

Mieczysław KORNASZEWSKI, Roman PNIEWSKI

PROTOTYP UKŁADU LICZNIKA OSI

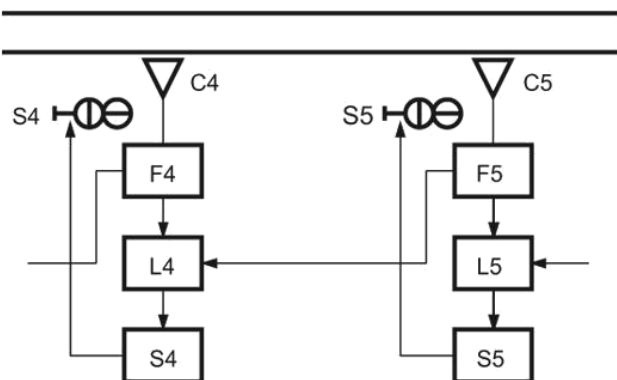
W artykule został przedstawiony, opracowany przez autorów prototyp licznikowego systemu kontroli niezajętości torów. Układy stosowane obecnie na kolei oparte są na technice komputerowej. Autorzy proponują zastosowanie klasycznej techniki cyfrowej w budowie układów srk.

WSTĘP

Przeznaczeniem licznikowych systemów kontroli niezajętości torów i rozjazdów jest do określenie pozycji pojazdu szynowego w kontrolowanym obszarze układu torowego stacji, bądź szlaku oraz przekazywanie uzyskanych informacji odnośnie zajętości lub niezajętości do urządzeń srk.

Pociąg wjeżdżając do strefy przejeżdża nad czujnikiem, który wykrywa przejeżdżające osie. Sygnały z czujników zliczane są w jednostce centralnej (logicznej). Podczas wyjeżdżania ze strefy ilość osi wyjeżdżających jest odejmowana od stanu licznika. Jeżeli bilans osi wynosi zero, licznik przekazuje sygnał do innych urządzeń, iż strefa jest wolna.

Czujnik zainstalowany przy torze posiada 2 obwody magnetyczne. Zastosowanie dwóch obwodów zapewnia wykrycie kierunku jazdy pociągu - do strefy, czy też ze strefy oraz odpowiednie zliczenie osi. Jeden czujnik może być wykorzystany przez dwie sąsiadujące ze sobą sekcje. Przejeżdżająca nad nim oś będzie powodowała w jednej sekcji zmniejszanie stanu licznika, w drugiej zaś zwiększanie.



Rys. 1 Przykład zastosowania czujnika koła w dwustawnej blokadzie samoczynnej

Do stosowanych obecnie w kolejnictwie polskim nowoczesnych licznikowych systemów kontroli niezajętości torów należą m.in.:

Licznikowy system kontroli niezajętości torów SKZR – Z.A. KOMBUD S.A.,

Licznikowy system kontroli niezajętości torów SKZR-2 – Z.A. KOMBUD S.A.,

Licznikowy system zajętości toru typu SOL-21 – Bombardier ZWUS Transportation Sp. z o.o.,

System liczenia osi ACS2000 – Frauscher Polska Sp. z o.o.,

System liczników osi typu AzS(M)350 – Siemens Transportation Systems Sp. z o.o.

1. ANALIZA TECHNICZNA WYBRANYCH KOMPUTEROWYCH SYSTEMÓW LICZNIKOWYCH

Koncepcja bezpieczeństwa nowoczesnych systemów licznikowych oparta jest najczęściej na 2-kanalowym przetwarzaniu (system „2 z 2” lub „2 z 3”) i porównywaniu 2 niezależnych sygnałów wytworzonych w każdym czujniku koła, a także poprzez zastosowanie rozbudowanych funkcji diagnostycznych i kontrolnych, do których zaliczyć można m.in. ciągłą samokontrolę stanu przylegania czujników koła do szyn oraz kontrolę zwarcia lub przerwy kabli łączących czujniki koła z licznikiem osi.

1.1. Licznikowy system kontroli niezajętości torów typu SKZR Z.A. KOMBUD

Licznikowy system kontroli niezajętości torów SKZR zastępuje obwody torowe przekazując jednocześnie więcej informacji na temat sytuacji ruchowej. Elementy systemu przystosowane są do zliczania osi pojazdów poruszających się z prędkościami 0÷350km/h.

Obwody wejściowe współpracują z czujnikami szynowymi generującymi sygnały dla każdej przejeżdżającej osi. Cechą systemu jest możliwość dowolnej konfiguracji kontrolowanych sekcji.



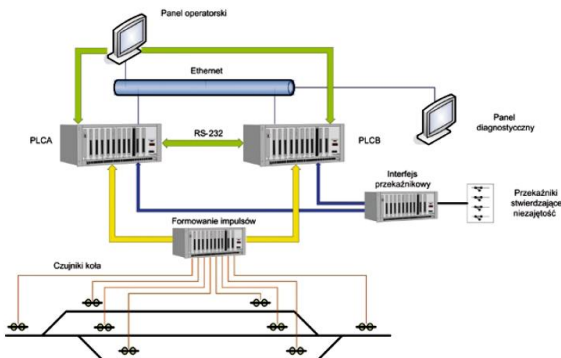
Rys. 2 Widok stojaka z aparaturą systemu SKZR wykonanego w technologii komputerowej

System wyposażony jest w komputerowy interfejs zobrazowania stanu kontrolowanych sekcji. Personel obsługi (dyżurny ruchu) otrzymuje dokładne informacje o kontrolowanych sekcjach. Ułatwia to ocenę sytuacji w przypadku złożonych działań. Pełna informacja o stanie urządzeń, skraca również czas diagnostyki systemu w przypadku awarii. Jednocześnie stany systemu podlegają rejestracji

umożliwiają analizę prowadzenia ruchu. Obsługa posterunku ruchu, na którym znajduje się licznikowy system osi SKZR ma zapewniony dostęp do informacji kontrolnych w sposób ciągły, co ułatwia wykonywanie niezbędnych działań technicznych.

Podstawowe bloki funkcjonalne systemu SKZR to:

- sterowniki PLC (PLCA i PLCB),
- interfejs przekaźnikowy (IP),
- panel operatorski lub stanowisko obsługi,
- czujniki szynowe wraz z kartami wartościującymi.



Rys. 3 Przykładowa konfiguracja systemu kontroli niezajętości torów typu SKZR

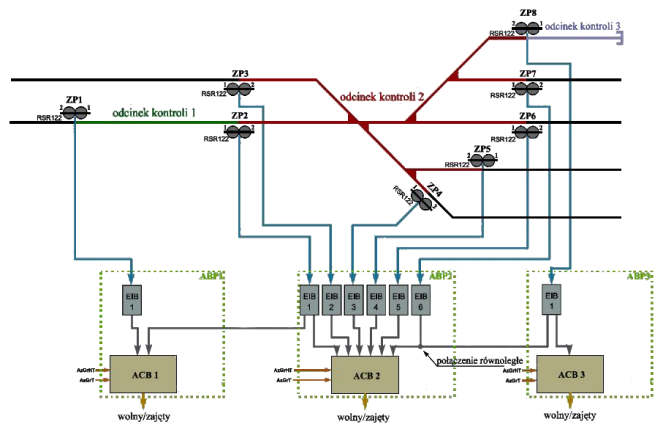
Od strony sprzętowej sygnały otrzymane na skutek oddziaływania osi pojazdu oraz sygnały kierunku jazdy wprowadzane są dwukanałowo na moduły wejść, a następnie przetwarzane niezależnie przez 2 sterowniki jednostki liczącej (PLCA, PLCB). Sterowniki porównują między sobą dane i 2-kanałowo wystawiają sygnał zajętości bądź niezajętości.



Rys. 4 Rozmieszczenie elementów i widok stanowiska badawczego systemu licznikowego typu SKZR w Laboratorium Systemów SRK w UTH Radom

1.2. System liczenia osi ACS2000 firmy Frauscher

Zasada działania systemu licznika osi ACS2000 (rys. 5) polega na tym, że na początku i na końcu każdego odcinka liczenia umieszczony jest czujnik koła, tworzący wspólnie z kartą wartościującą punkt liczący. Za pośrednictwem dwóch systemów czujnika koła wykrywane są osie przejeżdżającego pociągu, a także ich kierunek jazdy. Każdy z czujników koła jest połączony z kartą wartościującą. Dzięki temu połączeniu realizowane jest zasilanie czujnika koła i przekazywanie informacji z czujnika do karty wartościującej.



Rys. 5 Przykładowa konfiguracja systemu licznika osi ACS2000

Karta licząca ACB zbiera informacje od punktów liczących i przetwarza je w ostateczny wynik. Uwzględniając stan systemu ACS2000 przekazuje meldunek o zajętości bądź niezajętości określonego odcinka torowego. Poprzez równoległe podłączenie czujników koła, maksymalnie 2 na każde wejście karty ACB, istnieje możliwość realizowania do 12 punktów liczących dla jednego obwodu licznikowego, pod warunkiem że zostało wykluczone równoczesne najechanie przez pociąg równoległe podłączonych czujników koła.

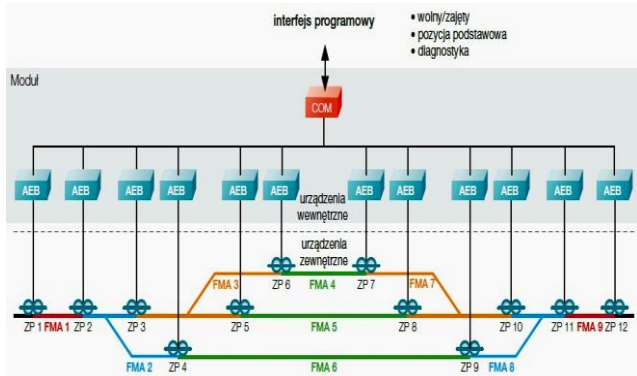
Mikroprocesorowy system dwukanałowy zaprojektowany specjalnie dla tego typu aplikacji stanowi jedną z głównych koncepcji bezpieczeństwa systemu licznikowego ACS2000. System mikroprocesorowy zastosowany w ACS2000 składa się z dwóch niezależnych od siebie kanałów, charakteryzujących się identyczną budową. Zadaniem tego systemu jest sprawdzanie wszystkich meldunków istotnych dla bezpieczeństwa i przetwarzania ich w dwóch niezależnych od siebie kanałach. Układy porównujące umożliwiają wydanie meldunku odnośnie zajętości bądź niezajętości jedynie w przypadku zgodności informacji na kanałach wyjściowych systemu liczenia.

1.3. Typy architektur systemów licznikowych na przykładzie rozwiązań firmy Frauscher

Firma Frauscher posiada także licznik osi z interfejsem szeregowym o zaawansowanych możliwościach dla aplikacji nadrzędnych.

Architektura centralna

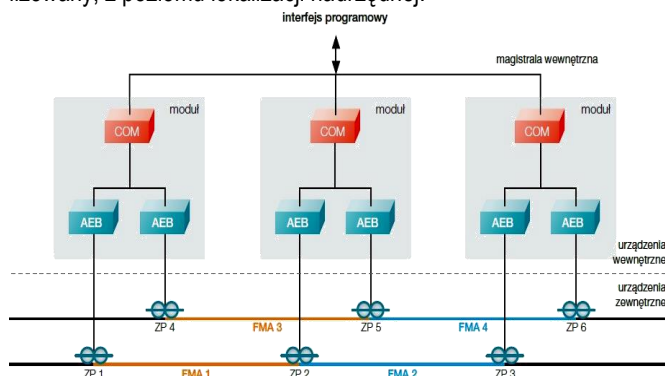
W architekturze centralnej (rys. 6) wszystkie podzespoły systemu licznikowego zgrupowane są w jednym miejscu, np. w nastawnicy komputerowej. Taka forma budowy systemu licznikowego jest obecnie najbardziej rozpowszechniona, a obsługa systemu może być przeprowadzona przez jeden centralny komputer odpowiedzialny za wiele kontrolowanych obwodów elektrycznych (twz. konfiguracja oprogramowaniem), jak i przez kilka jednostek komputerowych przyporządkowanych do wybranych odcinków torowych (twz. konfiguracja sprzętowa). Łączność poszczególnych podzespołów systemu licznikowego z nastawnicą, a także konfiguracja i diagnostyka przebiegają w sposób scentralizowany.



Rys. 6 Architektura centralna ograniczonego systemu licznika osi FAdC ze stabilnym stykiem przekaźnika, gdzie: ZP – zespół zliczania osi; FMA – kontrolowany odcinek torowy; AEB – karta wartościująca; COM – moduł komunikacyjny

Architektura zdecentralizowana

Obecnie systemy zdecentralizowane (rys. 7) wykonywane w technologii komputerowej nabierają coraz większego znaczenia. Potrzebują obecnie dużo mniej okablowania i w związku z tym są znacznie tańsze. W przeciwieństwie do architektury centralnej wszystkie procesy sterowania systemu licznikowego zdecentralizowano. Wymagane kontrolery obiektów i procesów systemu zostały rozmieszczone wzdłuż kontrolowanych odcinków torowych w szafkach sterowniczych. Moduły wchodzące w skład tego systemu licznikowego mogą się komunikować za pomocą już istniejących systemów sieciowych i mogą być obsługiwane w sposób zdecentralizowany, z poziomu lokalizacji nadrzędnej.



Rys. 7 Architektura zdecentralizowana zaawansowanego systemu licznika osi FAdC ze stabilnym interfejsem programowym, gdzie: ZP – zespół zliczania osi; FMA – kontrolowany odcinek torowy; AEB – karta wartościująca; COM – karta komunikacyjna

2. MODEL LABORATORYJNY SYSTEMU LICZENIA OSI

Rozproszenie geograficzne systemów sterowania ruchem kolejowym powoduje, że stawia się coraz większe wymagania w stosunku do lokalnych urządzeń sterujących w zakresie realizowanych algorytmów sterowania, przetwarzania informacji oraz pewności i szybkości transmisji danych. W latach 70 ubiegłego wieku do sterowania ruchem na kolei (urządzenia SRK) zaczęto wykorzystywać układy elektroniczne. Układy elektroniczne, a w szczególności systemy cyfrowe zaczęły wypierać, stosowane wcześniej systemy kluczowe i przekaźnikowe. Zwiększenie stopnia integracji w układach scalonych pozwoliło na budowę urządzeń SRK realizujących coraz bardziej rozbudowane funkcje. Pojawienie się sterowników przemysłowych i przemysłowych wersji komputera PC (wraz z wykorzystaniem systemów operacyjnych czasu rzeczywistego) pozwoliło na zastosowanie rozwiązań programowych do realizacji algorytmów działania urządzeń SRK. We współczesnych, cyfrowych

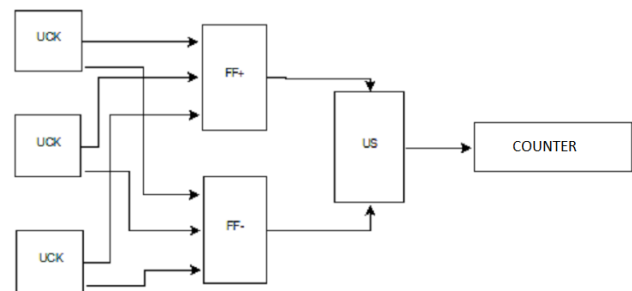
systemach SRK algorytmy sterowania, przetwarzania i przechowywania danych są realizowane głównie w sposób programowy, zwykle w układach mikroprocesorowych, w których realizacja zadanego algorytmu odbywa się zgodnie z przechowywanym w pamięci programem. Alternatywą dla rozwiązań komputerowych może być powrót do rozwiązań sprzętowych (elektronicznych), bądź sprzętowo-programowych (układy SOC – System On Chip), uwzględniających rozwój technologii specjalizowanych układów scalonych. We współczesnych systemach automatyki kolejowej (SRK) coraz powszechniej stosowane są specjalizowane układy cyfrowe. Nadrzędnym celem układów SRK jest zapewnienie bezpieczeństwa. Dlatego metody projektowania tych systemów odbiegają od powszechnie stosowanej metodologii syntezy systemów cyfrowych. Przy projektowaniu układów cyfrowych największy nacisk kładzie się na minimalizację funkcji logicznych, opisujących system. W przypadku systemów SRK najistotniejszym jest określenie sposobu działania układu w sposób zdeterminowany, projektant powinien przewidzieć jak zadziała układ w każdej, możliwej sytuacji. Funkcje realizowane przez układ cyfrowy można zawsze zweryfikować (także w układzie docelowym) przy wykorzystaniu, opisanych w pracy [8] metod testowania. Istotnym problemem jest niezdeterminowane zachowanie układu wskutek, występujących w układzie zjawisk szkodliwych:

- wyścigów
- hazardów

Zjawiska te są trudne do uchwycenia w układzie docelowym, ponieważ ich wystąpienie jest uzależnione od czasów propagacji sygnału cyfrowego przez poszczególne elementy

Autorzy podjęli próbę implementacji układu kontroli niezajętości w strukturze FPGA. System (rys.8) składa się z następujących modułów:

- układ czujnika koła (UCK)
- rejestry zatraskowe (FF)
- układ sterujący (US)
- licznik dwukierunkowy (UP/DOWN).



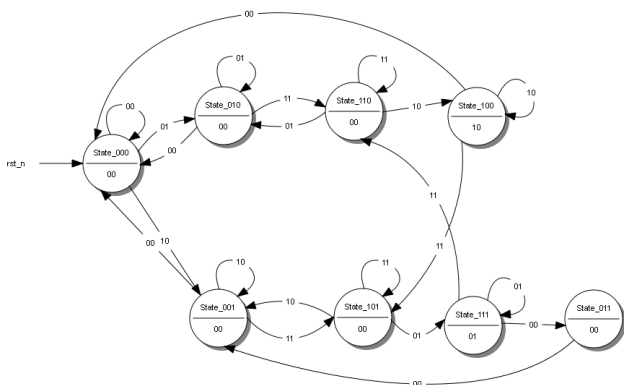
Rys. 8 Schemat blokowy systemu liczenia osi

Modułowa budowa systemu pozwoli na jego konfigurację pod konkretne potrzeby (np. zmiana liczby czujników).

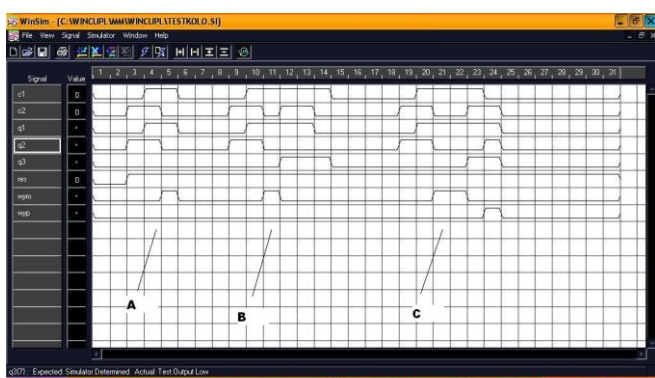
Układ czujnika koła współpracuje z czujnikami indukcyjnymi, jego zadaniem jest generowanie impulsów związanych z przemieszczeniem koła nad czujnikami. W zależności od kierunku do układów licznika jest przekazywany impuls powodujący zwiększenie lub zmniejszenie stanu licznika (liczba osi). Graf przejść automatu pokazano na rys.9.

Rysunek 10. pokazuje zachowanie układu wykrywania osi w najbardziej skomplikowanym przypadku. Zaprezentowano zachowanie układu przy zatrzymaniu „na czujniku”. Fragment „A” to przejazd koła przez czujnik. W części „B” pokazano reakcję układu przy zatrzymaniu koła na czujniku. Zmiany sygnału na C2 (spowodowane „wychodzeniem” koła ze strefy oddziaływania tego czujnika) nie powodują wygenerowania dodatkowych impulsów (zostaje wygenerowany jeden impuls do licznika osi). Kolejny fragment („C”) pokazu-

je działanie układu po zmianie kierunku jazdy. Po najechaniu koła na czujniki C1 i C2 zostaje wygenerowany impuls do licznika osi. Zawrócenie (zmiana kolejności sekwencji C1 C2) wyzwala dodatkowy impuls na drugim wyjściu co umożliwi korekcję zawartości licznika osi.



Rys. 9 Graf przejść automatu



Rys 10 Przejazd z zatrzymaniem na czujniku i zawróceniem składu

PODSUMOWANIE

Głównym zastosowaniem systemów liczenia osi jest ciągła bezpieczna sygnalizacja stanu zajętości odcinków linii kolejowych i obwodów stacyjnych dla potrzeb urządzeń srk. Bezpieczne prowadzenie pociągów na linii kolejowej, w oparciu m.in. o systemy kontroli niezajętości torów w obrębie stacji i na szlaku kolejowym ma wiele wyzwań, tzn. powinno wykluczyć możliwość spowodowania czołowego spotkania się pociągów jadących po tym samym torze w przeciwnych kierunkach, najechania z tyłu jednego pociągu na drugi przy jeździe obu pociągów po tym samym torze w jednym kierunku, najechania jednego pociągu na bok drugiego przy przejeździe przez zwrotnicę, itp.

W trakcie awarii systemu licznikowego konieczne jest przywrócenie systemu do stanu prawidłowej pracy bez zakłóceń. Istnieją wówczas możliwości realizacji warunkowych wariantów pracy. W sytuacji awaryjnych powinna istnieć możliwość samodzielnego

wprowadzenia części ustawień podstawowych np. przez dyżurnego ruchu (z poziomu centrum sterowania ruchem).

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych, nr umowy PBS3/A6/29/2015.

BIBLIOGRAFIA

1. Dąbrowa-Bajon M.: Podstawy sterowania ruchem kolejowym. Funkcje, wymagania, zarys techniki. Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
2. Dyduch J., Kornaszewski M., Pniewski R.: Koncepcja sytemu kontroli niezajętości torów i rozjazdów kolejowych. Czasopismo Logistyka 3/2015.
3. Grundnig G., Pucher Ch.: Nowoczesne technologie z zakresu systemów liczenia osi. Frauscher Sensortechnik GmbH, 2013
4. Kornaszewski M.: Lokalne centra sterowania w procesie prowadzenia ruchu pociągów. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe Nr 3(159), Instytut Naukowo-Wydawniczy SPATIUM, Radom 2013.
5. Kornaszewski M., Nowak A.: Wykorzystanie czujników indukcyjnych w układach lokalizacji pojazdów szynowych. Technika Transportu Szynowego (tts) Nr 12, Radom 2016.
6. Pniewski R.: Metoda oceny bezpieczeństwa cyfrowych systemów automatyki kolejowej. Monografia nr 183 UTH w Radomiu ISBN 978-83-7351-389-1
7. Pniewski R., Kornaszewski M.: Interfejsy diagnostyczne dla systemów SRK – zapewnienie bezpieczeństwa. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej TRANSPORT z. 113, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2016.
8. Zakłady Automatyki KOMBUD S.A.: Licznikowy system kontroli niezajętości typu SKZR. Dokumentacja Techniczno – Ruchowa. Radom 2008.
9. <http://www.kombud.com.pl/pl/firma/licznikowy-system-kontroli-niezajetosci-typu-skrz2,153.html>

Prototype of axis counting system

In the article was presented, developed by the authors of the axle counter prototype. The current rail systems are based on computer technology. The authors propose the use of classical digital technique in the construction of atc systems

Autorzy:

dr hab. Inż. **Mieczysław Kornaszewski** prof. UTH – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu –Wydział Transportu i Elektrotechniki, m.kornaszewski@uthrad.pl.

dr hab. Inż. **Roman Pniewski** prof. UTH – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu –Wydział Transportu i Elektrotechniki, r.pniewski@uthrad.pl