



Politechnika  
Śląska

DYSCYPLINA NAUKOWA  
INŻYNIERIA LĄDOWA,  
GEODEZJA I TRANSPORT

## **ROZPRAWA DOKTORSKA**

mgr inż. Maciej Irlik

### **Wpływ raportowania pozycji pociągu na przepustowość linii kolejowej**

Impact of the train position reporting  
on railway line capacity

Promotor  
dr hab. inż. Piotr Folęga, prof. Politechniki Śląskiej

Promotor pomocniczy  
dr inż. Szymon Surma

Gliwice 2023

## Streszczenie

Cyfryzacja, wodór, ATO (Automatic Train Operation) i ETCS (Europejski System Sterowania Pociągami) to główne kierunki rozwoju transportu kolejowego w najbliższych latach. Zwiększenie udziału transportu kolejowego w systemie transportowym to nie tylko wymóg związany z transformacją gospodarki w kierunku rozwiązań ekologicznych, ale również widoczny trend zapotrzebowania na transport kolejowy w Europie i na świecie. Koszty i czas wdrażania nowoczesnych systemów sterowania i kierowania ruchem kolejowym powodują potrzebę weryfikacji założeń projektowych i ich wpływu na sprawność działania procesu eksploatacyjnego, w tym na zdolność przepustową. Ponadto, wraz ze zwiększającym się zapotrzebowaniem na usługi przewozowe z wykorzystaniem transportu kolejowego, istotnym staje się zagadnienie zapewnienia niezawodności prowadzenia ruchu i możliwości zwiększania zdolności przepustowej poprzez proces sterowania i kierowania ruchem kolejowym. Zagadnienie to stało się możliwe do realizacji w momencie wprowadzenia w systemach sterowania ruchem kolejowym rozwiązań opartych na bezprzewodowej wymianie danych między pokładowymi i przytorowymi urządzeniami sterowania ruchem kolejowym. Rozwiązania umożliwiające osiąganie zdolności przepustowej adekwatnych do systemów metra na liniach głównych kolei szybkiej są już stosowane na niektórych fragmentach sieci kolejowej na świecie.

W Europie, w tym Polsce, systemy i zasady sterowania ruchem kolejowym z powodów historycznych są specyficzne dla danego Zarządcy Infrastruktury. Dodatkowo istnieje silnie mieszany ruch pojazdów kolejowych - różnego typu, o różnych charakterystykach jazdy i wyposażenia pokładowego w zakresie sterowania. Z tego też względu, wprowadzanie rozwiązań w systemach sterowania ruchem kolejowym w Polsce i w Europie, które mają zwiększać zdolność przepustową wymaga szczegółowych analiz.

W rozprawie zaproponowano wykorzystanie autorskiego oprogramowania symulacyjnego zbudowanego w środowisku MATLAB&Simulink, bazującego na dwóch opracowanych modelach jazdy pociągu. Pierwszy model jazdy pociągu bazuje na procesie sterowania pociągami przez maszynistę na podstawie wskazań sygnalizacji przytorowej. Drugi model bazuje na procesie sterowania pociągami z wykorzystaniem sygnalizacji kabinowej i nadzór nad jazdą pociągu przez system ETCS. Oprogramowanie symulacyjne umożliwia parametryzację zarówno parametrów pociągów użytych w symulacji, jak i parametrów układu torowego i rozmieszczenia przytorowych urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Istotną funkcjonalnością odróżniającą zaproponowane modele jazdy pociągów od innych rozwiązań komercyjnych jest możliwość uwzględnienia rzeczywistych charakterystyk jazdy pociągów (charakterystyki przyspieszania i hamowania) uzyskanych z pomiarów oraz charakterystyki hamowania ETCS.

W pracy zaproponowano sposób oszacowania maksymalnej zdolności przepustowej szlaku w oparciu o kontrolowane wyprawianie kolejnych pociągów na szlak. Przy rzeczywistych

charakterystykach jazdy pociągów, kolejne pociągi są wyprawiane z predykcyjnie określonym opóźnieniem, w celu wyeliminowania konieczności hamowania i ponownego przyspieszania pociągu w wyniku interakcji z pociągiem poprzedzającym.

W zakresie rozwiązań w systemach sterowania ruchem kolejowym związanych ze zwiększeniem zdolności przepustowej, zaproponowano koncepcję dodatkowego podziału klasycznych odstępów na szlaku z wykorzystaniem wirtualnych odstępów. Wirtualne odstępy przyjmują stany niezajętości na podstawie raportowanej pozycji przez pociąg w systemie ETCS, bez potrzeby stosowania dodatkowych fizycznych systemów stwierdzania nie zajętości, np. liczników osi.

Opracowane oprogramowanie symulacyjne, zaproponowana metodyka badania zdolności przepustowej oraz koncepcja dodatkowego podziału odstępów z wykorzystaniem wirtualnych odstępów zostały zastosowane oraz zweryfikowane na przykładowym szlaku Psary-Góra Włodowska linii kolejowej nr 4 (CMK – Centralna Magistrała Kolejowa). Wykonano badania symulacyjne na trzech konfiguracjach szlaku, z wykorzystaniem dodatkowego podziału każdego z odstępów na trzy i dwa odstępy wirtualne. W ramach badań symulacyjnych wykorzystano dane rzeczywiste, uzyskane z wykonanych pomiarów w zakresie charakterystyk hamowania i przyspieszania rzeczywistych pociągów.

Otrzymane wyniki przeprowadzonych badań symulacyjnych, dotyczące wyznaczenia maksymalnej zdolności przepustowej dla wybranego szlaku, potwierdziły jej zwiększenie w przypadku wykorzystania dodatkowego podziału w oparciu o wirtualne odstępy. Potwierdzono także możliwość zastosowania oprogramowania symulacyjnego i zaproponowanego sposobu oceny zdolności przepustowej w zakresie prowadzenia prac projektowych systemów sterowania i kierowania ruchem kolejowym.