

Mariusz Maciejewski¹
Wiesław Zabłocki²

METODYKA BUDOWY KOMPUTEROWYCH SYSTEMÓW SRK

Streszczenie

W publikacji przedstawiono ogólne założenia metody tworzenia komputerowych systemów srk. Podstawą metody projektowania systemu srk jest strategia oparta na analizie systemowej uwzględniającej cykl V oraz podejście COTS. Treść publikacji zawiera opisy wybranych etapów projektowania należących do cyklu V. Opisy obejmują własności systemu srk i podstawy metody formalizacji opartej na modelu systemu srk nawiązującym do układu przełączającego (automatu), w którym zostają wyróżnione automaty składowe umożliwiające odwzorowanie funkcji sterowania. Podstawą analizy pracy automatów jest specyfikacja sygnałów oraz wyznaczenie funkcji przejść uzupełnione schematami grafów przejść. Rezultatem powyższej metodyki projektowania jest wypracowana metoda pozwalająca tworzyć bezpieczne komputerowe systemy sterowania ruchem.

Słowa kluczowe: ruch kolejowy, system, metoda, sterowanie, projektowanie, modelowanie, automat, specyfikacja systemu, opis formalny, cykl V, droga przebiegu.

1. Wprowadzenie. Założenia metody budowy systemów srk

W publikacji przedstawiono wybrane zagadnienia tworzenia komputerowych systemów sterowania ruchem kolejowym (srk) spełniających obligatoryjne wymagania bezpieczeństwa, zgodnie z warunkami

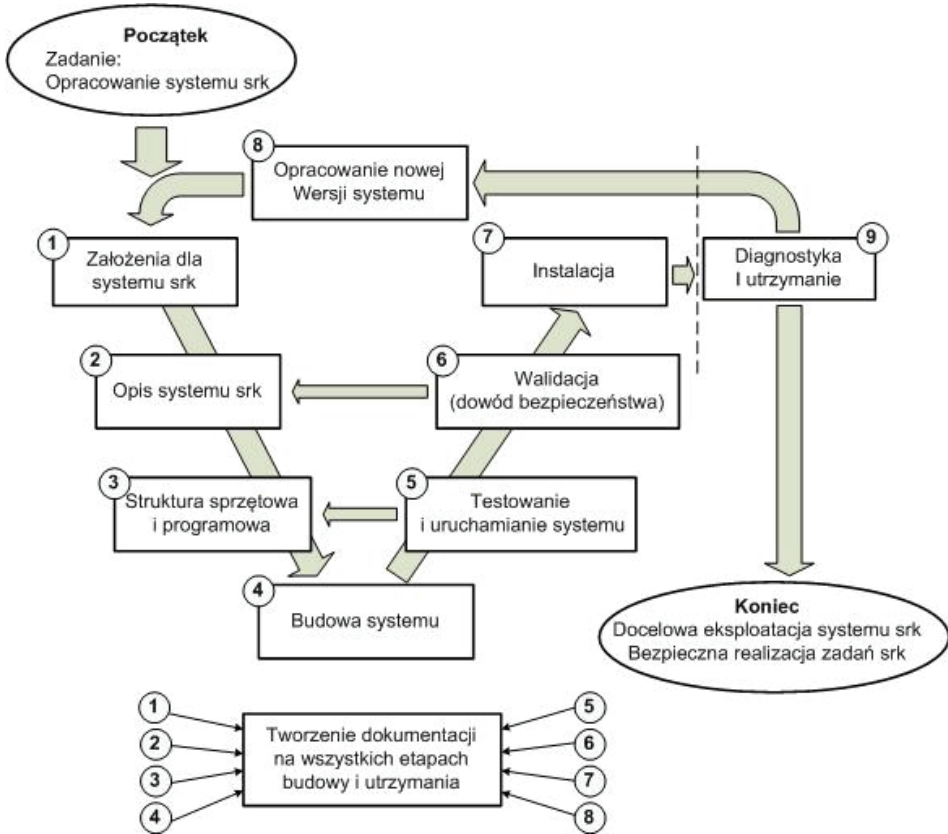
¹ mgr inż. Mariusz Maciejewski, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel (22) 234-7882, e-mail: mariuszadammaciejewski@poczta.onet.pl

² dr hab. inż. Wiesław Zabłocki, prof. nzw., Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel (22) 234 7596, e-mail: zab@it.pw.edu.pl

określonych norm, na poziomie SIL4. Ze względu na warunki bezpieczeństwa, budowa systemów srk wymaga stosowania specjalnych metod. W tym celu zaproponowano metodę budowy komputerowych systemów sterowania, integrującą hardware i software [8]. Podstawą metody jest podejście zakładające realizację systemów srk według pełnego standardowego tzw. cyklu V, stosowanego w projektowaniu odpowiedzialnych systemów komputerowych, a cechą szczególną jest zastosowanie i rozwinięcie matematycznego opisu i modelu systemu sterowania ruchem. Ponadto proponowana metoda budowy systemów srk uwzględnia tzw. strategię COTS (*Commercial Of The Shelf*), która polega na zastosowaniu standardowych i wytwarzanych przemysłowo komponentów automatyki, co pozwala na redukcję kosztów i czasu niezbędnego do opracowania nowego systemu. Efektem działań, należących do zbioru uporządkowanych chronologicznie i metodologicznie kroków metody, jest opracowanie projektu, a następnie realizacja komputerowego systemu sterowania ruchem kolejowym o wysokim poziomie bezpieczeństwa, zgodnie ze standardami norm [14] obowiązującymi w strukturach unijnych. Do norm tych należą: PN-EN 50126 (określenia: niezawodności, gotowości, dostępności i bezpieczeństwa, specyfikacja wymagań, etapy projektowania, implementacja), PN-EN 50128 (wymagania dotyczące bezpiecznego projektowania oprogramowania) oraz PN-EN 50129 (wymagania dotyczące specyfiki systemów elektronicznych w zastosowaniach kolejowych).

Poszczególne kroki – etapy budowy, zgodnie z cyklem V, muszą być jednoznacznie określone i spójne pod każdym względem, tj. założeń, opisów formalnych stosowanych modeli, oprogramowania i struktur sprzętowych, dokumentacji oraz testowania i badań zakończonych wdrożeniem [6]. Schemat metody przedstawia rys. 1. Własność spójności dotyczy szczególnie etapów 2 i 6 oraz 5 i 3. W głównym cyklu V wyróżnia się poszczególne etapy zawierające zadania szczegółowe (tab. 1.) [6]. Opracowanie poszczególnych etapów może także przebiegać według szczegółowych cykli V właściwych danym etapom. Opisana metoda wpisuje się także w tzw. podejście systemowe budowy systemu srk, ponieważ system srk analizuje się w ujęciu wiedzy o systemach i teorii sterowania, wprowadzając podstawowe pojęcia, takie jak: stan systemu, zmienne stanu (wewnętrznego) i przestrzeń stanów [8, 10, 12]. Stany systemu srk i przejścia między tymi stanami, na pewnym poziomie ogólności, przedstawia rys. 2. Wyróżnione stany są

definiowane poprzez zmienne stanu, które opisują funkcje, a w tym i funkcje zależnościowe.



Rys. 1. Schemat budowy systemu srk w oparciu o cykl V

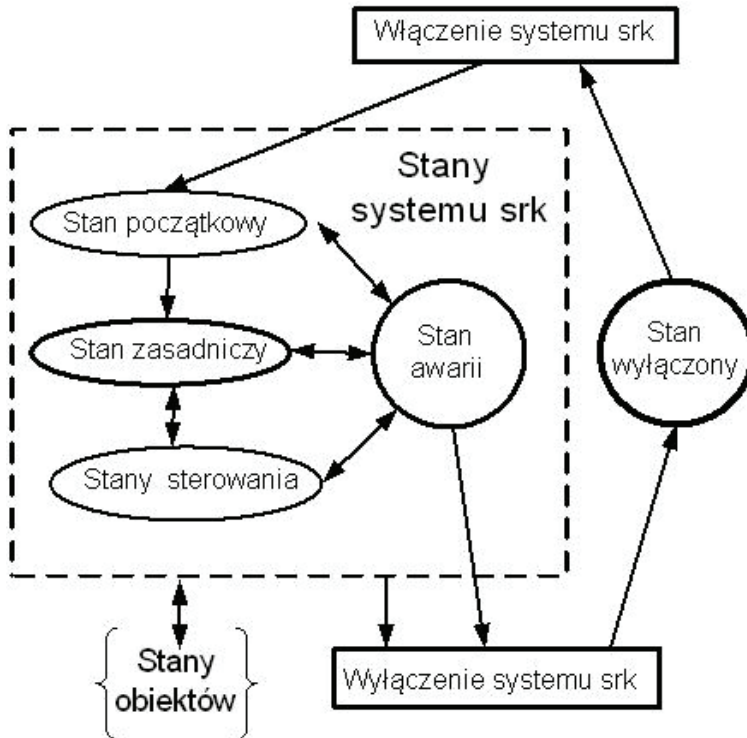
Tablica 1. Etapy cyklu głównego i zadania szczegółowe

Lp.	Etap	Zadania szczegółowe
1.	Założenia dla systemu srk	<ul style="list-style-type: none"> • opracowanie nieformalnego opisu systemu srk • opracowanie założeń systemu
2.	Opis systemu srk	<ul style="list-style-type: none"> • opracowanie opisu funkcji sterujących • opracowanie formalnego opisu poszczególnych automatów tworzących system sterujący
3.	Struktura sprzętowa i programowa	projekt oprogramowania i konfiguracji sprzętowych
4, 5, 6 i 7	Budowa systemu i uruchamianie, testowanie, walidacja, wdrażanie i instalacja systemu	
8	Diagnostyka i utrzymanie	

2. System srk i model systemu srk

Przez rzeczywisty system srk rozumie się zbiór obiektów materialnych (np. komputer zależnościowy systemu sterującego, obiekty zewnętrzne), zbiór obiektów abstrakcyjnych (np. zbiór programów komputera zależnościowego, zbiór symboli oznaczających stałe i zmienne), zbiór atrybutów (np. zbiór stanów, zbiór sygnałów, zbiór własności obiektów) oraz zbiór relacji zachodzących między atrybutami i opisujących funkcje sterowania zapewniające bezpieczną realizację zadania sterowania. Zadanie sterowania w systemie srk obejmuje zbiór sterowań zawierający sterowania dotyczące:

- dróg przebiegów i obiektów systemu,
- zadań własnych systemu i procesu (sterowania).



Rys. 2. Wyróżnione stany systemu srk

Stany systemu srk można przedstawić w formie uproszczonego grafu stanów, który ilustruje rys. 2. [8]. System może znajdować się w następujących stanach: wyłączony, początkowy, zasadniczy, realizacji zadania sterowania i awarii. Zmiana stanu systemu sterującego

powoduje zmianę stanu obiektów, a zmiana stanu obiektów jest także zmianą stanu systemu.

Stan wyłączony

Jest to stan w którym system nie realizuje żadnych funkcji. Stan ten jest tożsamy z fizycznym wyłączeniem napięcia zasilania komputerów lub występuje podczas startu komputera, uruchamiania systemu operacyjnego oraz oprogramowania.

Stan początkowy

Jest to stan, w którym pracuje całe oprogramowanie i są realizowane wszystkie funkcje. W trakcie tego stanu system nadaje wartości początkowe zmiennym stanu opisującym obiekty (element i urządzenia), zgodnie ze specyfikacjami projektanta systemu.

Stan zasadniczy

Stan zasadniczy systemu jest to taki stan, w którym nie są realizowane żadne jazdy, a zewnętrzne urządzenia wykonawcze znajdują się w stanie zasadniczym właściwym dla tych urządzeń, tj. w stanie gotowości do pracy, zdefiniowanym przez projektanta. Cechą szczególną systemu srk jest to, że system powraca do stanu zasadniczego po zwolnieniu wszystkich przebiegów (zakończeniu zadania sterowania) i gdy wszystkie obiekty powrócą do stanu zasadniczego i zgłoszą gotowość do pracy.

Stan sterowania

Stan sterowania jest to stan, w którym realizowane są zadania sterowania zainicjowane poleceniami realizacji przebiegu lub poleceniami indywidualnymi. Jest to stan w którym chociażby jeden przebieg znajduje się w stanie różnym od stanu zasadniczego, a obiekty są sprawne i gotowe do pracy ale ich zmienne stanu reprezentujące stan wewnętrzny odwzorowujący stan przebiegu i urządzeń różnią się od stanu zasadniczego obiektów.

Stan awarii

Stan, w którym obiekt jest w stanie ograniczonej podatności na sterowania. Zmienne stanu obiektu wykazują nieprawidłowe działanie elementów systemu komputerowego i/lub uszkodzenie urządzenia z którym obiekt jest związany.

System srk S_{SRK} można zdefiniować jako trójkę uporządkowaną [7, 8, 13]:

$$S_{SRK} = (\mathbf{B}, S_s, U_s) \quad (1)$$

gdzie:

\mathbf{B} - zbiór obiektów (urządzeń),

S_s - system sterujący,

U_s - zbiór sterowań,

Ze względu na istotność spełnianych funkcji i zadań w systemie srk przedmiotem formalizacji staje się system sterujący S_s , ponieważ pełni funkcje jednostki centralnej zarządzającej całym systemem i obiektami. Model MS_s systemu sterującego S_s można przedstawić:

$$MS_s = \{M_{STA}, M_{DYN}\} \quad (2)$$

gdzie:

M_{STA} – model statyczny,

M_{DYN} – model dynamiczny.

Model statyczny M_{STAT} zawiera stałe informacje (dla danej stacji) o sterowaniach, drogach przebiegu, obiektach należących do tych dróg, własnościach obiektów uczestniczących w poszczególnych drogach przebiegów oraz relacje określone na tych informacjach. Stałe informacje modelu M_{STA} są przekazywane do modelu M_{DYN} .

Model dynamiczny M_{DYN} zawiera informacje zmiennych atrybutów sterowań i obiektów oraz zbiór relacji, które opisują związki zachodzące między nimi w czasie. Relacje określają wartości zmiennych atrybutów o: stanie systemu, przebiegach odbywających się aktualnie na posterunku i stanie obiektów, w tym zbiór automatów – **AT** zawierający automaty m. in. zbiory automatów **AP** i **AB** przyporządkowane odpowiednio przebiegom ze zbioru **P** i obiektom ze zbioru **B**.

System S_s identyfikuje się jako układ przełączający, czyli jako pewien automat, który opisuje się w modelu dynamicznym $M_{DYN}(MS_s)$. Automat ten jest klasycznym automatem: abstrakcyjnym, sekwencyjnym, dyskretnym, skończonym i deterministycznym, a relacje między sygnałami wejściowymi i wyjściowymi są jednoznaczne i niezmiennie.

Automat systemu S_s zastępuje się równoważnym automatem AT złożonym ze zbioru automatów odpowiadających przebiegom i obiektom. Każdy przebieg odpowiadający konkretnej drodze przebiegu może być traktowany jako pewien skończony automat sekwencyjny o określonych wejściach i wyjściach oraz własnym stanie wewnętrznym. Podobnie opisywane są również obiekty. W ten sposób model M_{DYN} odwzorowując stany przebiegów i obiektów odwzorowuje stan(y) systemu srk.

Obiekty w systemie srk tworzą zbiór obiektów B [6]:

$$B = (E, W) \quad (3)$$

gdzie:

E – zbiór elementów,

W – zbiór urządzeń wykonawczych

Obiekty mogą odwzorowywać fizyczne urządzenia sterujące lub wirtualne (abstrakcyjne) które nie mają powiązania z fizycznymi urządzeniami sterowania:

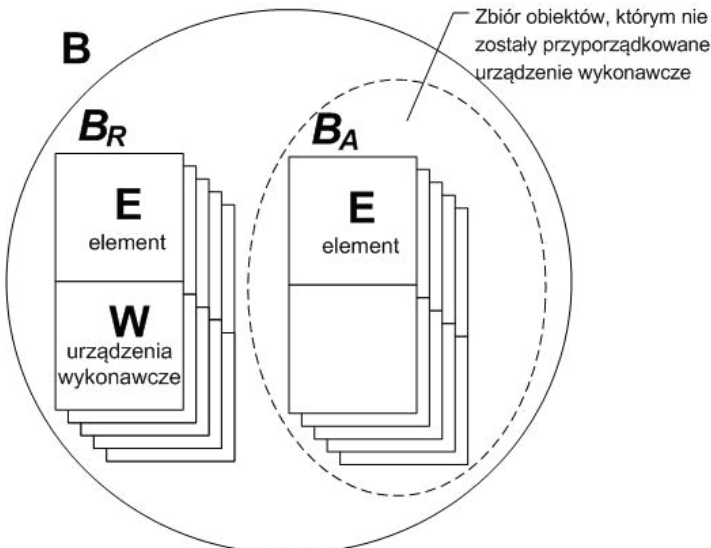
$$B = (B_R, B_A) \quad (4)$$

gdzie:

B_R – obiekty mające przyporządkowanie do fizycznych urządzeń wykonawczych,

B_A – obiekty nie mające przyporządkowania do fizycznych urządzeń wykonawczych (zbiór urządzeń wykonawczych jest pusty).

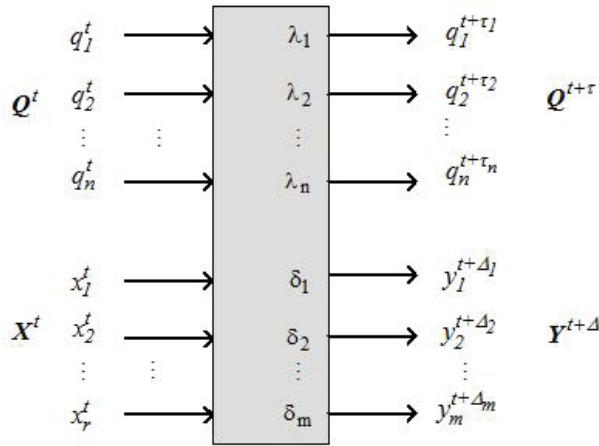
Graficzne przedstawienie zbioru obiektów B ilustruje rys. 3.



Rys. 3. Obiekty w systemie srk

Model dynamiczny $M_{\text{DYN}}(\text{MS}_s)$ systemu sterującego S_s (rys. 4.) odwzorowany przy pomocy automatu ma następujące własności [12]:

- stan wejść X^i (wektor sygnałów X) zależy od zadań napływających z otoczenia systemu, od meldunków od obiektów oraz zadań własnych systemu;
- stan wyjść Y^i (wektor sygnałów Y), który obejmuje: polecenia do obiektów i informacje wyprowadzane do otoczenia systemu;
- stan pamięci Q^i - wektor Q reprezentuje stan wewnętrzny (stan pamięci systemu);
- funkcje przejść i wyjść odwzorowują relacje sterowania zawierające m. in. funkcje operatorskie, funkcje zależnościowe i inne funkcje.



Rys. 4. Model systemu sterującego S_s

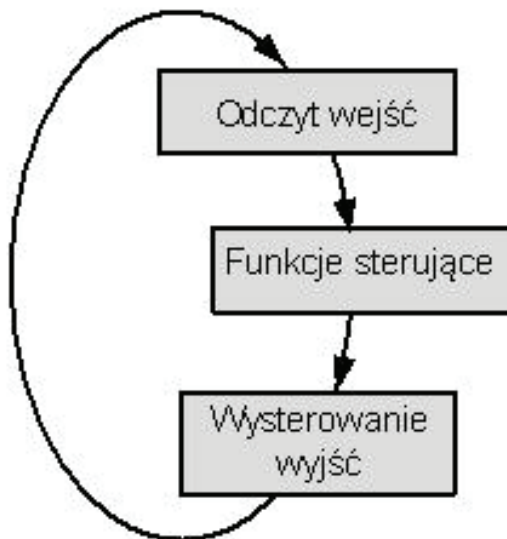
Opis formalny modelu z rys. 4. może zostać opisany przy pomocy równań (5) opisujących sygnały zmiennych stanu i sygnały wyjściowe. Zapis ten wskazuje zasadę budowy funkcji sterowania i równań zależnościowych:

$$\begin{aligned}
 q_1^{t+\tau_1} &= \lambda_1(q_1^t, q_2^t, \dots, q_n^t, x_1^t, x_2^t, \dots, x_r^t) \\
 q_2^{t+\tau_2} &= \lambda_2(q_1^t, q_2^t, \dots, q_n^t, x_1^t, x_2^t, \dots, x_r^t) \\
 &\dots\dots\dots \\
 q_n^{t+\tau_n} &= \lambda_n(q_1^t, q_2^t, \dots, q_n^t, x_1^t, x_2^t, \dots, x_r^t) \\
 &\dots\dots\dots \\
 y_1^{t+\Delta_1} &= \delta_1(q_1^t, q_2^t, \dots, q_n^t, x_1^t, x_2^t, \dots, x_r^t) \\
 y_2^{t+\Delta_2} &= \delta_2(q_1^t, q_2^t, \dots, q_n^t, x_1^t, x_2^t, \dots, x_r^t) \\
 &\dots\dots\dots \\
 y_m^{t+\Delta_r} &= \delta_r(q_1^t, q_2^t, \dots, q_n^t, x_1^t, x_2^t, \dots, x_r^t)
 \end{aligned} \tag{5}$$

gdzie:

- τ – czas (opóźnienie) przetwarzania, po którym zostaje wyznaczony nowy stan $Q^{t+\tau}$, w odróżnieniu od stanu poprzedniego Q^t ,
- Δ – czas (opóźnienie) przetwarzania, po którym zostaje wyznaczony nowy stan $Y^{t+\Delta}$, w odróżnieniu od stanu poprzedniego Y^t .
- δ - funkcja przejść $\delta(Q^t, X^t)$, określająca zmiany stanów pamięci automatu,
- λ - funkcja wyjść $\lambda(Q^t, X^t)$, określająca zmiany stanów wyjść.

Powyższe funkcje (5) nie wskazują, w jakiej kolejności będą obliczane poszczególne zmienne stanu pamięci. Jest to istotne, ponieważ zmienne stanu są uzależnione od samych siebie i pozostałych zmiennych stanu, a od zmiennych stanu zależą sygnały wyjściowe. Rozwiązanie tego problemu sprowadza się do wyliczania sygnałów stanu pamięci i sygnałów wyjściowych w kolejnych dyskretnych krokach w czasie – rys. 5. [6, 8, 12]. W każdym kroku, na początku cyklu, następuje jednorazowe wczytanie aktualnego wektora sygnałów stanu pamięci i wektora sygnałów wejściowych na podstawie których funkcje δ i λ wyznaczają aktualne wartości sygnałów wektora stanu pamięci i wektora sygnałów wyjściowych.



Rys. 5. Zasada cyklicznego wyznaczania wartości funkcji sterujących

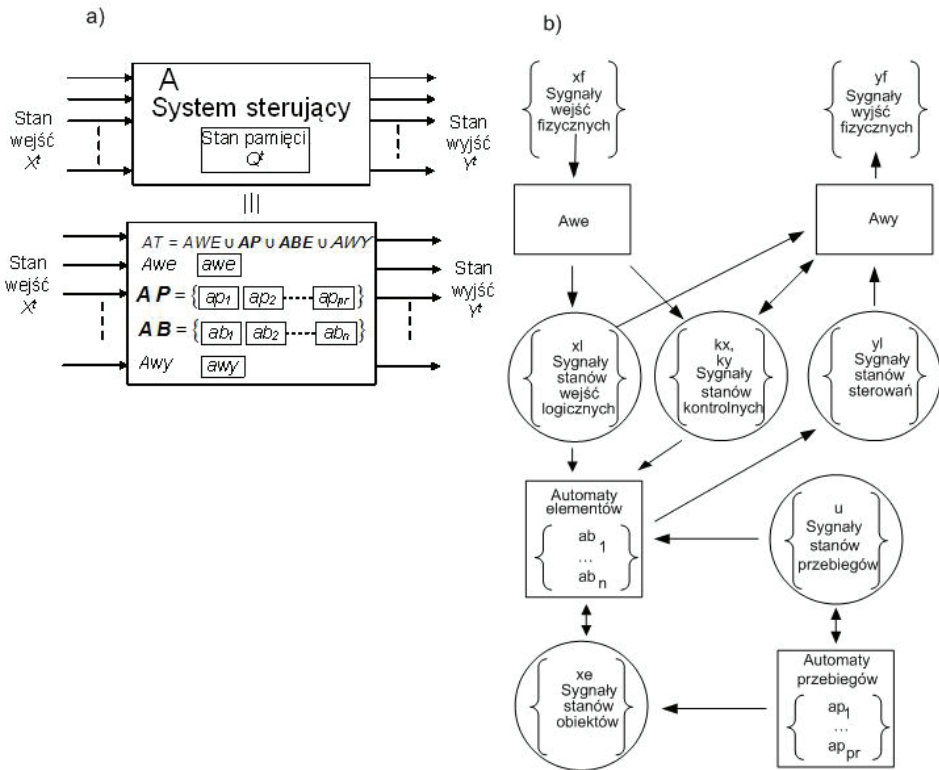
3. Analiza automatu systemu sterującego

Podstawą określenia struktury automatu AT niech będzie analiza zadań odnoszących się do przebiegów, jak i do poszczególnych obiektów, tj. urządzeń zewnętrznych [6, 10, 13]. Jak wspomniano w poprzednim rozdziale, zbiór automatów przyporządkowanych poszczególnym przebiegom to zbiór AP . Podobnie określa się zbiór automatów AB zawierający automaty odwzorowujące stany i zmiany stanów poszczególnych obiektów, a więc przyporządkowane tym obiektom. Ze względu na konieczność obsługi fizycznych sygnałów wejściowych i wyjściowych oraz dostosowanie tych sygnałów do przetwarzania, wprowadzono pojedyncze automaty wejść – Awe i wyjść – Awy , za pośrednictwem których jest realizowane powiązanie z otoczeniem i urządzeniami zewnętrznymi. Z tego też względu automat AT tworzy strukturę automatów ze zbioru automatów AT , tj.: zbiorów automatów AP i automatów AB oraz automatów Awe i Awy (6) oraz rys. 6.a).

$$AT = Awe \cup AP \cup AB \cup Awy \quad (6)$$

Na podstawie struktury automatu AT tworzy się struktury danych – stałych (model statyczny) i zmiennych atrybutów opisujących system sterujący S_s i objekty. Sygnały wektorów stanu pamięci i wektorów wejściowych wszystkich automatów należących do zbioru automatów AT , tj. przebiegów i obiektów, są przetwarzane w kolejnych chwilach po uprzednim wczytaniu sygnałów wektorów wejściowych.

Dokonując identyfikacji poszczególnych typów automatów określa się grupy sygnałów zgodnie z modelem wejściowo-wyjściowym i własnościami automatów sekwencyjnych. Poszczególne grupy sygnałów właściwe danym automatom są uporządkowane i są zorganizowane w postaci wektorów – rys. 6.b). Automat sterujący zawiera następujące automaty: automat wejść Awe , automat wyjść Awy , zbiór automatów przebiegu AP , zbiór automatów elementów AB zawierający automaty semaforów, tarcz manewrowych, zwrotnicy, kontroli niezajętości toru i blokady liniowej. Automaty poszczególnych elementów mogą zawierać także automaty składowe, np. automat zwrotnicy zawiera automaty: kontroli niezajętości, kontroli położenia i kontroli rozprucia.



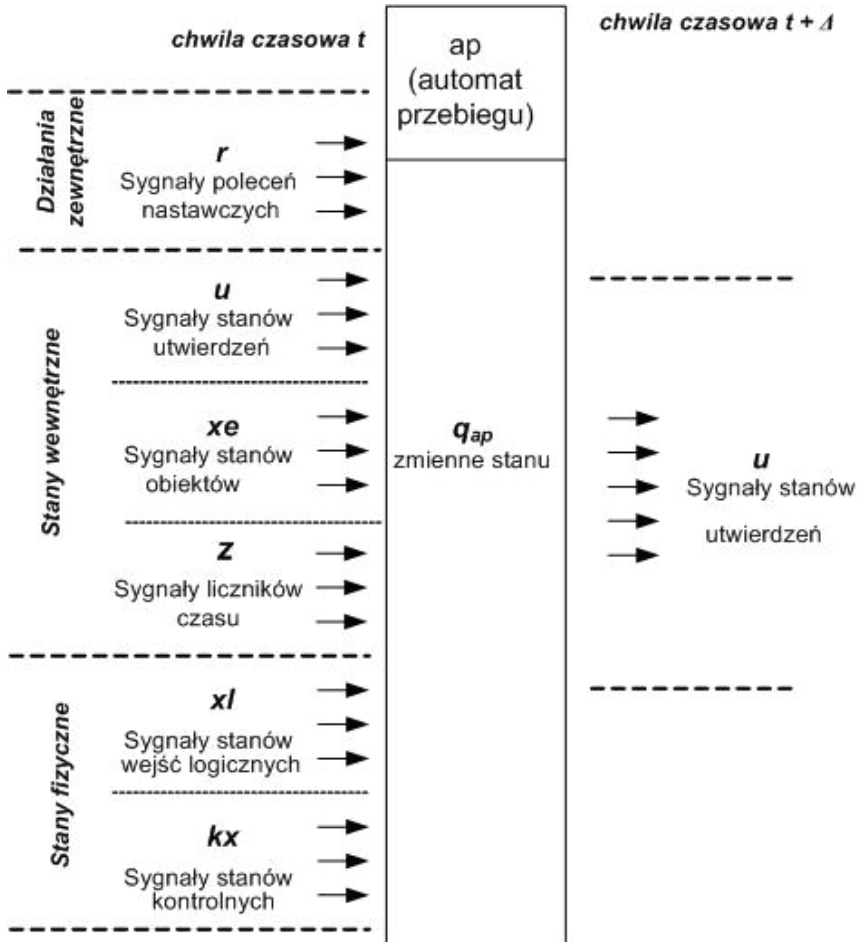
Rys. 6. a) Struktura automatu AT systemu sterującego S_s , b) grupy sygnałów wyróżnionych automatów

Na podstawie opisu funkcji automatu dokonuje się wyboru zmiennych oraz analizuje się i formułuje się warunki przejścia pomiędzy zmiennymi stanu dla tego automatu. Wynikiem analizy warunków przejść jest graf przejść ilustrujący przejścia pomiędzy stanami automatu - graf wskazuje poszczególne zmienne stanu (węzły) i łuki opisane funkcjami przejścia. Przykładem automatu dla którego zostanie zamieszczona specyfikacja sygnałów - rys. 7. [6] wraz z równaniami funkcji przejść wyznaczającymi wartości zmiennych stanu oraz grafem przejść niech będzie przykład automatu odwzorowującego przebieg (automat przebiegu ap ze zbioru przebiegów **AP**).

Przebieg jest kategorią dynamiczną, ponieważ w trakcie przemieszczania pociągu zmieniają się wskazania sygnalizatorów i stany odcinka toru, które są kontrolowane i rejestrowane przez system. Zmiany wskazań sygnalizatorów i właściwa sekwencja zmian stanów odcinka torowego zachodzące w trakcie przemieszczania pojazdu są warunkiem zwolnienia przebiegu. Stany przebiegu są także odwzorowywane

przez stany obiektów należące do przebiegu danej drogi przebiegu. W automacie przebiegu wyróżniono 7 zmiennych stanu oraz 12 funkcji, na podstawie których wyznaczane są wartości tych zmiennych. Sygnały zmiennych stanu, które tworzą zarazem wektor stanu wewnętrznego przebiegu są następujące [8]:

- 1) q_{pbr} - stan braku utwierdzenia przebiegu (przebiegu nieutwierdzony),
- 2) q_{pszukp} - stan szukania przebiegu pociągowego,
- 3) q_{pszukm} - stan szukania przebiegu manewrowego,
- 4) q_{psprp} - stan sprawdzania przebiegu pociągowego,
- 5) q_{psprp} - stan sprawdzania przebiegu manewrowego,
- 6) q_{putw} - stan utwierdzenia elementów w drodze przebiegu,
- 7) q_{pzwol} - stan oczekiwania na zwolnienie przebiegu.



Rys. 7. Wektory sygnałów automatu przebiegu

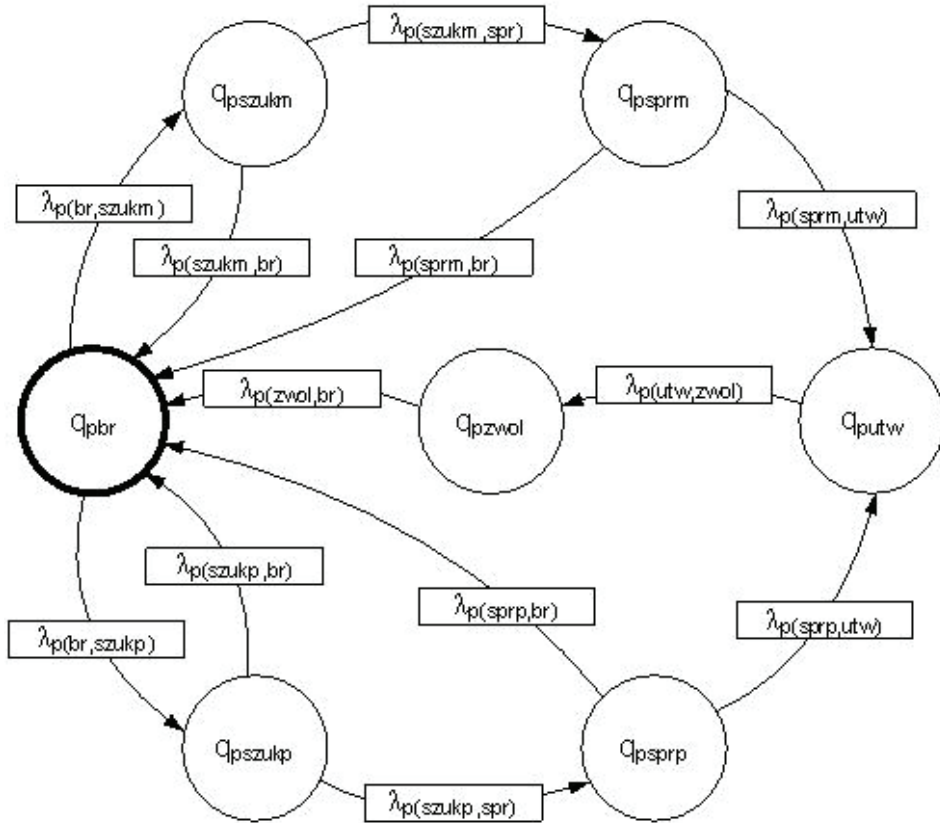
Funkcje przejścia λ_p dla automatu przebiegu ap przedstawia tablica 2, a graf rys. 8.

Tablica 2. Zestawienie funkcji przejść λ_p i funkcji FP automatu przebiegu ap

Lp.	Funkcje λ_p oraz FPSZUKP(), FPSZUKM(), FPSPRP(), FPSPRM()
1	$\lambda_{p(br,szukp)} = q_{pbr} \cdot r_{pup}$
2	$\lambda_{p(br,szukm)} = q_{pbr} \cdot r_{pum}$
3	$\lambda_{p(szukp,br)} = q_{pszukp} \cdot ! FPSZUKP()$
4	$\lambda_{p(szukm,br)} = q_{pszukm} \cdot ! FPSZUKM()$
5	$\lambda_{p(szukp,sprp)} = q_{pszukp} \cdot FPSZUKP()$
6	$\lambda_{p(szukm,sprm)} = q_{pszukm} \cdot FPSZUKM()$
7	$\lambda_{p(sprp,br)} = q_{psprp} \cdot ! FPSPRP()$
8	$\lambda_{p(sprm,br)} = q_{psprm} \cdot ! FPSPRM()$
9	$\lambda_{p(sprp,utw)} = q_{psprp} \cdot FPSPRP()$
10	$\lambda_{p(sprm,utw)} = q_{psprm} \cdot FPSPRM()$
11	$\lambda_{p(utw,zwol)} = q_{putw} \cdot$ zmienna oznaczająca utwierdzenie wszystkich elementów drogi przebiegu
12	$\lambda_{p(zwol,br)} = q_{pzwol} \cdot$ zmienna oznaczająca utwierdzenie wszystkich elementów drogi przebiegu

FPSZUKP, FPSZUKM – funkcje przyjmują wartość „1”, gdy zostanie znaleziona odpowiednio droga przebiegu pociągowego, manewrowego

FPSPRP, FPSPRM – funkcje przyjmują wartość „1”, gdy spełnione są warunki utwierdzenia drogi przebiegu pociągowego, manewrowego



Rys. 8. Graf automatu przebiegu α_p

Przedstawioną powyżej metodę opisu automatu przebiegu stosuje się w odniesieniu do każdego typu automatu.

4. Podsumowanie

Przedstawione w publikacji zagadnienia nie opisują wszystkich kroków cyklu V, ale prezentują metodę. Metoda uwzględnia kolejność systematycznego projektowania spójnych etapów tworzących logiczną całość cyklu V, począwszy od nieformalnego opisu systemu srk, poprzez założenia systemu, opis formalny systemu sterującego, opis funkcji sterujących, projekt oprogramowania i konfiguracje sprzętowe oraz uruchamianie, testowanie, wdrażanie i instalację systemu. Podstawą metody jest formalny opis systemu srk oparty na metodzie zmiennych stanu i analizie systemu srk wyróżniającej elementarne

automaty składowe. Pozostałe wyróżnione cechy proponowanej metody to:

- wypracowane i niezawodne metody tworzenia oprogramowania,
- zrównoważony i optymalny dobór konfiguracji sprzętowych,
- zastosowanie komputerowych metod wspomagania projektowania,
- wypracowane metody budowy uruchamiania i instalowania systemu.

Dzięki zaproponowanej innowacyjnej metodzie projektowania systemu srk zostało zbudowanych i uruchomionych szereg systemów na stacjach kolejowych i stacjach metra, oczywiście po uzyskaniu odpowiednich certyfikatów. Uzyskanie sukcesu wdrożenia nie zamyka metody. Przewiduje się kontynuację badań rozszerzających automatyzację projektowania.

Bibliografia

- [1] Cheng A., M., K.: *Real-Time Systems. Scheduling, Analysis and Verification*. Wiley-Interscience, New Jersey 2002.
- [2] Chevillat C., Carrington D., Strooper P., J. Sueß G., and Wildman L.: *Model-Based Generation of Interlocking Controller Software from Control Tables, Lecture Notes in Computer Science*. SpringerLink 2008, Vol. 5095/2008, 349-360.
- [3] Grochowski K., Sitek I., Maciejewski M., Jasiński S.: *Budowa urządzeń kierowania i sterowania ruchem ILTOR-2 i WT UZ*. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP w Krakowie, Materiały Konferencyjne, nr 91 (Zeszyt 149), Kraków 2009.
- [4] König N. H.: *The Euro-Interlocking Project Standards for Interlocking Systems in Europe Project. Presentation for Polish Railways, 8 June 2004*.
- [5] Maciejewski M.: *Zróżnicowanie struktur komputerowych urządzeń należnościowych*. Materiały Konferencji Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w kolejnictwie, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP w Krakowie, Materiały Konferencyjne, nr 91 (Zeszyt 149), Kraków 2009.

- [6] Maciejewski M.: *Metoda budowy komputerowych systemów sterowania ruchem kolejowym*. Praca doktorska, w przygotowaniu.
- [7] Maciejewski M., Zabłocki W.: *Wybrane problemy tworzenia funkcji i równań zależnościowych w systemach srk*. Prace Naukowe, Politechnika Warszawska, seria Transport, z. 72, Warszawa 2010, 87 – 100.
- [8] Maciejewski M., Zabłocki W.: *Basis of the Formalization and the Algorithmization of the Control Functions in ATC Systems, Communications in Computer and Information Science*. Transport Systems Telematics, Nr 104, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg 2010, 253 – 262.
- [9] Yuen Man Hon: *An Engineering-Oriented Formal Framework for Railway Interlocking Systems Requirements Specifications*. Dissertation, Fakultat Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der Technischen Universität Carolus-Wilhelmina zu Braunschweig, September 2009.
- [10] Zabłocki W.: *Modelowanie systemów sterowania ruchem kolejowym - struktury informacji i elementy opisu formalnego*. Prace naukowe TRANSPORT, Politechnika Warszawska, 57/2006.
- [11] Zabłocki W.: *A Formal Analysis of Conflict Functions Used in Rail Traffic Control Systems. The Archives of Transport*, vol. 18, Warszawa 2006.
- [12] Zabłocki W.: *Podstawy opisu formalnego zależności stacyjnych*. Prace naukowe TRANSPORT, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, z. 62/2007.
- [13] Zabłocki W.: *Synteza funkcji zależnościowych stacyjnego systemu srk*. Materiały Konferencji Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w kolejnictwie, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP w Krakowie, Materiały Konferencyjne, nr 91 (Zeszyt 149), Kraków 2009.
- [14] Normy Europejskie, (CENELEC):
- 1) EN 50126: Railway Applications - the Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS),
 - 2) EN 50128: Railway Applications - Communication, Signaling and Processing Systems - Software for Railway Control and Protection Systems,

- 3) EN 50129: Railway Applications : Safety Related Electronic Systems for Signaling.

METHODOLOGY OF CONSTRUCTION OF COMPUTER SYSTEMS FOR ATC

Summary

The general assumptions for the method of computer system for atc construction have been presented in the paper. The basis of the method of atr system designing is the strategy resulting from system analysis including V cycle and COTS approach. The descriptions of some designing stages that belong to V cycle have been given. The descriptions contain the atr system properties and the basis of formalization method. The basis of machines work analysis is specification of signals and definition of transfer function completed with schemes of transfer graphs. The result of mentioned above methodology of designing is the method allowing to create computer systems for traffic control.

Keywords: *rail traffic, system, method, control, project, modeling, machine (automat), the specification for the system, formal description, cycle V, route of the road*