

MODEL FUNKCJONALNY SYSTEMU STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Streszczenie

W artykule przedstawiono model funkcjonalny systemu sterowania ruchem kolejowym w podejściu systemowym, który ma szczególne znaczenie w aspekcie eksploatacyjno-niezawodnościowym. Model określa system założeń, pojęć i zależności pozwalający opisywać w przybliżony sposób wybrany aspekt rzeczywistości. Ważną zaletą tego modelu funkcjonalnego jest fakt, że uwzględnia hierarchiczność struktury systemu srk, tzn. różne poziomy konstrukcyjne.

WSTĘP

Sterowanie ruchem kolejowym (srk) jest elementem złożonego systemu transportu kolejowego, wpływającym w istotny sposób na bezpieczeństwo i sprawność procesu przemieszczania ludzi i ładunków po układach torowych.

Modelowanie pełni szczególną rolę w naukach technicznych, poddając złożone systemy techniczne badaniom występujących w nich relacji i procesów. Odnosi się m.in. do jakościowych i ilościowych metod analizy, optymalizacji i eksperymentów oraz do różnych zastosowań w projektowaniu, planowaniu, wytwarzaniu, sterowaniu itd. Główną różnicą pomiędzy modelowaniem w różnych fazach tworzenia systemu jest rozważanie różnego stopnia szczegółowości rozwiązań.

Model funkcjonalny jest jednym z podstawowych modeli decydujących o sukcesie strategii budowy systemu.

Model funkcjonalny systemu sterowania ruchem kolejowym może mieć przełożenie na bieżącą diagnostykę jego obiektów, wdrożenie prawidłowych metod sterowania, itd., może decydować o problemach dotyczących struktury systemu. Wdrożenie takiej funkcjonalności umożliwia m.in.:

- szybki dostęp do konfiguracji obiektów srk na różnych poziomach struktury,
- realizację zdalnego sterowania ruchem kolejowym,
- pozyskiwanie informacji koniecznych do odnowy komponentów systemu srk

1. MODELOWANIE SYSTEMU

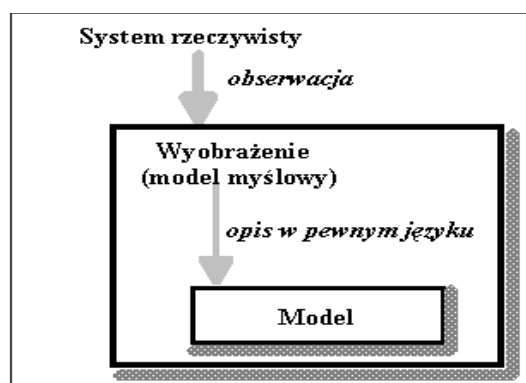
Modelowanie to przybliżone odtwarzanie najważniejszych właściwości oryginału. Podstawowym celem modelowania w nauce jest uproszczenie złożonej rzeczywistości, pozwalające na poddanie jej procesowi badawczemu.

Dzięki modelowaniu osiąga się:

- zmniejsza się lub powiększa obiekt badań do dowolnej wielkości,
- analizuje się procesy trudne do uchwycenia ze względu na zbyt szybkie lub zbyt wolne tempo ich przebiegu,
- bada się konkretny wybrany aspekt zagadnienia, pomijając inne, np. model procesu eksploatacyjnego systemu transportu kolejowego.
- Modelowanie w każdej iteracji może być podzielone (mniej lub bardziej formalnie) na podstawowe etapy:
- pierwszym etapem modelowania może być próba opisu dziedziny zastosowań, środowiska, w którym ma funkcjonować system,

- drugim powinno być modelowanie funkcjonowania systemu w ramach danego środowiska,
- ostatnim etapem modelowania jest modelowanie samego systemu, tzn. jego wewnętrznej struktury i działania.

Modele systemu można podzielić na dwie podstawowe grupy: modele zachowania systemu (aspekt dynamiczny), modele struktury systemu (aspekt statyczny).



Rys. 1. Podejście do modelowania systemu rzeczywistego przedstawione w sposób graficzny [3]

Ogólnie model funkcjonalny (S_F) opisujący działanie (zachowanie) systemu można scharakteryzować zależnością (1) [3]

$$S_F(O, C, L) = \{S, R\}, \quad (1)$$

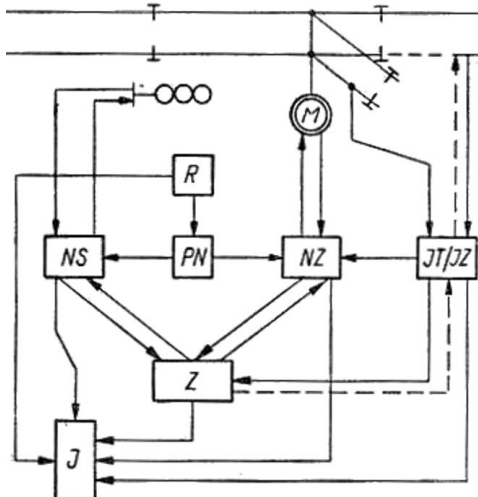
gdzie:

- wyodrębnienie przez obserwatora O ,
 - z punktu widzenia postawionego celu badania C ,
 - w pewnym języku L
- oraz
- rodziny zbiorów $S = \{S_1, \dots, S_n\}$,
 - relacje (rodziny relacji) R określone na iloczynie kartezjańskim zbiorów rodziny S .

W przypadku systemu sterowania ruchem kolejowym również pomiędzy wyróżnionymi zespołami funkcjonalnymi zachodzą dwa podstawowe rodzaje związków: funkcjonalne i konstrukcyjne. Związki funkcjonalne systemu srk określone są poprzez zależności zachodzące między jego własnościami techniczno-ruchowymi, wyznaczającymi poszczególne funkcje systemu. Powiązania konstrukcyjne uwzględniają funkcje, które w systemie srk spełniają poszczególne podzespoły [3, 4, 6].

2. MODEL FUNKCJONALNY SYSTEMU STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Punktem wyjścia do sporządzenia, na odpowiednim poziomie uszczegółowienia, modelu funkcjonalnego systemu sterowania ruchem kolejowym jest rys. 2, na którym ujęto podstawowe grupy obwodów i relacje charakterystyczne dla funkcji spełnianych w procesie sterowania ruchem pociągów. Model ten jest uzupełniony przez zespoły występujące we wszystkich modelach funkcjonalnych systemów technicznych.



Rys. 2. Schemat blokowy obwodów i relacji sterowania ruchem [1], gdzie: Z – obwody zależnościowe, J – relacje informacyjne, NZ – obwody nastawcze zwrotnicowe, NS – obwody nastawcze sygnałowe, JT/JZ – obwody izolowane (torowe lub zwrotnicowe), R – obwody rejestracji przebiegów, PN – obwody grupowego nastawiania elementów przebiegów, M – napęd zwrotnicowy

Na rys. 2 wyróżniono następujące grupy układów [1, 2]:

1. Obwody nastawcze (zwrotnicowe – NZ i sygnałowe – NS) przeznaczone do nastawiania elementów bezpośrednio wpływających na ruch pojazdów kolejowych. Do podstawowych zadań obwodów nastawczych należy: zmiana stanu elementów sterowanych oraz przekształcanie kryteriów określających każdorazowo ten stan, w taki sposób, aby można je było wykorzystać w innych grupach obwodów, np. w grupie zależnościowej Z.
2. Obwody torowe – JT/JZ (izolowany tor lub izolowana zwrotnica) pośredniczą w przekazywaniu wiadomości dotyczących aktualnego stanu zajętości torów i zwrotnic. W niektórych systemach urządzeń srk obwody torowe uczestniczą również w przekazywaniu informacji bezpośrednio na lokomotywy.
3. Rolą obwodów zależnościowych jest wykonywanie wielu istotnych funkcji wzajemnego oddziaływania elementów bezpośrednio wpływających na ruch taboru. Rezultatem ich działania jest wykluczenie możliwości nastawienia sygnału zezwalającego na jazdę, jeżeli nie zostały spełnione wszystkie warunki konieczne do zapewnienia bezpieczeństwa tej jazdy.
4. Relacje informacyjne tworzą grupę, której zadaniem jest sygnalizowanie optyczne lub akustyczne wewnątrz pomieszczeń nastawczych stanu poszczególnych elementów zewnętrznych urządzeń srk.
5. Obwody grupowego nastawiania elementów przebiegów – PN i obwody rejestracji przebiegów – R ułatwiają i przyspieszają działanie obwodów nastawczych. Te relacje są stosowane z zasady w urządzeniach o wysokim stopniu automatyzacji, jak

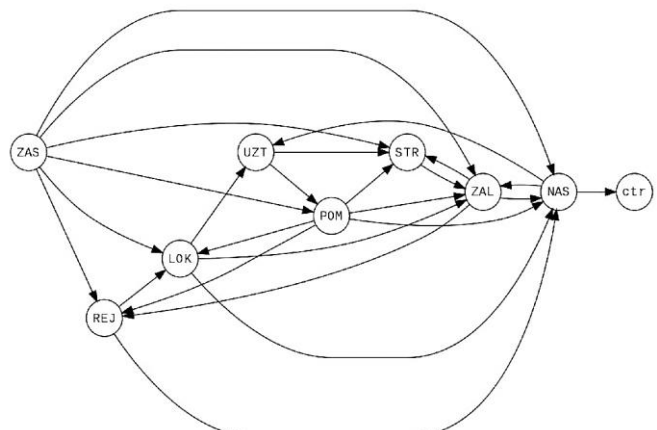
również w przypadkach większego obciążenia ruchowego lub w innych – uzasadnionych ekonomicznie.

Model funkcjonalny systemu sterowania ruchem kolejowym odwzorowuje podstawowe moduły funkcjonalne, które mają wpływ na działanie systemu. Funkcjonowanie systemu srk zgodne z przeznaczeniem, tj. z wykorzystaniem zbiorów funkcji operacyjnych i decyzyjnych odnośnie pociągów poruszających się po elementach sieci kolejowej, ma istotne przełożenie na własności techniczno-ruchowe tego systemu.

W skład systemu sterowania ruchem kolejowym wchodzi następujące zespoły funkcjonalne [4]:

- zespół urządzeń informacyjnych oraz rejestracji i nastawiania przebiegów (pulpity nastawcze, plany świetlne) mający za zadanie realizację w czasie rzeczywistym funkcji związanych z nastawianiem przebiegów oraz sygnalizowanie (optyczne, akustyczne) wewnątrz pomieszczeń nastawczych stanu poszczególnych obiektów zewnętrznych srk REJ,
- zespół urządzeń nastawczych zwrotnicowych i sygnałowych (np. sygnalizatory przytorowe) mający za zadanie przetwarzanie informacji (sygnałów) o drodze jazdy, o dopuszczalnej prędkości jazdy NAS,
- zespół sterująco-kontrolny mający za zadanie sterowanie systemem srk i kontrolę (diagnostykę) poszczególnych jego składowych, zgodnie z jego przeznaczeniem i zadaniami STR,
- zespół lokalizacji pociągu (obwody torowe, czujniki szynowe) mający za zadanie pobieranie i przekazywanie informacji o aktualnym miejscu znajdowania się pojazdu szynowego LOK,
- zespół układów zależnościowych (obwody elektryczne) mający za zadanie wykonywanie funkcji wzajemnego oddziaływania elementów bezpośrednio wpływających na ruch pojazdów szynowych ZAL,
- zespół urządzeń zasilających mający za zadanie również zabezpieczenie w postaci zasilania awaryjnego urządzeń srk ZAS,
- zespół urządzeń pomocniczych wspomagający pozostałe zespoły funkcjonalne systemu sterowania ruchem kolejowym POM,
- użytkownik systemu sterowania ruchem kolejowym UZT,
- cechy techniczno-ruchowe systemu sterowania ruchem kolejowym ctr.

Wierzchołki grafu z rys. 3 oznaczają stany techniczne wyróżnionych modułów w systemie sterowania ruchem kolejowym, natomiast łuki określają relacje zachodzące między nimi.



Rys. 3. Graf modelu funkcjonalnego systemu sterowania ruchem kolejowym [4]

Graf systemu sterowania ruchem kolejowym może być formalnie opisany zależnością macierzową (2). Macierz ta charakteryzuje wzajemne relacje zachodzące pomiędzy poszczególnymi zespołami funkcjonalnymi systemu sterowania ruchem kolejowym np. w obrębie jednego okręgu sterowania. Wiersze oznaczają wyjścia z elementów, zaś kolumny – wejścia na poszczególne zespoły konstrukcyjne systemu srk.

Macierz charakteryzująca relacje zachodzące pomiędzy wyróżnionymi modułami funkcjonalnymi systemu sterowania ruchem kolejowym przedstawiono w zapisie (2) [6].

$$S_{srk}(f) = [f_{ij}] = \begin{bmatrix} f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1l} \\ f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2l} \\ \dots \\ \dots \\ f_{il}, f_{i2}, \dots, f_{il} \end{bmatrix} \quad (2)$$

gdzie:

$S_{srk}(f)$ – model funkcjonalny systemu sterowania ruchem kolejowym,

f_{ij} – wyróżniony element macierzy reprezentujący i -ty zespół funkcjonalny systemu srk, skojarzony w l -tej relacji z pozostałymi zespołami systemu.

PODSUMOWANIE

Nie zawsze istnieje możliwość lub jest opłacalne analizowanie skomplikowanego systemu, czasem wystarczające jest odniesienie się do modelu przyporządkowanego danemu systemowi. Model jest uproszczoną reprezentacją systemu, zarówno w czasie jak i przestrzeni, stworzoną w celu zrozumienia zachowania systemu rzeczywistego. Podobnie jest ze systemem transportu kolejowego obejmującym skomplikowane urządzenia sterowania ruchem kolejowym (różnych generacji).

Przedstawiony w artykule model funkcjonalny systemu sterowania ruchem kolejowym w ujęciu systemowym uwzględnia hierarchiczność struktury tego otwartego systemu, tzn. uwzględnia następną poziomą uszczegółowienia jego podzespołów. Podejście systemowe charakteryzuje się intensywnym użyciem symulacji zachowania się systemu w przyszłości z wykorzystaniem znanego modelu, staje się więc bardzo przydatne przy symulacji kolejnych stanów systemu.

Model funkcjonalny systemu sterowania ruchem kolejowym, przedstawiony w artykule, powstał na podstawie ogólnie znanego schematu blokowego obwodów i relacji sterowania ruchem, który uwzględnia podstawowe grupy obwodów i relacje charakterystyczne dla funkcji spełnianych w procesie sterowania ruchem pociągów.

BIBLIOGRAFIA

1. Dąbrowa-Bajon M., Apuniewicz S., Sobolewski J.: *Automatyzacja sterowania ruchem kolejowym*, tom II „Urządzenia i systemy”, Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1985.
2. Dyduch J., Kornaszewski M.: *Systemy sterowania ruchem kolejowym*, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2013.
3. Gutenbaum J.: *Modelowanie matematyczne systemów*. IBS PAN. Warszawa, Omnitech Press 1992.
4. Kornaszewski M.: *Modelowanie odnowy systemów sterowania ruchem kolejowym w procesie eksploatacji*. Monografia Nr 179. Wydawnictwo UTH Radom, Radom 2013.
5. Kornaszewski M.: *Współczesne systemy sterowania ruchem kolejowym w Polsce*. Logistyka 3/2014.
6. Leszczyński J.: *Modelowanie systemów i procesów transportowych*. WPW, Warszawa 1999.

FUNCTIONAL MODEL OF RAILWAY TRAFFIC CONTROL SYSTEM

Abstract

The article presents a functional model of railway traffic control system in a systemic perspective. This is particular importance in terms of exploitation and reliability. The model defines a system of assumptions, concepts and relationships. System allows to describe the chosen aspect of reality. An important advantage of this functional model is taking into account the hierarchical structure of the railway traffic control system, ie. different structural levels.

Autor:

dr hab. inż. **Mieczysław Kornaszewski**, prof. nadzw. – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29. Tel: + 48 48 361-77-88; Fax: + 48 48 361-77-42; m.kornaszewski@uthrad.pl