

## **Efekty ekonomiczne z zastosowania napędów asynchronicznych w modernizowanym tramwaju typu 105Na(805Na)**

*Przedmiotem artykułu jest wyszczególnienie informacji dotyczących korzyści ekonomicznych wynikających ze stosowania energoelektronicznych napędów asynchronicznych. Uwzględniono informacje związane z wykorzystaniem standardowego układu z silnikami prądu przemiennego oraz w wariant z zasobnikiem energii hamowania.*

Aktualnie w Polsce eksploatowanych jest 3669 (31-12-2008 r.) tramwajów różnych typów. Aż 85,3 % tych pojazdów ma standardowy napęd z zastosowaniem silników szeregowo - bocznikowych prądu stałego. Na przełomie wieków zaczęły w Polsce pojawiać się tramwaje z napędami opartymi na nowoczesnych układach energoelektronicznych, w I fazie z wykorzystaniem napędów impulsowych (chopper) i wkrótce po nich z napędami układu prądu przemiennego z wykorzystaniem silników asynchronicznych.

W dobie gospodarki rynkowej szczególnie duże znaczenie ma ekonomiczny aspekt rozwiązań technicznych. Wraz z rozwojem gospodarki ocena poszczególnych rozwiązań technicznych i ich przydatności do zastosowań praktycznych zaczęła przesunąć się z pozycji kosztu inwestycji w kierunku LCC (koszt życia) rozwiązania.

Mając powyższe na uwadze w roku 2005 Zakład Elektroniki Przemysłowej ENIKA wprowadził na rynek asynchroniczny układ napędowy do tramwaju dedykowany do modernizacji najpowszechniejszego tramwaju w Polsce 105 Na i pokrewnych. Układ był w pełni przystosowany do montażu w standardowym nadwoziu bez konieczności jego modernizacji. Wykorzystano również silniki, które zostały zaprojektowane w sposób umożliwiający ich montaż w gnieździe silnika DC.

Wyniki eksploatacyjne – uzyskane w badaniach wykonanych w warunkach rzeczywistych, uzyskane dzięki uprzejmości dyrekcji MPK w Poznaniu oraz Tramwajów Elbląskich przedstawiają bardzo zbliżone rezultaty. Średnie zużycie energii w tramwaju z układem klasycznym – rezystorowym wynosi nie mniej niż 2,1 kWh/km (2,6 kWh/km dla MPK-Poznań) na jeden wagon typu 105Na. W tramwaju z napędem ENIKI zużycie energii zamyka się liczbą 1,7 kWh./km. Daje to niebagatelną oszczędność zużycia energii na poziomie 19%. Na tę oszczędność składa się szereg przyczyn. Do głównych z nich należą:

- brak strat na rezystorach w fazie rozruchu
- wyższa sprawność silników asynchronicznych ( o około 5 %)
- ograniczenie strat na rezystorach w fazie hamowania ze względu na oddawanie energii do sieci.
- zastosowanie przetwornicy statycznej, której sprawność znacznie przekracza sprawność przetwornicy elektromechanicznej

Dodatkowo oprócz oszczędności związanych bezpośrednio ze zużyciem energii elektrycznej pojawia się szereg czynników ograniczających koszty. Należą do nich między innymi:

- ograniczenie liczby aparatów stykowych, co bezpośrednio wpływa na zmniejszenie wydatków na materiały eksploatacyjne (komory gaszeniowe, styki, połączenia podatne), oraz z racji wyeliminowania maszyn komutatorowych zbędne stały się szczotki grafitowe.
- ograniczenie nakładów na pracę bezpośrednią przy utrzymaniu urządzeń elektromechanicznych – przeglądy i obsługa eksploatacyjna styczników i maszyn komutatorowych

Ważnym czynnikiem wpływającym na wynik ekonomiczny przewoźnika jest również poziom utraconych korzyści. Wynikają one z awarii pojazdów, które uniemożliwiają ich pracę liniową, niekiedy wymuszając wyłączenie z tej pracy sprawnego składu niezbędnego do holowania uszkodzonego tramwaju.

Mniejsza awaryjność układów energoelektronicznych w porównaniu z układami elektromechanicznymi skutkuje również lepszą oceną transportu publicznego i to zarówno tą pozaekonomiczną, kształ-

towaną przez pasażerów i w mediach, jak i przeliczaną na złotówki przez zarządy transportu w rozliczaniu kursów niewykonanych i niepunktualnych.

Bardzo ważnym czynnikiem ekonomicznym ściśle związanym z niezawodnością tramwajów jest wskaźnik wykorzystania taboru. W wagonach klasycznych oprócz styczników i silników DC funkcjonowały takie aparaty jak rozrusznik, przekaźnik samoczynnego rozruchu czy regulator napięcia baterii akumulatorów. Są to aparaty o skomplikowanej budowie i wymagające częstych przeglądów i regulacji. Jakikolwiek zaniedbania w ich obsłudze skutkowały zjazdami awaryjnymi, co wymuszało utrzymywanie potężnej rezerwy wagonowej. W celu utrzymania komunikacji na przyzwoitym poziomie, nawet do 30 % liczby wagonów jeżdżących w ramach rozkładu jazdy musiało stać w gotowości do wyjazdu na linię na wypadek zjazdu awaryjnego.

Doświadczenia z eksploatacji wagonów z napędem asynchronicznym wykazują, że realne jest prowadzenie pracy przewozowej na przyzwoitym poziomie nawet ze wskaźnikiem wykorzystania na poziomie 0,9. Oznacza to możliwość redukcji liczby pojazdów, co wprost przekłada się na ograniczenie niezbędnych środków finansowych na zakupy nowego taboru. Gdybyśmy pokusili się o analizę sytuacji zajezdni w której stacjonuje 100 pojazdów, zgodnie z założeniami zwiększenie wskaźnika wykorzystania taboru z 0,7 do 0,9 pozwala na zmniejszenie stanu inwentarzowego do 80 wagonów. Przy założeniu ceny wieloprzegubowego wagonu zastępującego dwa wagony 105Na na poziomie 7 000 000 zł daje to kwotę 140 000 000 zł. Przeznaczenie części tej kwoty na modernizację napędów wagonowych pozwala na szybkie zwiększenie niezawodności taboru i przyspieszenie wymiany najstarszych wagonów na nowe. Oczywiście przy decyzjach indywidualnych muszą być brane pod uwagę zarówno planowane środki inwestycyjne, oraz wiek i stan taboru.

Wraz z przybywaniem liczby wagonów wyposażonych w system zwrotu energii hamowania do sieci możemy spodziewać się ograniczeni efektu oszczędności energii elektrycznej. Przy założeniu zachowania niezmienności liczby pojazdów na odcinku sieci w miarę przyrostu liczby wagonów z napędem asynchronicznym obserwujemy wzrost podaży energii rekuperacyjnej, przy jednoczesnym spadku energochłonności pojazdów. Prowadzi to wprost do zmniejszenia prawdopodobieństwa, że energia hamowania jednego tramwaju zostanie wykorzystana przez inny będący w fazie rozruchu. Prowadzi to w rezultacie do wytracania energii w rezystorach.

Powyższe tendencje spowodowały podjęcie w ZEP ENIKA Sp. z o. o. prac nad wykonaniem projektu i prototypu układu napędu asynchronicznego zasobnikowego dla tramwaju. Istotą innowacji tego projektu jest gromadzenie energii odzyskanej w trakcie

hamowania elektrodynamicznego w baterii wysokopojemnych kondensatorów i wykorzystywanie jej w fazie najbliższego rozruchu. Obliczenia teoretyczne oraz wyniki podobnych badań prezentowane w Japanese Railway Engineering Nr 156/2006 wskazują, że układ jest w stanie zgromadzić ponad 70% energii kinetycznej pojazdu. Rozwój technologii wytwarzania takich kondensatorów sprawił, że cena umożliwia już wykorzystanie ich w sposób uzasadniony ekonomicznie. Przewagą układu z zasobnikiem nad standardowym napędem asynchronicznym jest gwarancja wykorzystania energii odzyskowej. Dodatkowych oszczędności można upatrywać w fakcie obniżenia mocy szczytowej pobieranej z podstacji, za co zakłady energetyczne pobierają dodatkowe opłaty.

Przed operatorem transportu publicznego pojawi się konieczność określenia parametrów układu. Energia hamownia tramwaju jest uzależniona od konfiguracji trasy, napełnienia wagonu i prędkości początkowej. W poniższej tabeli zawarto poziom energii hamowania w zależności od masy i prędkości początkowej wagonu.

**Energia hamowania wagonu 105Na**

**Tabela 1**

		Masa pojazdu			
		Pusty	Średnio napełniony	Pełny	
Prędkość	30 km/h	0,49	0,63	0,755	Energia [MJ]
	50 km/h	1,38	1,75	2,11	
	70 km/h	2,69	3,4	4,11	

Koszt inwestycji w zasobnik kondensatorów w aktualnych cenach można szacować na poziomie 50 tys. zł za zdolność do akumulowania 1MJ energii.

Z analizy projektowej wynika, że zarówno bateria superkondensatorów jak i dodatkowy, towarzyszący jej układ energoelektroniczny zmieszczą się w wolnych przestrzeniach na dachu i pod podłogą wagonu.

Czynnikiem sprzyjającym proponowanym rozwiązaniom jest perspektywa forsowania przez decydentów polityki nastawionej na rozwiązania energooszczędne. Wcześniej czy później można również spodziewać się przerwania na konsumentów energii kosztów emisji CO<sub>2</sub> do środowiska.