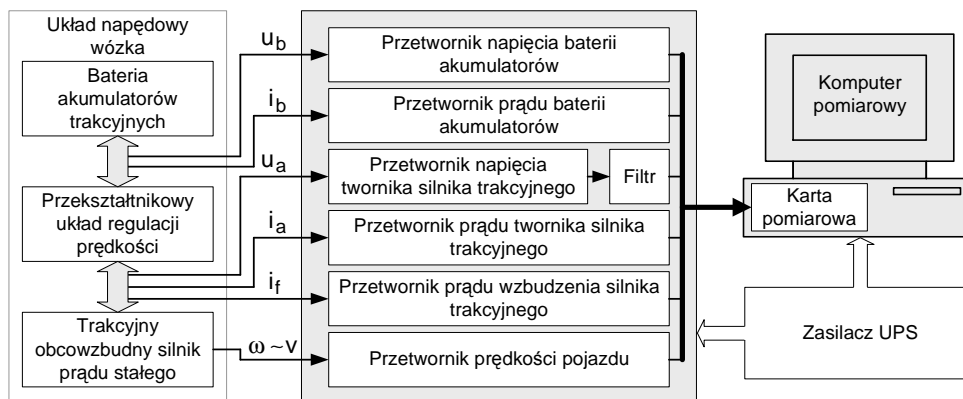
Elektryczny napęd trakcyjny staje się coraz bardziej powszechny z uwagi na swoje liczne zalety. Są nimi przede wszystkim: zerowa lokalna emisja spalin, niski poziom hałasu oraz możliwość ciągłej pracy przy prędkościach manewrowych. Napęd elektryczny znajduje zastosowanie w różnorodnych typach pojazdów autonomicznych, takich jak np.: jednoosobowe wózki dla osób o ograniczonej zdolności ruchowej, maszyny czyszczące, wózki podnośnikowe, samochody osobowe, a nawet autobusy miejskie [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 [5]. W związku z powyższym w Katedrze Trakcji Elektrycznej zbudowany został komputerowy układ rejestrujący parametry układu napędowego autonomicznego pojazdu elektrycznego. Zrealizowany układ znajduje zastosowanie w procesie dydaktycznym podczas zajęć laboratoryjnych.

2. BADANY POJAZD

Badanym pojazdem jest dwuosobowy wózek ze skrzynią bagażową oznaczony symbolem 745, wyprodukowany przez mielecką fabrykę Melex. Nadwozie wózka, ważącego nieco ponad pół tony, zbudowane jest z tworzywa sztucznego i profili stalowych. Pojazd napędzany jest przez obcowzbudny silnik prądu stałego o mocy 2,1 kW za pośrednictwem przekładni walcowej i mechanizmu różnicowego. Źródłem energii jest 6 połączonych szeregowo 6-woltowych ołowiowych akumulatorów trakcyjnych o pojemności wynoszącej ok. 200 Ah. Melex 745 wyposażony jest w przekształtnikowy układ regulacji prędkości firmy Curtis Instruments (model SepEx 1243-4301). Układ ten steruje silnikiem trakcyjnym podczas wszystkich faz ruchu, łącznie z hamowaniem odzyskowym. Odbywa się to poprzez indywidualną regulację wartości prądów: wzbudzenia oraz twornika silnika. Sterowanie prędkością przez kierującego, poza sytuacjami awaryjnymi, może odbywać się tylko przez operowanie pedałem przyspieszenia, bez potrzeby używania hamulców ciernych. SepEx ma możliwość modyfikacji nastaw za pomocą specjalnego programatora, co czyni go bardzo uniwersalnym. Układ energoelektroniczny wykonany jest w oparciu o tranzystory MOS-FET charakteryzujące się dużą szybkością komutacji oraz wysoką sprawnością.

3. UKŁAD REJESTRUJĄCY

Częścią centralną układu rejestrującego jest komputer przemysłowy wyposażony w kartę akwizycji danych, określanej 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 rysunku 1 [4].



Rys. 1. Schemat blokowy układu rejestrującego

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

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

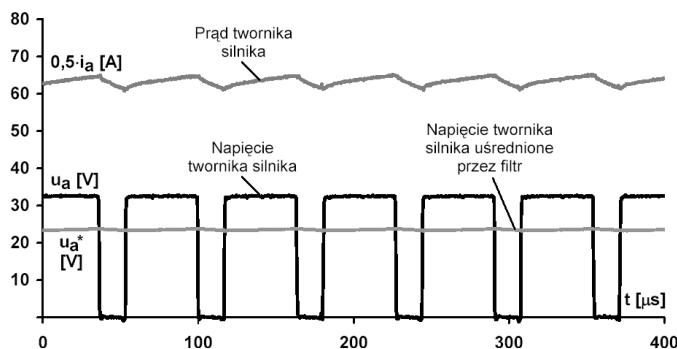
Komputer pomiarowy wyposażono w kartę akwizycji danych typu PCI-1713 firmy Advantech. Posiada ona 12-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy oraz multiplexer umożliwiający rejestrację napięć doprowadzonych do 32 wejść pomiarowych. Zakres pomiarowy każdego z wejść można ustawiać indywidualnie. Karta ma możliwość wykonywania rejestracji z użyciem przerwań sprzętowych, co wykorzystywane jest przez utworzone dla stanowiska oprogramowanie. 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 izolacji galwanicznej pomiędzy układem napędowym pojazdu a komputerem pomiarowym i osprzętem bezpośrednio z nim związanym. Izolacja ta pożądana jest 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 wykonane zostały w oparciu o gotowe układy firmy LEM. Wyjątek stanowi przetwornik prędkości pojazdu zaprojektowany na bazie układu scalonego LM2917N (przetwornik częstotliwość-napięcie). Do pomiaru prędkości wykorzystano sygnał z zamontowanego fabrycznie w pojeździe przetwornika obrotowo-impulsowego umieszczonego na wale silnika. Sygnał wyjściowy przetwornika prędkości nie uwzględnia kierunku jazdy, kierunek ten można jednak w większości przypadków określić na podstawie zwrotu prądu wzbudzenia silnika (znak dodatni – jazda do przodu, znak ujemny – jazda do tyłu).

Na wyjściu przetwornika napięcia twornika umieszczono filtr dolnoprzepustowy RC [4] uśredniający przebieg prostokątny wynikający z modulacji wykonywanej przez przekształtnik. Dzięki temu możliwa jest miarodajna rejestracja z częstotliwościami rzędu $10 \div 20$ Hz na kanał. Częstotliwości takie wskazane są ze względu na szybkość zmian pozostałych przebiegów. Zastosowany przetwornik posiada jednak wystarczające parametry dynamiczne, aby umożliwić obserwację wartości chwilowych napięcia np. za pomocą oscyloskopu cyfrowego, jak zostało to przedstawione na rysunku 2.



Rys. 2. Przebiegi wyjściowe przekształtnika SepEx

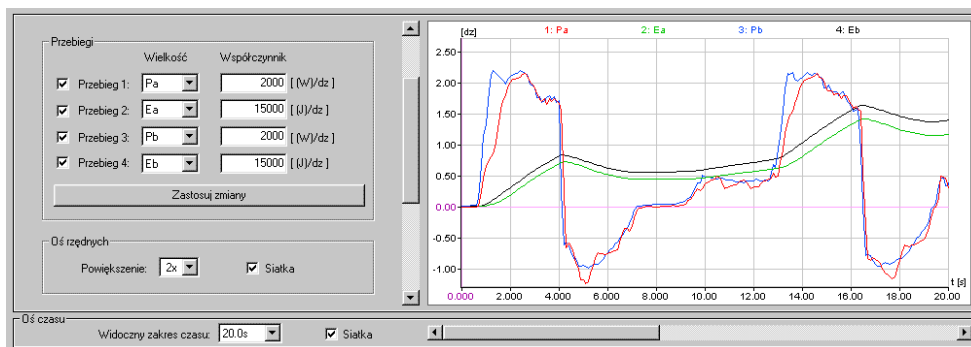
4. OPROGRAMOWANIE UKŁADU

Oprogramowanie układu rejestrującego ma postać aplikacji noszącej nazwę „Melex 2005”, pracującej w środowisku Windows, zaprojektowanej specjalnie do obsługi omawianego układu. Aplikacja służy do konfiguracji karty pomiarowej, jej obsługi podczas procesu rejestracji, zapisu wyników do pliku oraz ich późniejszej analizy.

Omawiane oprogramowanie cechuje duża uniwersalność. Przewidziano większą liczbę kanałów pomiarowych, niż zainstalowanych w pojeździe przetworników pomiarowych, a ustawienia każdego z kanałów można swobodnie edytować. Dzięki temu, w razie rozbudowy układu (np. dodania akcelerometru lub żyroskopu prędkościowego, tj. czujników używanych w technice samochodowej) 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 zapisywane są do pliku w formacie tekstowym, dzięki temu mogą one być odczytane przez popularne programy użytkowe. Plik ten może zostać również odczytany przez samą aplikację „Melex 2005” w celu skorzystania z oferowanych przez nią możliwości analizy wyników rejestracji. Aplikacja, po odczytaniu danych z pliku, oblicza na podstawie wielkości rejestrowanych przebiegi dodatkowo:

- mocy i energii pobieranej z baterii akumulatorów trakcyjnych,
- mocy i energii pobieranej przez twornik silnika trakcyjnego,
- dystansu przebytego przez pojazd oraz przyspieszenia pojazdu.

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. Widok takiego pola pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Fragment jednego z okien aplikacji „Melex 2005” z przykładowymi przebiegami mocy i energii

Dodatkowo, aplikacja posiada możliwość generowania raportu podsumowującego całą rejestrację, który zawiera:

- wartości minimalne i maksymalne wszystkich wielkości rejestrowanych,
- wartości minimalne i maksymalne mocy baterii akumulatorów oraz twornika silnika trakcyjnego,
- prędkość średnią pojazdu oraz całkowity przebyty dystans,
- bilans energetyczny zestawiający ze sobą energię pobraną, oddaną oraz sumaryczną (dla baterii akumulatorów oraz dla twornika silnika).

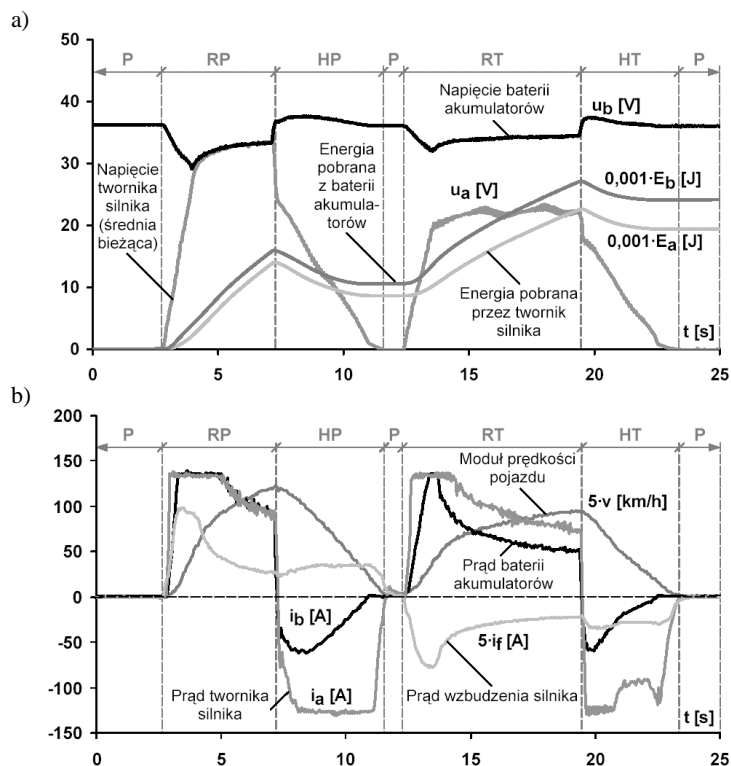
5. WYNIKI REJESTRACJI

Przykładowe wyniki rejestracji parametrów pojazdu, w pełnym cyklu jazdy, przedstawiono na rysunku 4.

Napięcie baterii akumulatorów charakteryzuje się znacznymi wahaniami związanymi ze spadkiem na rezystancji wewnętrznej akumulatorów podczas ich rozładowywania w fazie rozruchu oraz ładowania podczas hamowania regeneracyjnego. Na wykresie widoczny jest zakres czasu, w którym napięcie to jest w przybliżeniu równe napięciu twornika, współczynnik modulacji napięcia twornika jest wówczas równy jedności.

Wartości energii: pobranej z baterii akumulatorów oraz pobranej przez twornik silnika są różne z uwagi na straty w układzie przekształtnikowym, pobór energii przez uzwojenie wzbudzenia silnika oraz tzw. potrzeby nietrakcyjne. Pochodna po czasie przebiegów energii jest ujemna w fazach hamowania z uwagi na odzysk energii.

Ze względu na sposób pomiaru prędkości, na wykresie przedstawiono przebieg wartości bezwzględnej prędkości, przy czym ruch pojazdu odbywa się najpierw do przodu, a następnie (od ok. 12 sekundy) do tyłu, co można stwierdzić na podstawie znaku prądu wzbudzenia. Kształt modułów przebiegów prądów wzbudzenia i twornika jest podobny, co wskazuje na algorytm sterowania silnikiem obcowzbudnym odwzorowujący cechy trakcyjnego silnika szeregowego.



Rys. 4. Przykładowe wyniki rejestracji: a) napięć i energii; b) prądów i prędkości. 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

5. PODSUMOWANIE

Głównym celem realizacji opisywanego układu rejestrującego było zastosowanie w procesie dydaktycznym. Jest on wykorzystywany podczas zajęć laboratoryjnych z przedmiotów „Trakcja elektryczna” oraz „Pojazdy elektryczne” prowadzonych na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej.

Analiza przebiegów 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 np. wahania napięcia baterii akumulatorów. Innego rodzaju wnioski dydaktyczne wysnuć można 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. 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.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Westbrook M. H.: The electric car, The Institution of Electrical Engineers, Padstow 2004, ISBN 0-85296-013-1.
2. Husain I.: Electric and hybrid vehicles: design fundamentals, CRC Press, USA 2003, ISBN 0-8493-1466-6.
3. Siłka W.: Teoria ruchu samochodu, WNT, Warszawa 2002, ISBN 83-204-2748-7.
4. Jarzębowicz L.: Oprogramowanie mobilnego stanowiska pomiarowego do rejestracji, wizualizacji i analizy parametrów pojazdu elektrycznego, praca dyplomowa magisterska PG, Gdańsk 2005.
5. Chmielewski J., Bramson E., Majewski P., Ocioszyński J.: System automatycznej rejestracji parametrów hybrydowego elektrycznego układu napędowego pojazdu. Mat. I Konferencji „Niekonwencjonalne Napędy Pojazdów i Maszyn Roboczych”, Warszawa, PW 18 marca 1994, ISBN 83-86082-02-x.

PC-based acquisition and analysis of an electric car parameters

This paper presents a PC-based measurement system for a low-power electric vehicle's parameters acquisition and analysis. The vehicle is a 2-person cargo trolley equipped with a power electronics driver providing smooth speed control and regenerative braking. The computer is an industrial PC equipped with a PCI data acquisition card. The system is fed from an UPS supply. Measured parameters are: traction motor stator current and voltage, motor excitation current, battery voltage and current, vehicle speed. System hardware and software is described. Brief analysis of acquired data is included. Tutorial aspects are mentioned.