

Autor:	mgr inż. Michał Urbaniak
Tytuł rozprawy:	Model organizacji ruchu na sieci kolejowej z uwzględnieniem rekuperacji energii
Stron:	130
Rysunków:	64
Tablic:	8
Pozycji bibliograficznych:	116
Dodatków:	0
Załączników:	4
Słowa kluczowe:	modelowanie, organizacja ruchu kolejowego, rekuperacja energii, energetyczna kooperacja pociągów

Rozprawa ma charakter interdyscyplinarny. W głównej mierze dotyczy zagadnień z obszarów energetyki transportu, teorii ruchu pojazdów szynowych oraz organizacji ruchu kolejowego w zakresie optymalizacji wykorzystania energii pochodzącej z hamowania odzyskowego z wykorzystaniem energetycznej kooperacji pociągów.

Na wstępie przeanalizowano aktualny stan wiedzy z zakresu metod wykorzystywania energii z rekuperacji oraz istniejących modeli optymalizujących ich efektywność. Na tej podstawie za główny cel pracy wyznaczono opracowanie metody modyfikacji kolejowego rozkładu jazdy, która doprowadzi do zwiększenia efektywności wykorzystania energii pochodzącej z rekuperacji. W związku z powyższym postawiono tezę, że możliwe jest zwiększenie efektywności rekuperacji energii w kolejowej sieci trakcyjnej dzięki energetycznej kooperacji pociągów poprzez modyfikację kolejowego rozkładu jazdy w zakresie rzeczywistych czasów przyjazdów pociągów bez ponoszenia dodatkowych kosztów związanych z infrastrukturą transportu szynowego.

W zasadniczej części rozprawy opracowano i opisano narzędzie (skrypt utworzony w środowisku *MATLAB&Simulink*) umożliwiające wyszukiwanie par pociągów i stacji lub przystanków, na których możliwa jest energetyczna kooperacja pojazdów bez istotnych ingerencji w rozkład jazdy, a jedynie poprzez odpowiednie sterowanie czasem przyjazdu w zakresie dopuszczalnym przez rozkład jazdy. Symulację przejazdu teoretycznego pociągów przeprowadzono na podstawie modelu dynamiki pojazdu szynowego uwzględniającego charakterystyki rozruchu i hamowania oraz występujące opory ruchu, w szczególności związane z profilem podłużnym rzeczywistych linii kolejowych. Następnie opracowano model wykorzystywania energii odzyskanej z hamowania rekuperacyjnego uwzględniający przyjęte w pracy założenia dotyczące możliwości sterowania czasem przyjazdu na stację lub przystanek. Algorytm przejazdu teoretycznego oraz model wykorzystywania energii, dostosowane do osiągnięcia zamierzonych celów, zaimplementowano do środowiska *Simulink*.

W dalszej części pracy do optymalizacji symulowanych przejazdów zaproponowano funkcję celu uwzględniającą dwie funkcje cząstkowe (bilans energii i energię możliwą do odzyskania) oraz ich wagi. W celu rozwiązania zagadnienia optymalizacyjnego w środowisku *MATLAB* posłużono się utworzonym modułem wykorzystującym algorytm świetlika oraz – dla porównania otrzymywanych wyników – wbudowaną funkcją optymalizacyjną *fmincon*.

Symulację przejazdów z wykorzystaniem stworzonych narzędzi badawczych przeprowadzono dla linii kolejowej nr 250 Gdańsk Główny – Rumia. W wyniku symulacji kooperacji par pociągów na wybranych przystankach wybranej linii otrzymano rekomendowane czasy przyjazdów (z dokładnością do 1 sekundy) poszczególnych pociągów minimalizujące zaproponowaną funkcję celu dla optymalnego wykorzystania energii pochodzącej z rekuperacji przy wykorzystaniu energetycznej kooperacji pojazdów.

Otrzymane wyniki wykazały, że w szczególnych przypadkach przy przestrzeganiu reżimu narzuconego sekundowym rozkładem jazdy, na linii kolejowej nr 250 Gdańsk Główny – Rumia możliwe są oszczędności w zapotrzebowaniu na energię trakcyjną sięgające nawet 200 tys. PLN rocznie.

Author: mgr inż. Michał Urbaniak
Title: The model of railway traffic organization given an energy recuperation

Pages: 130
Drawings: 64
Tables: 8
Bibliographic items: 116
Additives: 0
Attachments: 4
Keywords: modeling, railway traffic organization, energy recuperation, energy cooperation of trains

The dissertation is interdisciplinary. It mainly deals with issues in the areas of transport power engineering, theory of rail vehicle movement and organization of railway traffic in the field of optimizing the use of energy from regenerative braking with the use of energy cooperation of trains.

At the beginning, the current state of knowledge in the field of methods of using energy from recuperation and existing models optimizing their effectiveness were analyzed. On this basis, set as the main goal of the work to developed a method for modifying the railway timetable, which will allow to increase of the efficiency of using energy from recuperation braking. Therefore, the thesis was made that it is possible to increase the efficiency of using energy recuperation in the railway traction network by the energy cooperation of trains and by modifying the railway timetable in terms of train real arrival times without incurring additional costs related to railway infrastructure.

In the main part of the dissertation a tool was developed and described (script created in the *MATLAB&Simulink* environment) enabling searching for pairs of trains and stations or stops on which the energy cooperation of vehicles is possible without significant interference in the train timetable, but only by appropriate control of arrival time in the range acceptable by the train timetable. Simulation of the theoretical running was carried out on the basis of a dynamic model taking into account the characteristics of starting and braking as well as the resistance of movement, in particular related to the longitudinal profile of railway line. A model of using energy recovered from recuperation braking was also developed given the assumptions the possibility of controlling the time of arrival at a station or a stop. The model of theoretical drive and the energy use model, adjusted to achieve the intended goals, have been implemented into the *Simulink* environment.

Next, to optimize the simulated, an objective function was proposed that given two partial functions (energy balance, energy recoverable) and their importance. In order to solve the optimization issue in the *MATLAB* environment, a module based on the FA algorithm was used and - in order to compare the obtained results – a built-in optimization function *fmincon*.

The simulation using the developed research tools was carried out for the railway line No. 250 Gdańsk Główny - Rumia with the train valid timetable. As a result of the simulation, trains' pairs capable of energy cooperation on the selected stops or stations of the selected track were found. For these trains, arrival times (with a 1 second accuracy) were recommended minimizing the proposed objective function for the optimal use of the energy from recuperation, considering the trains energy cooperation.

The obtained results have shown that in special cases, observing the rules imposed by the very exact train timetable, on the railway line No. 250 Gdańsk Główny - Rumia, possible savings in the traction energy could demand of up to 200,000 PLN per year.