

Małgorzata Kozłowska

Economizer dla autobusów elektrycznych

Celem europejskiej polityki transportowej na pierwszą połowę XXI w. jest kreowanie efektywnego, zasobooszczędnego systemu transportowego. W jego kreowaniu istotne znaczenie ma wdrażanie napędu elektrycznego w autobusach komunikacji miejskiej. Czynnikiem determinującym zużycie energii w tych pojazdach są umiejętności kierowców. W artykule zaprezentowano system Economizer, który umożliwia kierowcy naukę i utrwalanie dobrych praktyk w trakcie jazdy.

Słowa kluczowe: autobusy elektryczne, Economizer, umiejętności kierowców.

Wstęp

Rosnące zanieczyszczenie powietrza w europejskich miastach staje się coraz większym zagrożeniem dla zdrowia i życia mieszkańców. Ponad 74% ludności w Europie zamieszkuje miasta. Wskaźnik ten stale rośnie a wraz ze wzrostem liczby ludności zwiększa się zapotrzebowanie na transport, który odpowiada za znaczącą część emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Konieczność redukcji emisji gazów cieplarnianych wymusza zmianę sposobu napędzania pojazdów z tradycyjnych silników spalinowych na napędy zeroemisyjne, w tym elektryczne.

Napęd elektryczny charakteryzuje się doskonałymi parametrami pracy, jest cichy, bardzo wydajny i umożliwia odzyskiwanie energii w trakcie hamowania. Jednym z problemów, które wymaga rozwiązania przed upowszechnieniem wykorzystania autobusów elektrycznych w transporcie publicznym, jest ich ograniczony zasięg. Obecne rozwiązania umożliwiają przejechanie ok. 250 km na jednym ładowaniu, co w wielu przypadkach nie jest wystarczające. Istnieją dwa rozwiązania, które rozwijane są równolegle:

1. zwiększenie pojemności baterii trakcyjnych;
2. szybkie ładowanie przy wykorzystaniu pantografu.

Oba rozwiązania mają ogromny potencjał i w niedalekiej przyszłości upowszechnią się w całej Europie.

Problem

Niezależnie od sposobu ładowania pojazdu, wolnego w nocy czy szybkiego za pomocą pantografu, kluczowe dla zasięgu autobusu elektrycznego jest zużycie energii elektrycznej wyrażone w kWh/100 km, co odpowiada zużyciu paliwa przez silnik

spalinowy w l/100 km. Pierwsze wdrożenia autobusów elektrycznych wykazały, że zużycie energii waha się w szerokim zakresie. Przykładowo dla 12-metrowego autobusu obserwowane zużycie energii może wynosić od 80 do 140 kWh/100km. W autobusach elektrycznych zużycie energii warunkuje zasięg pojazdu i jest to kluczowe zagadnienie. Koszty eksploatacji są oczywiście również ważne, ale w drugiej kolejności. Przykładowo autobus o zestawie baterii trakcyjnych 240 kWh może mieć zasięg od 170 do 300 km. Pierwsze analizy wykazały, że zużycie energii zależy od wielu czynników, tj. natężenia ruchu, temperatury, pory dnia, ale również od tego, który kierowca prowadził autobus. Celowa jest zatem bardziej wnikliwa analiza tego zagadnienia.

Analiza

Zespół analityków z firmy INSOH rozpoczął pogłębione badania dotyczące determinant zużycia energii do napędu autobusów elektrycznych. Do badań nad ekonomicznym sposobem jazdy autobusami elektrycznymi wykorzystane zostały dane historyczne. Pochodziły one z autobusów jeżdżących na terenie różnych krajów Europy (m.in. Polski, Niemiec, Włoch) o odmiennych parametrach w celu zdywersyfikowania próby badawczej. Łącznie do analiz posłużyły dane z ponad 1 mln km. Tej wielkości wolumen umożliwił odfiltrowanie zakłóceń, a następnie utworzenie zbioru możliwych do oceny przejazdów, które zostały poddane szczegółowej analizie.

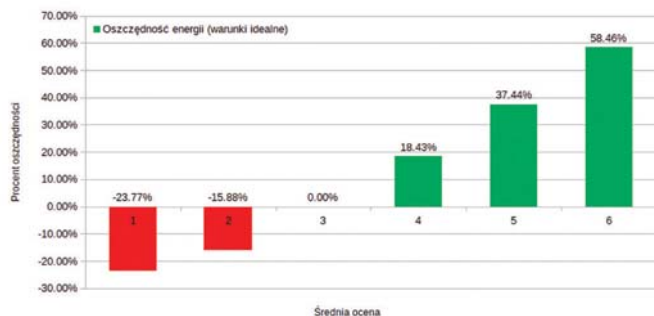
Każdy z fragmentów podróży autobusem został potraktowany autonomicznie. W efekcie tego podejścia wyłoniła się możliwość zbadania wpływu elementarnych zachowań kierowcy na zużycie przez niego energii. W trakcie analiz duży nacisk został położony na detekcję takich zjawisk w ruchu autobusu, na które kierowca ma największy wpływ. Z tego podejścia wyłoniła się finalna koncepcja algorytmów składających się na ocenę jazdy kierowcy. Łącznie możemy wyróżnić aż 3 samodzielne moduły biorące udział w przetwarzaniu, analizie i skalaniu danych. Do ich stworzenia posłużono się metodą rozbicia trasy autobusu na mikrotripy. W pierwszym kroku niezbędne było wyselekcjonowanie 3 etapów ruchu pojazdu: przyspieszania, jazdy ze stałą prędkością i hamowania. Są to elementy, które są dla kierowcy intuicyjne i tym samym możliwe do poprawy. Mają one istotny wpływ na zużycie energii przez pojazd.

Przyspieszanie

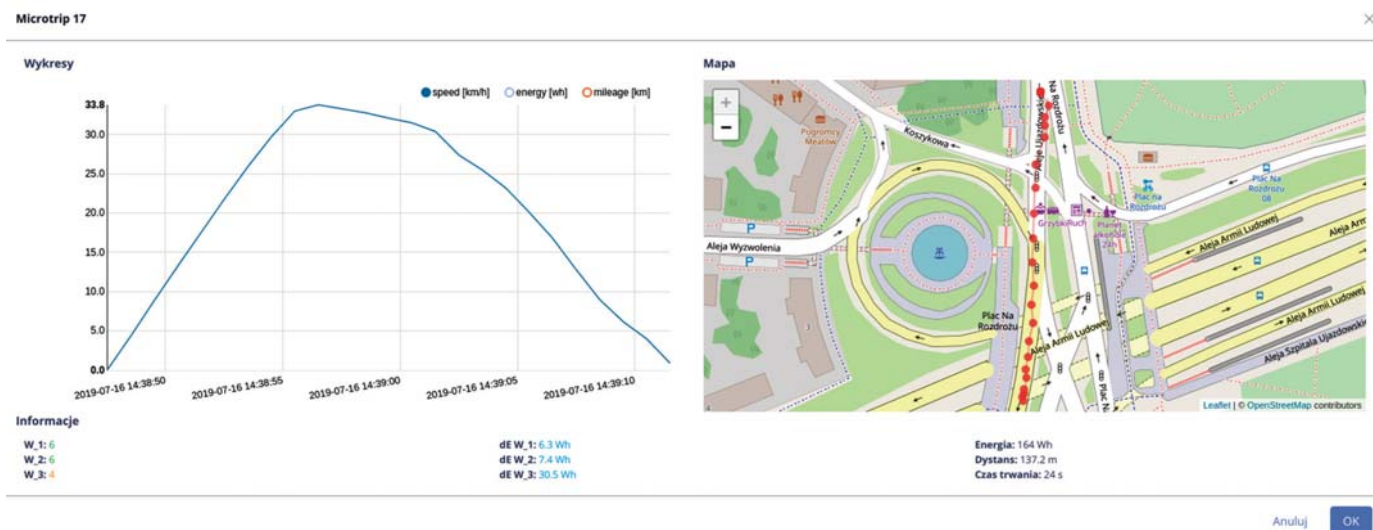
Zestawienie wszystkich krzywych przyspieszeń pojazdów umożliwiło wyliczenie optymalnego tempa przyspieszania. Uwzględniono komfort pasażerów, pozwalając jednocześnie kierowcy zminimalizować wpływ tego manewru na ogólne zużycie energii elektrycznej. Różnica w zużyciu energii w trakcie niewłaściwego wykonania tego manewru w stosunku do optymalnego może wynieść nawet 33%.

Hamowanie

Podczas hamowania kierowca ma możliwość rekuperacji, czyli odzyskania energii zużytej do rozpędzenia pojazdu. W badaniu zjawiska rekuperacji posłużono się jej wydajnością w zależności od siły, z jaką kierowca wytraca prędkość. Korelacja tego



Rys. 1. Ilość energii możliwej do zaoszczędzenia przez kierowcę za pomocą Economizera (na przykładzie 300 m mikrotripy – typ pojazdu: BUS12m)



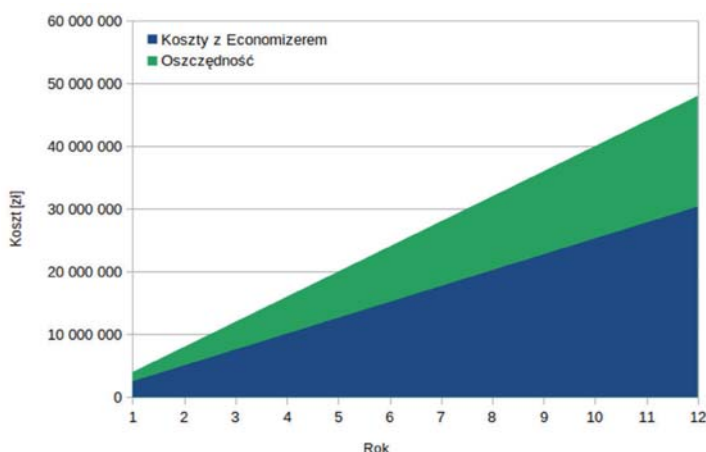
Rys. 2. Lokalizacja trasy i wyniki testu

zjawiska z przyrostem energii w bateriach w stosunku do wytraconej energii kinetycznej pojazdu służy wyznaczeniu współczynnika efektywności hamowania. Ta analiza umożliwiła wytyczenie optymalnej siły i sposobu hamowania, pozwalających na powrót energii do baterii. Badanie to jednocześnie dało istotne informacje na temat tego, jakiego rodzaju hamowanie w ogóle nie zwiększa energii zmagazynowanej w bateriach.

Jazda ze stałą prędkością

Fragmety pomiędzy etapem rozpędzania i hamowania pojazdu wypełnia jazda ze stałą prędkością. Dla zbadania ekonomiczności tego zachowania posłużono się zmiennością energii kinetycznej pojazdu i jej wpływem na zużycie energii. Jednoznacznie można stwierdzić, iż – zgodnie z oczekiwaniami – mała zmienność prędkości pozwala ograniczyć zużycie energii w tej fazie nawet o 60%. Skutkuje to tym, iż w dłuższych tripach stabilna jazda ze stałą prędkością pozwala silnie redukować zużywaną energię. Zachowania kierowców, którzy często rozpędzają się, a następnie znów przyhamowują, zostały w tej analizie ocenione jednoznacznie negatywnie.

Zestawiając te 3 etapy kierowania pojazdem z możliwymi zachowaniami kierowcy, możemy wyznaczyć idealną drogę autobusu z miejsca na miejsce, która zmaksymalizuje wydajność.



Rys. 3. Wpływ Economizera na koszty eksploatacji 100 autobusów elektrycznych

Economizer

Dzięki analizom statystycznym i technologii prowadzenia badań Big Data stało się możliwe bardzo dokładne określenie zachowań kierowcy, które zmniejszają ogólne zużycie energii elektrycznej przez pojazd. Znalazło się to u podstaw stworzenia systemu, który dobre zachowania premiuje, a o złych komunikuje kierowcy. System taki umożliwia kierowcy naukę i utrwalanie dobrych praktyk w trakcie jazdy.

Rozwiązaniem problemu kontroli zachowań w trakcie jazdy stał się system monitorujący jazdę kierowców – Economizer. To narzędzie korzystające z technologii Big Data umożliwia śledzenie w czasie rzeczywistym wyników kierowców, podgląd wyników historycznych i ich analizę w celu poprawy na przyszłość.

Na system składają się 2 moduły: aplikacja webowa i aplikacja mobilna.

Aplikacja mobilna

W środowisku mobilnym otrzymujemy m.in. wiadomości asystenta informujące nas, jak poprawić ekonomiczność naszej jazdy,



Rys. 4. Ekran aplikacji mobilnej systemu Economizer

oceny w skali od 1 do 6 za nasze zachowania jako kierowców oraz informację o możliwym przyroście energii – jeśli do wcześniej wymienionych wskazówek się dostosujemy.

Aplikacja webowa

Jeśli skorzystamy z aplikacji webowej, otrzymamy szczegółowy podgląd sesji jazdy, analizy i wykresy oceniające kompleksowo wyniki oraz podgląd każdego mikrotripsa na mapie wraz z ocenami. Aplikacja webowa daje również dostęp do funkcjonalności rozszerzonej, kierowanej do menedżera. Dzięki niej ma możliwości generowania raportów, list kierowców i podglądu konkretnych sesji oraz ogólnego zarządzania systemem optymalizacji jazdy. Economizer poprzez algorytmy stojące u jego podstaw bazuje na zużyciu energii przez kierowcę, tym samym niwelując wpływ natężenia ruchu, infrastruktury miejskiej czy obciążenia pojazdu. Możemy dzięki temu w pełni oceniać to, w jak wysokim stopniu kierowca wypełnia ekonomiczne zalecenia i zbliża się do optymalnej wartości zużycia na danej trasie. Tego typu informacja ma wiele zalet. W pierwszej kolejności jest to walor informacyjny dla menedżera – czyta on o sposobie eksploatacji pojazdu. Umożliwia to niewątpliwie nadzór nad pracą kierowcy i autobusu. Drugą jest aspekt oceny kierowcy. Jako menedżer możemy podjąć decyzję, czy dana osoba w pełni sprawnie korzysta z pojazdu elektrycznego. Pomogą nam w tym wyliczone współczynniki, wykresy i dane historyczne. Trzecią zaletą jest możliwości nauki i utrwalania dobrych praktyk przez kierowcę w trakcie prowadzenia pojazdu. Powyższe cechy stanowią pozytywny walor zarówno dla menedżera, jak i dla kierowcy.

Ponadto Economizer oferuje również możliwość dołączenia przez kierowcę do grywalizacji. Ta dodatkowa funkcja umożliwia tworzenie sesji, w których kierowcy rywalizują ze sobą na podstawie zdobywanych ocen za ekonomiczność jazdy. Zdobywane punkty sumują się w listę rankingową, pozwalającą wyróżnić najlepszego kierowcę. Oprócz samych ocen kierowcy mogą też zdobywać punkty bonusowe za szczególnie osiągnięcia. One też wliczają się do wyniku końcowego. Funkcja ta nie tylko stanowi urozmaicenie samej aplikacji, ale również pozwala na interakcję jej użytkowników z systemem i pozytywne nagradzanie najlepszych kierowców.

Korzystanie z systemu ekonomicznej jazdy, który dostarcza Economizer, pozwala w realnej eksploatacji pojazdu zmniejszyć zużycie energii. Z uwagi na różny stopień natężenia ruchu drogowego, obciążenie pojazdu i ukształtowanie terenu ta estymowana wartość różni się. Jednakże z wyników analiz można jednoznacznie przyjąć, iż zużycie pojazdów elektrycznych eksploatowanych w warunkach miejskich z pomocą Economizera zmniejszy się średnio nawet do 30%. Dla przeciętnego pojazdu w eksploatacji miejskiej, który w ciągu roku przejeżdża ok. 75 tys. km, przy aktualnych cenach za energię elektryczną, daje to oszczędności rzędu ok. 15 tys. zł/rok. Ponadto umożliwia stałą weryfikację osiągnięć kierowców i zarządzanie optymalizacją kosztów w całym przedsiębiorstwie. Tym samym należy uznać, iż Economizer powinien stać się nieodłącznym narzędziem zarządzania flotą pojazdów elektrycznych, jak i samodoskonalenia w zakresie ekonomiczności jazdy.

Szczegółowe informacje o Economizerze uzyskać można na stronie www.insoh.pl i pod adresem spredaz@insoh.pl

Economizer for electric buses

The aim of European transport policy of the first half of XXI century is creating competitive and resource efficient transport system. In creating of the system crucial issue is implementation of electric drive in public transport buses. The determining factor in this vehicles are driver skills. In the article has been presented Economizer, allowing gaining good habits and driving skills.

Keywords: electrical buses, Economizer, driving skills.

Autorka:

mgr **Małgorzata Kozłowska** – doktorantka na Wydziale Nauk Ekonomicznych i Prawnych Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu

Procesy transportowe w warunkach zakłóceń łańcuchów dostaw

Sylvia Konecka
Paweł Romanow
Maciej Stajniak

Sylvia Konecka, Paweł Romanow, Maciej Stajniak

Procesy transportowe w warunkach zakłóceń łańcuchów dostaw

ISBN 978-83-66017-59-7

e-ISBN 978-83-66017-60-3

Liczba stron: 146

Format: B5

Oprawa: miękka

Rok wydania: 2019

Cena 35,00 zł (w tym 5% VAT)

Badania przeprowadzane w ramach prac nad książką miały na celu wyznaczenie metod optymalizacji w zakresie transportu. Przede wszystkim poprzez wykazanie korzyści płynących z wykorzystania informacji dla eliminacji zakłóceń przepływu materiałów w łańcuchu dostaw i poprawy jego sprawności.

Pełna oferta wydawnicza:

www.inw-spatium.pl