

Piotr KAWALEC<sup>1</sup>  
Dariusz KOLIŃSKI<sup>2</sup>

### MODELOWANIE INTERLOCKING`U Z ZASTOSOWANIEM JĘZYKA OPISU SPRZĘTU

*W referacie na przykładzie modułu przejazdowego (ang. Level crossing) zaproponowano modelowanie funkcjonalności Euro-Interlocking'u. Jednocześnie zaprezentowano odmienne podejście do problemu tworzenia opisu europejskiego systemu zależnościowego. Dla prezentowanego modelu przedstawiono proces jego opracowania rozpoczynający się od specyfikacji na poziomie podstawowych funkcjonalności, przez budowę struktury hierarchicznej całego modułu aż po wykorzystanie modelu do badań.*

### INTERLOCKING MODELLING IN HARDWARE DESCRIPTION LANGUAGES

*The paper deals with the modelling of Euro-Interlocking's functionality exemplified by level crossing. Moreover, a different approach to the problem of creating this system's description has been presented. The whole process of creating the model has been introduced, concerning the specification of its basic functionality, the creation of the hierarchical structure and the application of the model to research.*

#### 1. WSTĘP

W 2006 roku Międzynarodowy Związek Kolei UIC (ang. International Union of Railways) rozpoczął zaplanowany na kilka lat projekt pod nazwą EORO-INTERLOCKING. Głównym celem tego projektu było opracowanie funkcjonalności europejskiego jądra systemu zależnościowego stosowanego w urządzeniach sterowania ruchem kolejowym (srk), na podstawie założeń opracowanych przez narodowych zarządców infrastruktury kolejowej. Dla ułatwienia prac nad tak rozległym projektem, wyselekcjonowano w sensie funkcjonalnym z systemu zależnościowego 10 modułów. Każdy z modułów opracowywany był oddzielnie. Polski zarządca infrastruktury kolejowej Polskie Linie Kolejowe S.A. (PLK) wyłączył ze swoich prac moduł przejazdowy.

---

<sup>1</sup>Politechnika Warszawska, Wydział transportu; 00-662 Warszawa; ul. Koszykowa 75.  
tel: + 48 234-75-85, e-mail: pka@it.pw.edu.pl

<sup>2</sup>Egis Poland Sp. z o.o.; 02-822 Warszawa; ul. Poleczki 13B.  
tel: + 48 324-18-59, e-mail: d.kolinski@egis-poland.com

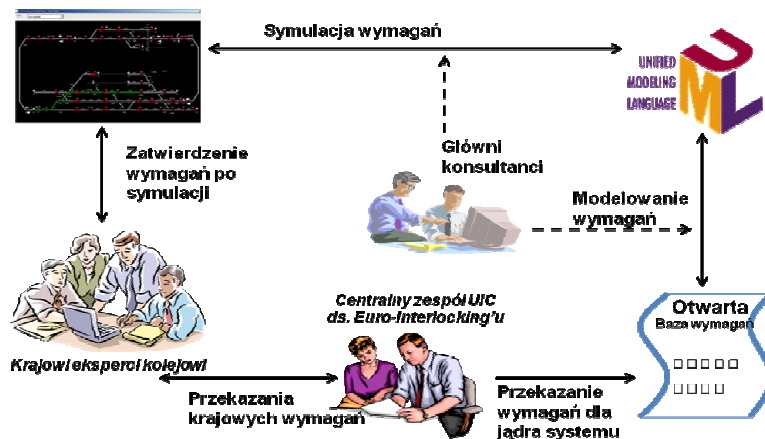
Powodem takiej decyzji był fakt, iż w dopuszczonych do stosowania w Polsce systemach sterowania ruchem kolejowym urządzenia na przejazdach zawsze są urządzeniami autonomicznymi. Jest to dość niebezpieczne podejście albowiem w czasach otwierania rynków krajowych wewnątrz Unii Europejskiej oraz wspólnego dopuszczania produktów na terenie UE, należy spodziewać się że takie systemy pojawią się również w Polsce. Stąd konieczne jest prowadzenie prac pozwalających na przygotowanie się do wdrażania systemów zależnościowych posiadających zintegrowane moduły przejazdowe, czy też moduły blokad liniowych. Te właśnie przesłanki spowodowały wybranie przez autorów modułu przejazdowego, jako modułu do budowy modelu.

## 2. PROJEKT EURO-INTERLOCKING

Projekt Euro-Interlocking jest kolejnym projektem UIC, którego celem jest opracowanie założeń dla europejskiego systemu zależnościowego. Poprzednie próby opracowania takich założeń bazowały na ekspertach głównych producentów z branży. W tym projekcie postawiono na współpracę z branżowymi ekspertami kolejowymi.

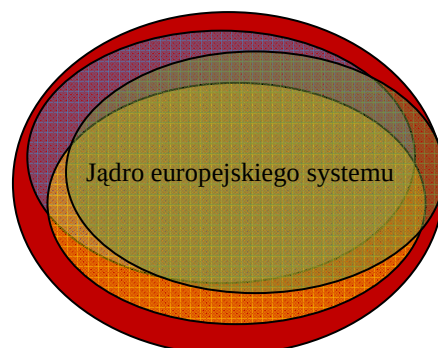
### 2.1 Realizacja projektu

Do współpracy w projekcie UIC zaprosiło zarządców infrastruktury z Finlandii, Portugalii, Holandii, Szwajcarii, Włoch, Szwecji, Polski, Wielkiej Brytanii, Danii, Słowenii, Niemiec, Austrii i Norwegii. Zaproszeni eksperci kolejowi z tych krajów rozpoczęli pracę w zespołach (rys. 1). Zespoły ekspertów pracowały kolejno nad wszystkimi modułami projektu.



Rys.1. Schemat organizacyjny projektu Euro-Interlocking

Kolejne etapy realizowane były przez zespoły UIC a efektem całości prac miało być wyspecyfikowanie dla poszczególnych modułów funkcjonalności, które wejdą do jądra europejskiego systemu zależnościowego (rys. 2)



Rys.2. Poszukiwanie jądra europejskiego systemu zależnościowego

## 2.2 Moduł przejazdu

Moduł ten obejmuje zagadnienia związane ze zdefiniowaniem funkcjonalności systemu przejazdowego zintegrowanego z systemem zależnościowym stacji. W module pominięte zostały zagadnienia sterowania urządzeń zewnętrznych tj. sygnalizatorów drogowych, dzwonów, napędów rogatkowych, tarcz ostrzegawczych przejazdowych. Prace zespołów kolejowych prowadzone były z wykorzystaniem tabeli wymagań (tab. 1).

Tab. 1. Tabela wymagań narodowych modułu przejazdowego

| <i>Identifier</i> |                                                                                                                              | <i>EI<br/>Comment</i> | <i>-<br/>Comm<br/>ent</i> | <i>Applicable<br/>To</i>                          |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|
| LCr295-Com        | <b>4 Level Crossing Deactivation</b>                                                                                         |                       |                           |                                                   |
| LCr325-Req        | An activated level crossing shall be deactivated if all of the activation requests for the level crossing have been removed. |                       |                           | Finland<br>Portugal<br>Switzerland                |
| LCr300-Com        | <b>4.1 Deactivation by Vehicle Detection</b>                                                                                 |                       |                           |                                                   |
| LCr539-Req        | The following activation requests are permitted to be removed by vehicle detection:                                          |                       |                           | Finland<br>Netherlands<br>Portugal<br>Switzerland |
| LCr747-Req        | <i>an activation request by route request</i>                                                                                |                       |                           | Portugal                                          |
| LCr540-Req        | <i>an activation request by vehicle detection</i>                                                                            |                       |                           | Finland<br>Netherlands<br>Portugal                |
| LCr542-Req        | <i>a manual activation request for an individual track</i>                                                                   |                       |                           | Finland<br>Switzerland                            |

Tabela ta zawiera elementy porządkujące (-com) oraz warunki (wymagania) dotyczące zasad projektowania, działania funkcjonalnego (-req). Każdy zespół krajowy deklarował wykorzystanie poszczególnych warunków w systemie przejazdowym. Zespoły mogły również zgłaszać do tabeli warunki planowane do wprowadzenia.

Tabele przesłane z krajów uczestniczących w projekcie posłużyły zespołowi UIC do wybrania wspólnych wymagań, które miały posłużyć do opracowania jądra systemu europejskiego.

Istotnym założeniem dla modułu przejazdowego było definiowanie wymagań dla pojedynczego przebiegu, w którym znajduje się przejazd kolejowy. Przebieg zgodnie z [1] będziemy definiować, jako ochronę boczną oraz drogę zbliżania, jazdy i ochronną dla zapewnienia bezpiecznego przejazdu pociągu.

### 3. STAN ZAGADNIENIA W POLSCE

Jak wspomniano we wstępie moduł ten został wyłączony z opracowania przez ekspertów PLK, ze względu na autonomiczne rozwiązania urządzeń sterujących na przejazdach kolejowych. Należy jednak nadmienić, że obecnie urządzenia te:

- w obszarze stacji są uzależniane w przebiegach,
- w bezpośrednim sąsiedztwie stacji są powiązane z systemem zależnościowym,
- w pozostałych przypadkach są niezależne od systemów zależnościowych stacji.

Uzależnienie w przebiegach polega na utwierdzeniu zamkniętego przejazdu i niemożności jego otwarcia do czasu przejechania pociągu.

Powiązanie polega na wykorzystaniu uzależnień między systemem przejazdowym a systemem zależnościowym na poziomie sygnalizacji przytorowej.

Zatem, brak jest w Polsce doświadczeń projektowych, funkcjonalnych i eksploatacyjnych z tej dziedziny. Jedynym rozwiązaniem jest budowa modelu pozwalającego na swobodne prowadzenie symulacji umożliwiających ustalenie narodowych funkcji dla modułu przejazdowego. Autorzy podjęli ten temat, ponieważ, prowadzili już nad algorytmizacją funkcji przejazdowych [2], jak również modelowali prace systemów srk [3], [4].

### 4. BUDOWA MODELU

#### 4.1 Założenia do modelowania

Po analizie podejścia zastosowanego przez UIC o poszukiwaniu wspólnej części funkcjonalności modułu przejazdowego, uznano, że głównym założeniem będzie budowa modelu umożliwiającego badanie sumy wszystkich funkcjonalności zgłoszonych przez ekspertów wszystkich krajów. Ponadto do modelowania przyjęto następujące założenia:

1. Funkcjonalności opisywane będą według identyfikatora tabeli wymagań narodowych modułu przejazdowego.
2. Dowolna funkcjonalność lub grupa funkcjonalności może być wyłączona.
3. Model będzie modelem logicznym, gdzie 1 oznacza realizację danej funkcjonalności, a 0 oznacza brak realizacji.
4. Nie będą odzwierciedlane wymagania projektowe.
5. Nie będą odzwierciedlane opóźnienia czasowe.

Aby zrealizować założenie wymienione w punkcie 2 wprowadzone zostało pojęcie Zmiennej Narodowej (ZN) dla pojedynczej funkcjonalności lub grupy funkcjonalności.

Dana funkcjonalność w modelu jest uznawana za ważną, jeśli ZN przyjmie wartość 1. Dla zachowania spójności ZN będą posiadały te same identyfikatory liczbowe jak funkcjonalności.

Do modelowania wybrany został pakiet Active-HDL pozwalający na realizację niezłożonych zależności w postaci równań za pomocą edytora tekstowego (HDE) lub w postaci grafów z wykorzystaniem edytora graficznego (FSM). Złożone zależności można odzwierciedlać w edytorze schematów blokowych (BDE). Po dokonaniu specyfikacji w dowolnym z tych edytorów możliwe jest przeprowadzenie symulacji funkcjonalnej.



Rys.3. Możliwości Pakietu Active-HDL

#### 4.2 Modelowanie za pomocą równań

Specyfikacja w tym edytorze modelowanie rozpoczęto od deklaracji wszystkich zmiennych wejściowych i wyjściowych. Następnie zadeklarowano ustawienia stanu początkowego.

```

28 entity Fn3_2 is
29     port(
30         -- sygnał zegarowy
31         CLK : in BIT;
32         -- zerowanie
33         RST : in STD_LOGIC;
34         -- wejściowe zmienne narodowe
35         w_ZN675, w_ZN678, w_ZN680, w_ZN682, w_ZN755 : in STD_LOGIC;
36         -- zmienne wejściowe
37         w_LCr675, w_LCr678, w_LCr680, w_LCr682, w_LCr755, w_LCr512 : in STD_LOGIC;
38         -- wyjściowe zmienne narodowe
39         ZN674_W, ZN512_W : in STD_LOGIC;
40         -- wartości wyjściowe
41         LCr674_W, LCr512_W : out STD_LOGIC
42     );
43 end Fn3_2;
44 --}} End of automatically maintained section
45 architecture Fn3_2 of Fn3_2 is
46 begin
47     Fn3_2 : process ( CLK, RST )
48     begin
49         -- Funkcja 3.2 --
50         -- Ustawienie zerowania --
51         if RST = '1' then
52             LCr674_W <= '0';
53         elsif CLK'event and CLK = '1' then
54             -- włączenie wykryciem taboru --
55             LCr674_W <= (ZN674_W and ((w_ZN675 and w_LCr675) or (w_ZN678 and w_LCr678) or (w_ZN680 and w_LCr680) or
56             (w_ZN682 and w_LCr682) or (w_ZN755 and w_LCr755))) ;
57             -- włączenie wykryciem taboru na odcinku manewrowym --
58             LCr512_W <= (ZN512_W and w_LCr512);
59         end if;
60     end process;
61 end Fn3_2;

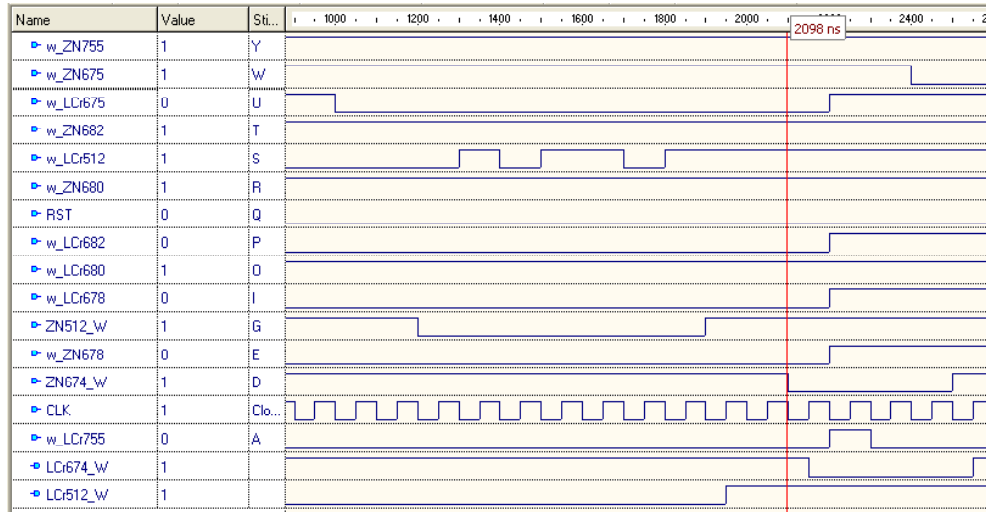
```

Rys.4. Przykład specyfikacji w edytorze HDE



Zastosowanie pakietu Active-HDL umożliwiło łatwą specyfikację zdekomponowanych grup funkcjonalności (pojedynczych układów), połączoną z jednoczesną możliwością weryfikacji opracowanych zależności za pomocą symulacji funkcjonalnej. Takie podejście oraz budowa modelu na poziomie zdekomponowanych elementów, pozwoliło na wykrywanie i eliminację nieprawidłowości od samego początku budowy modelu. Tak przetestowano każdy z układów oddzielnie a następnie przetestowany został cały model.

Fragment przeprowadzonych symulacji dla grupy funkcjonalności przedstawiono na rysunku 7.



Rys.7 Testowanie funkcjonalne modelu Modułu przejazdowego

W procesie testowania zmieniane były wartości wejściowe a symulator pakietu Active-HDL generował odpowiedzi na wyjściu. Cały model (rys.6.) posiada ponad 70 wejść dlatego praktycznie weryfikacja takiego modelu jednoetapowo jest praktycznie niemożliwa. Rozwiązaniem tego problemu było zastosowanie dekompozycji na grupy funkcjonalności odzwierciedlające podrozdziały w tabeli wymagań narodowych. Na poziomie testowania układów zbiór wartości wejściowych obejmował kilkanaście zmiennych, co znacząco ułatwiało weryfikację.

Obecnie na modelu prowadzone są badania symulacyjne, na zbiorze funkcjonalności opisanych w module przejazdowym projektu UIC.

### 3. WNIOSKI

Zbudowany model pozwala prowadzić badania na pełnym zbiorze funkcjonalności dla modułu przejazdowego. Ma on otwartą strukturę, co pozwala na wprowadzenie do testowania nowych funkcjonalności (jeszcze nie zdefiniowanych).

Wykorzystanie pakietu Active-HDL umożliwiło automatyczne wygenerowanie opisu modelu (w języku opisu sprzętu) oraz umożliwiła prowadzenie symulacji funkcjonalnych.

Prowadzone są obecnie badania symulacyjne, których celem będzie wyznaczenie optymalnego zbioru funkcjonalności dla modułu przejazdowego w warunkach polskich. W następnym etapie autorzy planują opracowanie modelu modułu przejazdowego, którego zmiennymi wejściowymi będą informacje na poziomie rzeczywistego systemu zależnościowego. Na tym etapie prac planowane jest wprowadzenie do modelu również założeń projektowych.



#### 4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Dąbrowa-Bajon M.: *Podstawy sterowania ruchem kolejowym*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2002.
- [2] Kawalec P., Koliński D.: *Algorytmizacja funkcji samoczynnych sygnalizacji przejazdowych z wykorzystaniem wspomaganie komputerowego*. Materiały VII Konferencji „Komputerowe systemy wspomaganie nauki, przemysłu i transportu TRANSCOMP”, Zakopane, 2003, str. 255-260.
- [3] Kawalec P., Koliński D.: *Modelowanie obwodów przekaźnikowych urządzeń srk językach opisu sprzętu*. Politechnika Radomska, Prace Naukowe – Elektryka nr 1 (9) 2005, Radom, 2005. str. 101-106.
- [4] Kawalec P., Koliński D.: *Zastosowanie języków opisu sprzętu do modelowania elementów srk o charakterystyce przekaźnikowej*. Politechnika Radomska, Prace Naukowe – Elektryka nr1 (9) 2005, Radom, 2005. str. 107-112.
- [5] Kawalec P., Koliński D., Mocki J.: *Zastosowanie programowalnych struktur logicznych w projektowaniu urządzeń sterowania ruchem kolejowym*. Problemy kolejnictwa, Nr 140, CNTK, Warszawa, 2005, str. 66 – 88.
- [6] Zwoliński R.: *Projektowanie układów cyfrowych z wykorzystaniem języka VHDL*, WKŁ, Warszawa, 2002.
- [7] Kalisz J. (red.): *Język VHDL w praktyce*, WKŁ, Warszawa, 2002.
- [8] Strona UIC: [www.uic.org/download.php/publication/505\\_05E.pdf](http://www.uic.org/download.php/publication/505_05E.pdf)