

Jerzy KWAŚNIKOWSKI, Grzegorz GRAMZA
Politechnika Poznańska

PORÓWNANIE WŁASNOŚCI TRAKCYJNO- -RUCHOWYCH LOKOMOTYW EU07 i ET22 ZE SKŁADEM TOWAROWYM

Słowa kluczowe

Kolejowe zadania przewozowe, energochłonność przewozów, symulacja przejazdu teoretycznego pociągu.

Streszczenie

Praca zawiera porównanie realizacji zadań przewozowych realizowanych z wykorzystaniem lokomotyw elektrycznych serii EU07 i ET22. Przedstawiono wyniki ilościowe przejazdów teoretycznych wykonanych z użyciem pakietu symulacyjnego RSEL.

Wprowadzenie

Ekonomiczna realizacja zadań przewozowych w transporcie kolejowym, ze względu na jego charakter zależy od wielu czynników technicznych, ekonomicznych i eksploatacyjnych. Zróżnicowanie taboru kolejowego jest zdecydowanie mniejsze niż np. w transporcie drogowym, a problematyka doboru pojazdów trakcyjnych do realizowanych zadań przewozowych nie jest mimo to łatwiejsza. Szynowe pojazdy trakcyjne projektowane są na długi okres eksploatacji, a ich konstrukcja w wielu przypadkach umożliwia pewną uniwersalność przy wykonywaniu zadań przewozowych. Dodatkowym czynnikiem w krajowych realiach, który często decyduje o wykorzystaniu takiej, a nie innej lokomotywy do realizowanego zadania, są braki taborowe, a także duże koszty za-

kupu nowych pojazdów. Wykorzystuje się zatem te pojazdy, które mogą wykonać dane zadanie, a nie są w tym czasie w stanie obsługi technicznej.

Według wykazu ilostanu inwentarzewego zawartego w Raporcie Rocznym Grupy PKP [8] na dzień 31.12.2007 ET22 i EU07 to dwie najliczniejsze serie lokomotyw liniowych będących w posiadaniu spółki PKP CARGO S.A. Liczą one: ET22 940 sztuk, EU07 263 sztuki.

Celem pracy jest porównanie pod względem czasowym i energetycznym realizacji zadań przewozowych z tymi typami lokomotyw. Analiza może być przydatna do podjęcia decyzji o wykorzystaniu lokomotyw serii EU07 do prowadzenia niezbyt ciężkich składów towarowych.

1. Symulator procesu ruchu pociągu RSEL

Do analiz symulacyjnych wykorzystano symulator cyfrowy procesu ruchu pociągu RSEL (Run Simulation of Electric Locomotives). Umożliwia on odwzorowanie ruchu pociągu według trzech sposobów sterowania:

- minimalno-czasowego (forsownego – MR),
- przy zadanym czasie przejazdu (quasi-forsownego – SL)
- energooszczędnego, również przy zadanym czasie przejazdu (FC).

Przejazd minimalno-czasowy dostarcza informacji o najkrótszym czasie przejazdu zadanej trasy oraz możliwościach trakcyjnych lokomotywy przy obciążeniu ekstremalnym. Przejazd quasi-forsowny realizowany jest w zadanym czasie przejazdu dłuższym od minimalnego przy konwencjonalnym sposobie sterowania, podobnym do obserwowanego u maszynistów nieprzeszkolonych do jazdy energooszczędnej. Przejazd energooszczędny odbywa się w zadanym czasie, a regulacja czasu przejazdu wykonywana jest przez wymuszanie odcinków jazdy wybiegiem (bez napędu) przed hamowaniem i na spadkach profilu. Szczegółowy opis podstawowych procedur programu RSEL przedstawiono w pracy [2].

Symulator RSEL liczy dodatkowo wiele innych wskaźników eksploatacyjnych, np. zużycie energii na przejazd, pracę oporów wzniesień oraz inne nie związane bezpośrednio ze zużyciem energii, tj. średnią prędkość techniczną i handlową, prąd zastępczy, wydajność czasową oraz histogramy nastawień sterownika jazdy/hamowania i histogramy obciążeń kół siłą pociągową. Wcześniej program wykorzystywano do analizy czasowych i energetycznych realizacji zadań przewozowych między innymi w pracach [1, 3, 6]. W latach następnych program był ulepszany i zmieniany. Istnieje również możliwość zmiany i dostosowania programu do aktualnych potrzeb, np. analizy przejazdów pociągów prowadzonych lokomotywami z silnikami asynchronicznymi.

2. Przejazdy symulacyjne

Przedmiotem analizy jest zadanie przewozowe realizowane na 156-kilometrowym odcinku drogi Rzepin – Poznań. Wykonano 8 przejazdów teoretycznych:

- z prędkościami maksymalnymi $v_{\max} = 80$ km/h i $v_{\max} = 100$ km/h,
- bez zatrzymań na drodze przewozu i z zatrzymaniem pośrednim na 53. kilometrze drogi na stacji Świebodzin,
- z lokomotywami: uniwersalną EU07 i towarową ET22.

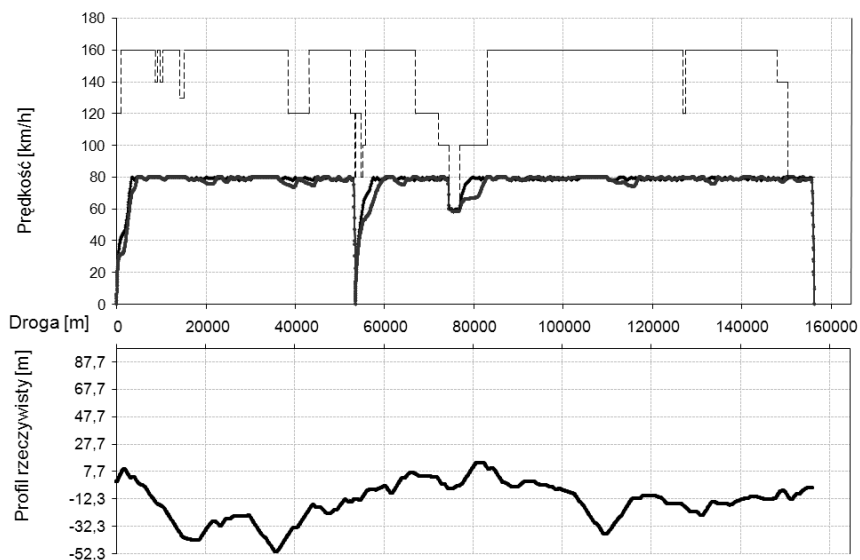
Pociągi składały się z 25 wagonów cystern o łącznej masie 1750 ton.

Symulacje wykonane zostały według forsownej (minimalno-czasowej) procedury sterowania pociągiem MR, polegającej na wykonaniu zadania w czasie minimalnym z przestrzeganiem założonych ograniczeń prędkości na szlaku, oraz ze względu na możliwości taboru i czasy odjazdów zadane w rozkładzie jazdy. Istnieje możliwość wykonania innych – dodatkowych analiz, np. przejazdów quasi-forsownych lub energooszczędnych (z jazdą z wybiegiem) po wprowadzeniu do rozkładu jazdy założonych rezerw czasowych. Nie były jednak one wykonane, aby nie wprowadzać dodatkowych zmiennych mogących mieć wpływ na wyniki eksperymentów.

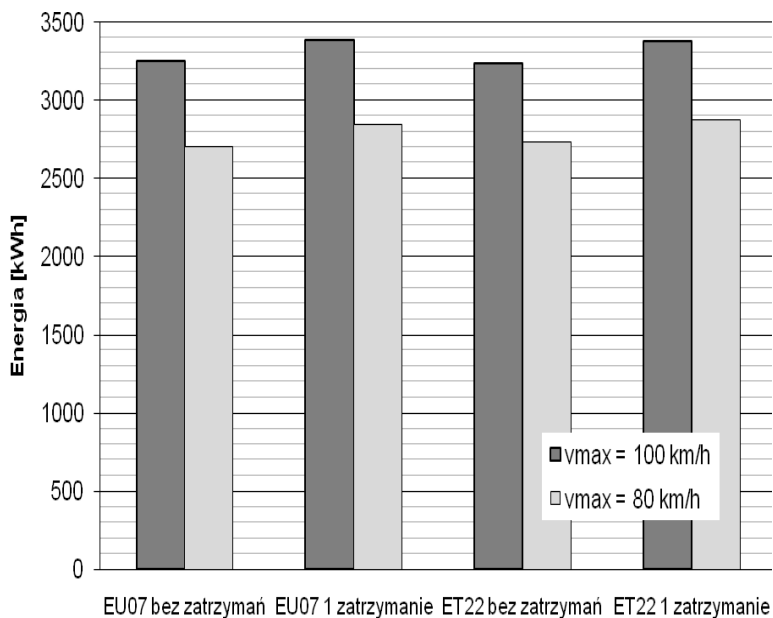
3. Wyniki eksperymentów symulacyjnych

Przykładowe trajektorie prędkości dla analizowanej trasy Rzepin – Poznań przedstawia rys. 1. Na górnej części wykresu znajdują się trajektorie prędkości przejazdów z lokomotywami EU07 i ET22 przy globalnym ograniczeniu prędkości maksymalnej do $v_{\max} = 80$ km/h. Widoczne są również ograniczenia prędkości wynikające ze stanu technicznego drogi kolejowej. Dolna część wykresu przedstawia profil odcinka drogi, na którym realizowano przejazd.

Na rys. 2 przedstawiono wykres całkowitego zużycia energii dla wykonanych 8 symulacji przejazdów. Widoczne są niewielkie różnice w zużyciu energii pomiędzy analogicznymi przejazdami z lokomotywą EU07 i ET22. W tab. 1 przedstawiono ilościowe wyniki symulacji, z których wynika, że przy prędkości ograniczonej do 100 km/h lokomotywa EU07 zużyła więcej energii niż ET22. Przy prędkości ograniczonej do 80 km/h mniej energii zużywała lokomotywa EU07. Jak wynika z realizowanych symulacji krótsze czasy przejazdów otrzymano przy wykorzystaniu jako pojazd trakcyjny lokomotywy ET22. Zamieszczono wybrane wyniki, spośród kilkuset liczonych przez program RSEL, następujących wskaźników: czas jazdy czystej (bez zatrzymań t_j , całkowite zużycie energii na pantografie E_s , zużycie energii na trakcję E_t , pracę mechaniczną (siły pociągowej) L_m , średnią sprawność umowną $\eta_u = L_m/E_s$, iloraz pracy mechanicznej i przewozowej L_m/L_p .



Rys. 1. Trajektorie prędkości dla przejazdów symulacyjnych składu wagonów o masie 1750 ton z lokomotywami EU07 i ET22



Rys. 2. Całkowite zużycie energii dla różnych prędkości maksymalnych: 100 km/h i 80 km/h

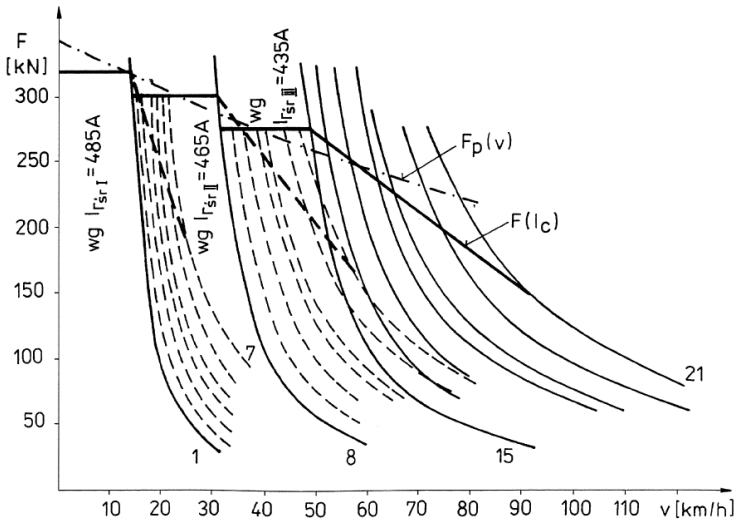
Tabela 1. Wybrane wyniki przejazdów symulacyjnych składu wagonów o masie 1750 ton z lokomotywami EU07 i ET22

Trasa	Rzepin – Poznań, 156 km							
Skład wagonów	25 wagonów cystern, 1750 ton							
Prędkość v_{\max} [km/h]	100				80			
Lokomotywa	EU07, 80 ton		ET22, 120 ton		EU07		ET22	
Masa składu pociągu m_p [t]	1830		1870		1830		1870	
Praca przewozowa L_p [tkm]	285480		291720		285480		291720	
Liczba zatrzymań	0	1	0	1	0	1	0	1
Czas jazdy czystej t_f [s]	6388,00	6645,00	6102,00	6257,00	7476,00	7703,00	7303,00	7446,00
Całkowite zużycie energii E_s [kWh]	3248,90	3385,90	3235,70	3373,10	2702,40	2847,00	2735,10	2875,40
Zużycie energii na trakcję E_t [kWh]	3142,40	3271,60	3134,00	3262,70	2577,78	2718,09	2613,34	2750,84
Praca mechaniczna L_m [kWh]	2828,00	2919,00	2948,00	3056,00	2416,90	2518,00	2461,00	2576,00
Średnia prędkość techniczna v_t [km/h]	87,98	84,58	92,11	89,83	75,18	72,97	76,96	75,49
Średnia sprawność umowna η_u	0,8706	0,862	0,9111	0,9061	0,8944	0,8845	0,8998	0,896
Iloraz pracy mechanicznej i przewozowej L_m/L_p [kNm/tkm]	37,27	38,46	38,85	40,27	31,85	33,18	32,43	33,95

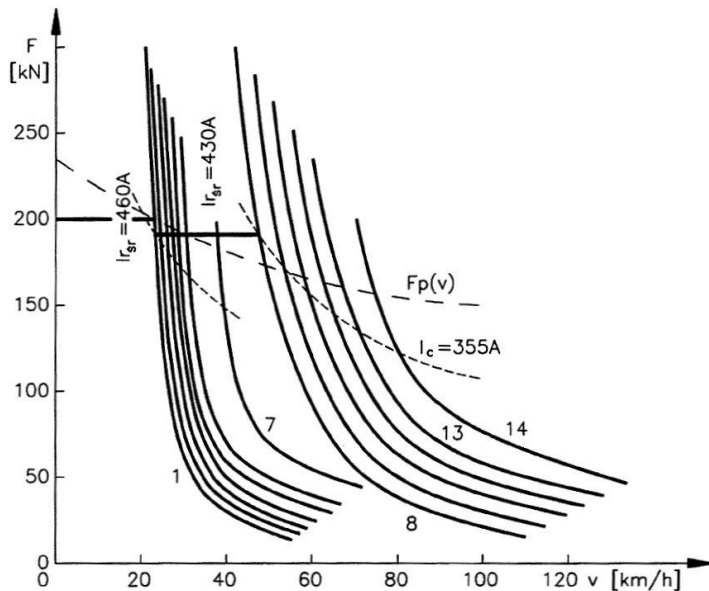
Podsumowanie

Analiza przejazdów symulacyjnych wykonanych z wykorzystaniem programu symulacyjnego RSEL nie pozwala jednoznacznie określić, która z lokomotyw jest lepsza do realizacji omawianego zadania. Pod względem czasowym lepsza jest lokomotywa ET22, a przy wyższej prędkości maksymalnej także pod względem energetycznym. Spowodowane jest to wyższą mocą ciągną lokomotywy ET22 (3 MW) niż EU07 (2 MW), co umożliwia szybszy rozruch.

Lokomotywa ET22 ma także korzystniejszą charakterystykę trakcyjną (21 charakterystyk bezrezystorowych $F(v)$, w tym 18 bocznikowych wobec 14 charakterystyk, w tym 12 bocznikowych w EU07). Pozwala to lepiej wykorzystać możliwości trakcyjno-ruchowe ET22. Charakterystyki trakcyjne lokomotyw ET22 i EU07 przedstawiono na rysunkach 3 i 4.



Rys. 3. Charakterystyka trakcyjna lokomotywy ET22 [7]



Rys. 4. Charakterystyka trakcyjna lokomotywy EU07 [7]

Dalsza analiza nie powinna opierać się wyłącznie na porównaniu czasu i zużycia energii.

Toteż na kolejnym etapie należy przeanalizować koszty także inne niż tylko energetyczne. Wynikają one np. z większych kosztów obsługi i napraw spowodowanych większą liczbą osi, elektrycznych silników trakcyjnych i bloków rezystorów rozruchowych lokomotywy ET22 w porównaniu z EU07. Celowo jest też wykonanie analizy niezawodności podzespołów obu lokomotyw oraz zdefiniowania i porównania najważniejszych składowych kosztów życia (LCC) lokomotyw.

Bibliografia

1. Kwaśnikowski J.: Energetyczne i czasowe skutki ograniczeń prędkości dla pociągu prowadzonego lokomotywą EU07. „Technika Transportu Szynowego”, 3/1994, s. 28–30.
2. Kwaśnikowski J.: Modelowanie i symulacja komputerowa procesu ruchu pociągu. Wyd. Politechniki Poznańskiej, serii rozprawy, nr 264, Poznań 1992.
3. Kwaśnikowski J.: Ograniczenia prędkości a forsowność jazdy pociągu. „Problemy Eksploatacji”, vol. 44, nr 1/2002 str. 167-175
4. Kwaśnikowski J.: Wpływ wzniesień i zakłóceń ruchu na zużycie energii i czas jazdy lokomotywy ET22 z pociągiem towarowym. „Technika Transportu Szynowego”, nr 6/1994, str. 38-41
5. Kwaśnikowski J., Gramza G.: Wpływ zakłóceń ruchu i profilu trasy na zużycie energii przez lokomotywę elektryczną EU07 prowadzącą pociąg pasażerski. Mat. IX Konferencji TransComp, Zakopane 5–8 grudnia 2005. Prace Naukowe Politechniki Radomskiej - Elektryka, nr 1 (9) 2005, s. 131–136.
6. Kwaśnikowski J., Komar D.: Wpływ sposobu prowadzenia pociągu lokomotywą elektryczną EU07 na czas jazdy i zużycie energii. Mat. IX Konferencji TransComp, Zakopane 5–8 grudnia 2005. Prace Naukowe Politechniki Radomskiej – Elektryka, nr 1 (9) 2005, s. 137–142.
7. Dobór środków trakcyjnych dla prowadzenia pociągów ze zwiększonymi prędkościami. Materiały pomocnicze – praca zbiorowa, COBiRTK, Warszawa 1973.
8. Raport Roczny 2007, Grupa PKP S.A.

Recenzent:
Marek PAWEŁCZYK

The comparison of movement properties of EU07 and ET22 electric locomotives with freight cars

Key-words

Railway transport tasks, energy in transport, simulation of theoretical train movement.

Summary

Movement properties of EU07 and ET22 electric locomotives with freight cars were compared in the paper. Quantitative results of theoretical performances executed on the basis of simulation experiments done by computer program RSEL are also presented.