

Rys historyczny rozwoju systemów sterowania ruchem kolejowym na przykładzie prac prowadzonych w Instytucie Kolejnictwa

Andrzej BIAŁOŃ¹

Streszczenie

Systemy sterowania ruchem kolejowym zapewniają bezpieczną jazdę taboru kolejowego, wykorzystując odpowiednie urządzenia w sposób automatyczny lub z udziałem operatora. W artykule przedstawiono rys historyczny rozwoju urządzeń sterowania ruchem kolejowym od jego początków po dziś dzień. Przedstawiono także proces udoskonalania urządzeń srk na przykładzie prac prowadzonych w Polsce, a w szczególności w Zakładzie Sterowania Ruchem i Teleinformatyki Instytutu Kolejnictwa. Zwrócono uwagę na elementy urządzeń sterowania ruchem zmieniające się w związku z rozwojem technologii. Pokazano również współpracę międzynarodową Zakładu Sterowania Ruchem i Teleinformatyki Instytutu Kolejnictwa, a także jego działania w zakresie popularyzacji wiedzy.

Słowa kluczowe: transport szynowy, sterowanie ruchem, rozwój, badania

Wstęp

Systemy sterowania ruchem kolejowym (srk) zapewniają bezpieczną jazdę taboru kolejowego (w tym pociągów), wykorzystując odpowiednie urządzenia w sposób automatyczny lub z udziałem operatora, na przykład dyżurnego ruchu, czy też maszynisty/mechanika obsługującego tabor kolejowy. Nazewnictwo urządzeń i systemów sterowania ruchem kolejowym w czasie ostatnich 100 lat zmieniało się. Na początku XX wieku mówiło się o urządzeniach i systemach bezpieczeństwa ruchu kolejowego i sygnalizacji – takie określenia były stosowane przez profesora A. Wasiutyńskiego w kolejnych wydaniach jego znakomitej książki „Drogi żelazne” [33, 34], będącej podsumowaniem ówczesnej wiedzy o systemach kolejowych, w tym o technice prowadzenia ruchu, budowie linii i stacji kolejowych oraz budowie urządzeń, które stosowano na kolejach.

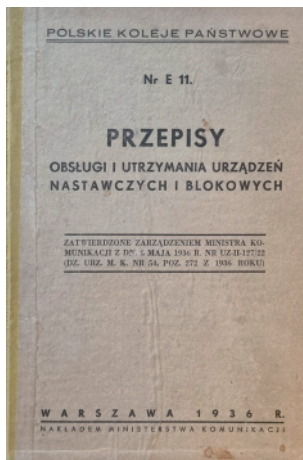
Z upływem lat, określenia te uległy zmianie

na: zabezpieczenie ruchu pociągów, sterowanie ruchem pociągów, czy też bezpieczne prowadzenie pociągów. W XXI wieku pojawiła się nazwa „Bezpieczna Kontrola Jazdy Pociągu” (BKJP), dotycząca urządzeń sterowania ruchem kolejowym związanych z taborom oraz jego bezpieczną jazdą. BKJP wyróżnia systemy automatycznego: ostrzegania, kontroli pociągu, sterowania pociągiem i prowadzenia pociągu. To nazewnictwo ma swoje odpowiedniki w języku angielskim i jest stosowane we wszystkich zarządach kolejowych UIC (*International Union of Railways*) i UE (*European Union*). Wyjątek stanowi BKJP, która jest terminem opracowanym w Instytucie Kolejnictwa i jest stosowana przede wszystkim na kolejach polskich.

W okresie międzywojennym, prace dotyczące systemów sterowania ruchem kolejowym polegały głównie na opracowaniu jednolitych polskich przepisów kolejowych dotyczących konstrukcji, obsługi, utrzymania, prowadzenia ruchu, standaryzacji działań w przypadku awarii i wypadków kolejowych, a także standaryzowaniu i rozwoju urządzeń technicznych stosowanych do zapewnienia bezpiecznego ruchu kolejowego. Wynikało to stąd, że przepisy i urządzenia na kolejach polskich, powstałych na terytoriach należących wcześniej do trzech różnych zaborców różniły się dość znacznie, co oczywiście było dużym utrudnieniem dla prowadzenia bezpiecznego



¹ Dr inż., prof. IK; Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki; e-mail: abialon@ikolej.pl.



ruchu kolejowego. Efektem tych działań było opracowanie odpowiednich przepisów obowiązujących na całej sieci kolejowej. Jako przykład z dziedziny systemów sterowania ruchem kolejowym można przytoczyć przepisy E11 [17], wydane w 1936 roku, dotyczące obsługi i utrzymania urządzeń nastawczych i blokowych.

Okres po drugiej wojnie światowej – przed utworzeniem Instytutu Kolejnictwa

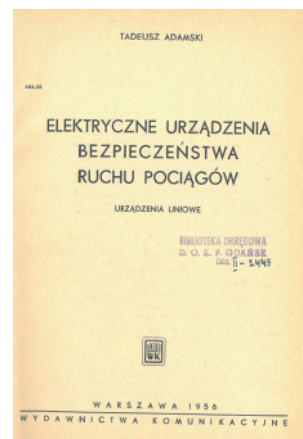
Po zakończeniu drugiej wojny światowej sytuacja na kolejach polskich była trudna, przede wszystkim z powodu dewastacji infrastruktury kolejowej, dewastacji taboru, a także braków specjalistów do obsługi urządzeń i prowadzenia ruchu. Duża część sieci kolejowej była wcześniej zarządzana przez koleje niemieckie, co wiązało się z innymi przepisami prowadzenia ruchu kolejowego, a także z inną infrastrukturą kolejową, w dużym stopniu zdewastowaną w wyniku działań wojennych i działalności po-

wojennej [rozkradziona]. W tym okresie korzystano z przepisów kolejowych okresu międzywojennego, jednocześnie prowadząc inwentaryzację i porządkowanie infrastruktury. Przykładem takich przepisów są „Przepisy sygnalizacji na kolejach polskich Nr. E.1” obowiązujące od 1 lipca 1946 roku zatwierdzone rozporządzeniem Ministra Komunikacji z 7.8.1945

NR RT – 50/345 [18]. W wyniku rozwoju techniki i rozwoju technologii prowadzenia ruchu kolejowego, te przepisy ewoluowały z biegiem czasu, ale podstawowe zasady ruchu kolejowego pozostały takie same. Wydawano opracowania dotyczące obsługi i utrzymania urządzeń, które porządkowały również wymagania dla systemów srk. Były traktowane jako dokumentacja techniczno-ruchowa do instalowania urządzeń dostosowanych do nowych wymagań związanych z prowadzeniem ruchu kolejowego. Obecnie obowiązujące na kolejach

polskich przepisy o prowadzeniu ruchu i sygnalizacji „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 20 października 2023 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie ogólnych warunków prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji” [27] są kontynuacją zasad zawartych w przepisach z okresu międzywojennego.

W tym okresie w dziedzinie urządzeń sterowania ruchem kolejowym powstawały nowe rozwiązania techniczne bazujące na aktualnej wiedzy i wykorzystujące rozwiązania techniczne stosowane do tej pory, jak również uwzględniające postęp techniczny. Rozpoczął się również proces porządkowania urządzeń srk w nowych lokalizacjach. Przykładowymi opracowaniami tego typu są: „Elektromechaniczne urządzenia bezpieczeństwa ruchu pociągów” autorstwa A. Mikulskiego [20] lub „Elektryczne urządzenia bezpieczeństwa ruchu pociągów” T. Adamskiego [1].



Te opracowania pełniły także rolę podręczników do nauki w kolejowych technikach i zasadniczych szkołach zawodowych. Były również wykorzystywane na uczelniach kształcących w specjalności inżynierii sterowania ruchem kolejowym. Obecnie, te dokumenty nie straciły na znaczeniu, ponieważ na kolejach polskich do tej pory są eksploatowane niektóre urządzenia opisane w tych dokumentach. W związku z tym są wykorzystywane jako źródła informacji o budowie, działaniu i utrzymaniu tych urządzeń, chociaż eksploatowanie tych urządzeń jest utrudnione przez brak części zamiennych. Dotyczy to w szczególności urządzeń mechanicznych, dla których części zamienne są wykonywane na zamówienie i do konkretnego zastosowania w określonej lokalizacji.

Prace badawcze i rozwojowe z dziedziny srk prowadzone w Instytucie Kolejnictwa

Instytut Kolejnictwa (IK) powstał w 1951 roku jako Instytut Naukowo-Badawczy Kolejnictwa będący jednostką budżetową. W 1958 roku został przemianowany

na Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju Techniki Kolejnictwa i jednocześnie włączony do struktur Polskich Kolei Państwowych. W 1987 roku został przemianowany na Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa (CNTK). Do końca 1999 roku CNTK był częścią Polskich Kolei Państwowych. Od roku 2000 został wyłączony ze struktur PKP i funkcjonował jako jednostka badawczo-rozwojowa. W 2010 roku przyjął nazwę Instytut Kolejnictwa (IK).

Po utworzeniu IK, główny nacisk położono na rozwój w dziedzinie taboru, dróg kolejowych, ogólnie pojętej problematyki eksploatacji oraz spraw związanych z dokumentacją. Początkowo prace rozwojowe dotyczące urządzeń sterowania ruchem kolejowym były prowadzone w ramach Zakładu Eksploatacji i Działu Dokumentacji.

Formalnie, prace nad rozwojem urządzeń sterowania ruchem kolejowym rozpoczęły się w latach 60. XX wieku, w chwili utworzenia w Instytucie Kolejnictwa Zakładu Zabezpieczenia Ruchu Kolejowego. Później, prace Zakładu rozszerzono o problematykę łączności i telekomunikacji. Między innymi w tym celu powołane zostało Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji. W tym czasie nazwy Zakładu zmieniały się, natomiast profil prac pozostał praktycznie ten sam. Obecna nazwa Zakładu to: Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki. W dalszej części artykułu będzie używany skrót ZS jako nazwa zakładu zajmującego się sterowaniem ruchem kolejowym.

Początkowo prace ZS były skoncentrowane na rozwoju technicznym urządzeń i systemów srk, a także na ocenie wprowadzanych do eksploatacji nowych rozwiązań (technicznych i organizacyjnych). Opracowywane były nowe rozwiązania zarówno własne, jak i we współpracy z innymi jednostkami krajowymi i zagranicznymi. Opracowane urządzenia i systemy srk były również przedmiotem uzyskanych przez IK patentów (uzyskano ponad dwadzieścia patentów z dziedziny urządzeń srk).

W latach 80. XX wieku do działalności ZS doszły prace związane z formalną oceną wyrobów i ich certyfikacją. Pierwszym oficjalnym organem mającym na celu ocenę wyrobów przeznaczonych do eksploatacji na PKP była Komisja Oceny Wyrobów (KOW). Najwięcej ocen Komisja wydała na urządzenia srk i łączności, stąd też sekretariat tej Komisji był usytuowany w ZS. Komisja Oceny Wyrobów oceniła łącznie kilkaset wyrobów przeznaczonych do eksploatacji na sieci PKP i w owym czasie była niezbędna do dopuszczenia do eksploatacji określonego wyrobu, urządzenia lub systemu.

Prace rozwojowe

Jednym z pierwszych rozwiązań opracowanych w Zakładzie Sterowania był system SHP (Samoczynne

Hamowanie Pociągów). System ten jest systemem ostrzegającym maszynistę o zbliżeniu się do semafora. Należy do grupy systemów automatycznego ostrzegania AWS (ang. *Automatic Warning Systems*). Systemy AWS zapewniają wizualne i dźwiękowe ostrzeżenie maszynisty podczas zbliżania się pociągu do sygnalizatorów, przejazdów kolejowych, czasowych bądź stałych ograniczeń prędkości. Działanie systemu polega na ostrzeganiu maszynisty o zbliżeniu się do semafora (pojazd trakcyjny przejeżdża nad określonym punktem na linii wyposażonym w czujnik tak zwany elektromagnes torowy). SHP składa się z czujnika przytorowego oraz czujnika pojazdowego i aparatury zabudowanej w pojeździe (generator SHP). Standardowo czujnik jest instalowany na szlaku w odległości 200 m przed semaforem, natomiast na stacjach przed semaforem wyjazdowym lub/i przed semaforem drogowym. Informacja dla maszynisty jest podawana w postaci zaświecenia się odpowiedniej lampki, a po upływie 3,5 sekundy włącza się buczonek (do 5 sekund). W tym czasie maszynista musi nacisnąć przycisk czujności, co świadczy o jego zdolności do prowadzenia pociągu. Jeżeli tego nie zrobi, to nastąpi samoczynne hamowanie pojazdu.

System SHP został wdrożony na całej sieci kolei polskich. Początkowo SHP miało być systemem przejściowym, do czasu zastąpienia przez system trzyczęstotliwościowy, wzorujący się nieco na systemie Indusi, stosowanym w kilku zarządach kolejowych (np. DB, ÖBB). System trzyczęstotliwościowy przekazywał maszyniście informację o stopniu ograniczenia prędkości wskazywanym na semaforze. Jednakże prace prowadzone w IK wykazały, że na kolejach polskich nie można zastosować systemu czujników uzależnionych od wskazań semaforów, przede wszystkim z powodu kradzieży przewodów uzależniających. System został opisany przez B. Świdzkiego w książce pt. „Urządzenia SHP typu punktowego” [30] zarówno pod względem zasady działania, jak i wymagań eksploatacyjno-utrzymawczych.

Kolejnym systemem, opracowanym w Zakładzie Zabezpieczenia Ruchu Kolejowego IK w latach 60. XX wieku, był system samoczynnej blokady kodowej z przekazywaniem informacji do pojazdu. Pomysł powstał na bazie używanego na kolejach rosyjskich systemu AŁS (*awtomatycznej lokomotywnej sygnalizacji*). System pobierał informacje ze wskazań



semaforów i przetwarzał je na kodowany sygnał elektryczny wysyłany do toru. Kodowanie sygnału odbywało się za pomocą mechanicznego kodera. Sygnał z toru był odbierany przez antenę pojazdową i dekodowany dla maszynisty na wyświetlane na pulpicie wskazania semaforów. Dekoder na pojeździe był elektroniczny – zbudowany na lampach elektronowych. Jeżeli nie było reakcji maszynisty na ograniczenie prędkości, szczególnie na sygnał stój, to następowało automatyczne hamowanie pojazdu trakcyjnego. Wdrażanie systemu do eksploatacji napotkało na wiele problemów, a najpoważniejszym był dekodery na pojeździe, ponieważ drgania na pojazdach, powodowały niestabilne styki w podstawkach lamp elektronowych, co powodowało ich uszkodzenie w wyniku tych drgań. Również mechaniczny koder przytorowy powodował niestabilną pracę, a tym samym określone niespójności kodu. Kolejnym problemem okazała się zaniżona impedancja podtorza, szczególnie w czasie deszczu. Powodowało to brak pokrycia pełnej długości toru dla kodowanego sygnału, ponieważ w owym czasie nie były dostępne tranzystory oraz metody stabilizowania impedancji podtorza. Gdyby wymienione technologie były dostępne, to koleje polskie miałyby jak na owe czasy, bardzo nowoczesny system bezpieczeństwa.

Jednym z podstawowych elementów systemów srk są urządzenia stwierdzania niezajętości torów i rozjazdów. Stwierdzanie może odbywać się w różny sposób: z wykorzystaniem obwodów torowych i liczników osi lub obwodów pętlowych. W Zakładzie Sterowania prowadzono wiele prac nad tymi systemami, które sfinalizowano w postaci nowych urządzeń wprowadzonych do eksploatacji. Opracowano wiele typów obwodów torowych zasilanych prądem przemiennym o częstotliwości 50 Hz. Cechowały się one przede wszystkim dużą odpornością na zmiany oporności podtorza w zależności od warunków atmosferycznych. Zastosowano w nich nowe typy dławików torowych, które stabilizowały oporność podtorza i które były odporne na duże trakcyjne prądy powrotne. Działania te poparto analizą teoretyczną oraz doświadczeniami praktycznymi, co F. Puderecki opisał w książce pt. „Obwody torowe stosowane na PKP” [26]. Jednocześnie do kontroli niezajętości odcinków blokad samoczynnych o długościach powyżej 1200 m opracowano, przebadano i wdrożono do eksploatacji obwody torowe z zasilaniem pośrodku. Umożliwiły one wydłużenie obwodów torowych do 2400 m, co było wystarczające dla każdej, stosowanej na kolejach polskich, długości odstępu blokowego. Nowe typy obwodów torowych zostały wdrożone do eksploatacji na sieci kolei polskich. Na potrzeby eksploatacji sporządzono również dokument autorstwa A. Białoń, pt. „Karty instrukcji obwodów torowych stosowanych na PKP” [11]. Dokument stał się dokumentacją

techniczno-ruchową obwodów torowych stosowanych na kolejach polskich i do tej pory jest wykorzystywany w eksploatacji na sieci kolejowej w Polsce.

W latach 70. XX wieku rozpoczęto prace nad bezzłączowymi obwodami torowymi. Powodem rozpoczęcia tych prac było częste uszkodzanie się złączy izolowanych oraz ich duże koszty instalacji, jak i utrzymania. Opracowano, przebadano i wdrożono do eksploatacji bezzłączowe obwody torowe pracujące w dwóch pasmach częstotliwości: 1,5 kHz do 3 kHz oraz 7 kHz do 15 kHz. Obwody torowe bezzłączowe pracują bez złączy izolowanych (stosowanych w klasycznych obwodach torowych o częstotliwości sygnału 50 Hz). Krańce obwodów wyznaczone są przez złącza elektryczne. Pracujące w niższym zakresie częstotliwości bezzłączowe obwody torowe, wykorzystują sygnał modulowany częstotliwością 50 Hz natomiast obwody w wyższym paśmie z sygnałem ciągłym (niemodulowanym). Dużym osiągnięciem było opracowanie bezzłączowego obwodu torowego dla rozjazdu kolejowego – jest to jedyne rozwiązanie w skali wszystkich zarządów kolejowych na świecie. Bezzłączowe obwody torowe są stosowane na sieci kolei polskich do tej pory.

Na potrzeby kontroli przejazdu pojazdu trakcyjnego przez określony punkt na sieci (np. włączanie przejazdu kolejowego), wspólnie z firmą ZWUS opracowano bezzłączowe obwody torowe pracujące z sygnałem ciągłym o częstotliwościach z zakresu 19 kHz do 50 kHz. Obwody te charakteryzują się niewielką długością (do kilku metrów) i wykrywaniem kierunku jazdy. Są do tej pory stosowane na sieci kolei polskich.

W latach 90. ubiegłego wieku została opracowana wersja bezzłączowych obwodów torowych dla metra warszawskiego. Jedną z różnic między tymi obwodami jest większa odporność na powrotne prądy trakcyjne, które w metrze są co najmniej pięciokrotnie większe niż na kolejach naziemnych. Opracowane, przebadane i ocenione bezzłączowe obwody torowe, a także specjalne klasyczne obwody, są do tej pory eksploatowane w metrze zarówno na I, jak i na II linii.

W latach 70. opracowano również specjalny czujnik torowy do stwierdzania przejazdu taboru przez dany punkt sieci kolejowej. Miał on zastąpić stosowany do tej pory mechaniczny czujnik typu Neptun. Realizacja polegała na zastosowaniu przekaźnika kontaktowego (herkonu) w specjalnym układzie magnetycznym mocowanym do szyny kolejowej. Czujnik został przebadany w warunkach laboratoryjnych i terenowych. Po pozytywnej ocenie został wdrożony do eksploatacji jako czujnik kontrolujący przejazd przez określony punkt, a także jako czujnik włączający samoczynną sygnalizację przejazdową.

Interesującym zagadnieniem, nad którym pracowano w Zakładzie Sterowania IK, było wykorzystanie pętlowych obwodów torowych do kontroli

niezajętości. Przyjęto zasadę, że pojazd wjeżdżający na kontrolowany odcinek toru zmienia częstotliwość pracy obwodu pętlowego wykonanego jako pętla kablowa ułożona na stopce szyn. Rozwiązanie to, nie stosowane nigdzie na świecie, zakończyło się połowicznym sukcesem. Obwód pętlowy dla odcinka prostego toru pracował prawidłowo, natomiast podczas kontroli rozjazdu kolejowego rozwiązanie to nie zawsze pracowało stabilnie – nie było skutecznej kontroli niezbędnych połączeń w rejonie rozjazdu. W związku z tymi niedogodnościami utrzymaniowcami, nie wdrożono rozwiązania do eksploatacji.

W latach 70. rozpoczęto w Zakładzie Sterowania Ruchem IK prace nad zastosowaniem elementów elektronicznych (półprzewodników, układów cyfrowych, układów scalonych) w systemach srk. Był to jak najbardziej współczesny i pożądany na owe czasy trend działań. Elektronikę wykorzystywano np. we wcześniej opisanych konstrukcjach bezzłączowych obwodów torowych, jak i w systemie SHP.

Jednym z przykładów zastosowania elektronicznych układów cyfrowych w systemach srk jest opracowana w ZS międzystacyjny blokady typu MS. Blokady, wykonana na prototypowych na rynku polskim układach cyfrowych, miała zastąpić dotychczas stosowane międzystacyjne blokady przekątnikowe. Przebadanej eksploatacyjnie blokady MS nie zastosowano jednak do powszechnej eksploatacji, mimo większej liczby realizowanych funkcji, jak prostej oraz intuicyjnej obsługi. Jednym z powodów była niedostępność elektronicznych układów cyfrowych, jak i obawa eksploatatorów dotycząca stosowania takich układów.

W latach 80. opracowano także system KHP (Kontrola Hamowania Pociągów). System był kontynuacją wcześniej opracowywanych systemów SHP oraz prowadzonych prac nad wykorzystaniem systemu trzyczęstościowego Indusi do cyfrowej kontroli prędkości pojazdów z wykorzystaniem specjalnych układów półprzewodnikowych i blokady kodowej z przekazywaniem informacji do pojazdu. System KHP umożliwiał przekazanie do kabiny maszynisty 9 wskazań semaforów i na tej podstawie kontrolę prędkości dopuszczalnej wynikającej z tych wskazań semaforów. Przekazywanie odbywało się przez odbiór kodowanego sygnału elektrycznego z toru oraz przetwarzaniu go na wskazania w kabinie maszynisty i kontrolę dopuszczalnej prędkości. Przekazywanie informacji następowało na całej długości linii, ale wymagało odpowiedniego ukształtowania infrastruktury torowej (wykonanie odpowiednich izolacji i zwarć w infrastrukturze szynowej). System był eksploatowany ponad rok na „magistrali węglowej” na odcinku długości około 100 km. Systemu nie wdrożono do powszechnego stosowania na kolejach polskich. Można przyjąć, że był to prekursor takich systemów jak EBICAB czy ETCS.

W latach 80. rozpoczęto pracę nad skonstruowaniem systemu cyfrowego przekazywania informacji z warstwy przytorowej do pojazdu trakcyjnego tak zwanego CPI (cyfrowe przekazywanie informacji). Opracowano koncepcję systemu i rozpoczęto tworzenie systemu. System miał być w pełni elektroniczny. Jednym z ciekawszych zaproponowanych rozwiązań było przekazywanie informacji z wykorzystaniem tak zwanego kabla promieniującego. Badania były prowadzone z wynikiem pozytywnym na sieci PKP ze współudziałem Instytutu kolejowego w Darby (Wielka Brytania).

W latach 80. dwudziestego wieku rozpoczęto pracę nad konstrukcją samoczynnych blokad liniowych (sbl). Wynikało to przede wszystkim z konieczności zwiększenia przepustowości linii na głównych ciągach komunikacyjnych. Pracę rozpoczęto od konstrukcji sbl trzystawnej (Eac), wykorzystującej systemy kontroli niezajętości torów. Początkowo były to obwody torowe klasyczne, w tym obwody torowe z zasilaniem pośrodku, a później bezzłączowe obwody torowe. Transmisja sygnałów między semaforami odbywała się po kablach z zastosowaniem odpowiednich poziomów napięciowych. Po badaniach laboratoryjnych, terenowych i eksploatacyjnych, samoczynna blokada liniowa (sbl) typu Eac została dopuszczona do powszechnego stosowania na kolejach polskich. Pierwsza większa instalacja sbl miała miejsce na linii CMK (ponad 200 km linii dwutorowej). Po pewnym okresie eksploatacji okazało się, że do zwiększenia przepustowości potrzebna jest blokada sbl czterostawna. Opracowanie takiej blokady wymagało opracowania zespołu wywołującego miganie świateł na semaforze. Miał on zastąpić niestabilnie pracujący migacz przekątnikowy wykorzystujący rtęć do zwierania zestyków. Taki zespół elektroniczny opracowano, przebadano i zastosowano w eksploatacji. Wyzwaniem przy konstrukcji zespołu migacza było takie jego zaprojektowanie, aby spełniał wymogi bezpieczeństwa (*fail-safe*) i aby było możliwe sporządzenie dla niego dowodu bezpieczeństwa. Były to w owym czasie prace pionierskie w skali kolei polskich. Udało się opracować i zastosować w eksploatacji taki migacz, dla którego opracowano dowód bezpieczeństwa. Czterostawna sbl jest do tej pory stosowana na kolejach polskich. Jako kontrolę niezajętości odcinków blokowych wykorzystuje się także liczniki osi.

W latach 80. przebadano w Polsce samoczynną blokadę liniową typu FELB produkcji firmy duńskiej. Była to blokada elektroniczna z cyfrową transmisją sygnałów między semaforami. Jak wszystkie urządzenia srk, także sbl typu FELB musiała spełniać wymagania *fail-safe* łącznie z opracowaniem dowodu bezpieczeństwa. Ciekawostką jest to, że dowód ten był opracowany przez prawie trzydziestoosobowy zespół pracowników duńskiej firmy przez prawie 5 lat. Był to jeden z pierwszych dowodów bezpieczeństwa

opracowanych dla elektronicznych systemów srk. Wyniki badań eksploatacyjnych sbl typu FELB potwierdziły przydatność tego typu sbl w warunkach kolei polskich, ale na szerszą skalę nie została przekazana do eksploatacji. Po kilkuletnim okresie eksploatacji na poligonie w rejonie stacji Tczew została ona zdemontowana. Praca nad tą blokadą umożliwiła bliższe zapoznanie się specjalistów kolejowych z zastosowaniem elektroniki w urządzeniach srk, co w późniejszym okresie skutkowało łatwiejszym wdrażaniem systemów elektronicznych do eksploatacji.

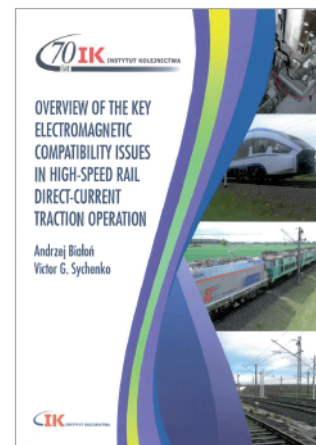
Obecnie Zakład Sterowania od kilku lat prowadzi badania systemów blokad elektronicznych samoczynnych, a także niezależną ocenę bezpieczeństwa tych systemów. Badania i oceny są prowadzone zarówno dla producentów krajowych, jak i zagranicznych. Przeprowadzono wiele badań i ocen systemów, które po pozytywnej ocenie zostały zainstalowane na kolejach innych państw (Litwa, Turcja, Bośnia i Hercegowina, Słowacja, Czechy, Serbia) spełniając również wymagania charakterystyczne dla zarządów kolejowych tych państw.

Kolejnym wyzwaniem dla rozwoju systemów srk były urządzenia stacyjne. W związku ze wzrostem zastosowań elektroniki w urządzeniach srk rozpoczęto również modernizację urządzeń stacyjnych na kolejach polskich. Prace rozpoczęły się od modernizacji istniejących urządzeń przekąźnikowych przez dostosowanie interfejsu dyżurnego ruchu do elementów elektronicznych. Warstwę zależnościową w dalszym ciągu realizowano przez przekąźniki. Powstały stacyjne urządzenia „hybrydowe”, które po przebadaniu w warunkach laboratoryjnych i terenowych oraz opracowaniu dowodów bezpieczeństwa zostały wdrożone do eksploatacji. Przykładem takich urządzeń jest system typu OSA-H. Prace te były później kontynuowane w kierunku zastąpienia warstwy zależnościowej urządzeń stacyjnych elementami elektronicznymi i były prowadzone przede wszystkim przez przemysł produkujący urządzenia srk we współpracy z ZS. Wyzwaniem było opracowywanie dowodów bezpieczeństwa, a także walidacja tych rozwiązań. Walidacja była realizowana między innymi przez ZS. Obecnie Zakład Sterowania prowadzi badania na potrzeby certyfikacji oraz niezależną ocenę bezpieczeństwa dla elektronicznych systemów stacyjnych różnych producentów. Po pozytywnej ocenie systemów są one dopuszczane do eksploatacji na kolejach polskich i w innych zarządach kolejowych. W ZS przebadano i oceniono systemy stacyjne srk, które miały spełniać wszystkie wymagania zarówno ogólnoeuropejskie, jak i wymagania poszczególnych zarządów kolejowych. Po takich badaniach i ocenach systemy mogły być instalowane na kolejach polskich, a także na Białorusi i na Litwie oraz w Turcji, Słowacji, Bośni i Hercegowinie i Serbii.

W latach 60. XX wieku w Zakładzie Sterowania skonstruowano samoczynną sygnalizację przejazdową (SSP). Opracowano przy tej okazji metody badań SSP, w tym badań bezpieczeństwa. Konstrukcja wykorzystywała przekąźniki i pozwalała na zastosowanie jej na liniach dwu- i jednotorowych. Była to na owe czasy bardzo nowoczesna w skali innych zarządów kolejowych, uniwersalna sygnalizacja przejazdowa. Sygnalizację SSP pod nazwą COB 58 i COB 63 stosowano powszechnie przez kilkadziesiąt lat na liniach kolejowych w Polsce. Do tej pory można spotkać pojedyncze egzemplarze eksploatowane na polskiej sieci kolejowej.

W latach późniejszych XX wieku pracownicy ZS uczestniczyli w konstrukcji, przekąźnikowo-elektronicznych i elektronicznych SSP, opracowywanych przez polski przemysł. Doświadczenia zdobyte przy opracowywaniu SSP typu COB pozwoliły na wykorzystanie zasady działania tego przejazdu w nowych rozwiązaniach SSP. ZS do tej pory ocenia różne nowe konstrukcje SSP różnych producentów. Niektóre z tych rozwiązań, poza wymaganiami bezpieczeństwa muszą spełniać specyficzne wymagania konkretnego zarządu kolejowego. Ocenę SSP przeprowadzono między innymi na potrzeby kolei litewskich, tureckich, słowackich, serbskich i białoruskich.

Od lat 70. w Zakładzie Sterowania prowadzono prace nad kompatybilnością taboru kolejowego z urządzeniami sterowania ruchem kolejowym. Chodziło przede wszystkim o wpływ zakłóceń elektrycznych i elektromagnetycznych generowanych przez tabor kolejowy na urządzenia srk. Okazało się, że najbardziej czułe na zakłócenia są urządzenia do stwierdzania niezajętości torów (obwody torowe, liczniki osi) oraz obwody transmisji informacji wykorzystujące kable. Opracowano metodę badań i określania wartości dopuszczalnych parametrów zakłóceń. Metody te zostały przyjęte do stosowania w ramach UIC (komitet A 122 ORE), jak również w ramach OSŻD. W roku 1982 opracowano zestaw wartości dopuszczalnych parametrów zakłóceń, które zastosowano na kolejach polskich [12]. W 1999 r. [10] i 2011 r. [3] roku wartości te uaktualniono i wprowadzono do Listy Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego (UTK) jako obowiązkowe wymagania kolei polskich. Doświadczenia z tych prac zostały opisane w książce autorstwa A. Białoń i V.G. Sychenko pt. „Electromagnetic compatibility of direct-current traction energy at the high-speed operation” [8].



W latach 90. w Europie rozpoczęło się opracowywanie interoperacyjnego systemu zarządzania ruchem kolejowym (Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym – ERTMS), a także jego podsystemu ETCS (Europejski System Sterowania Pociągami). W pracach prowadzonych na poziomie UIC i Unii Europejskiej od samego początku brali udział przedstawiciele Zakładu Sterowania. Wynikiem tych prac było opracowanie wymagań funkcjonalnych i systemowych dla ERTMS i ETCS. Wymagania te stały się obowiązujące w Unii Europejskiej. Ich kolejne iteracje były publikowane w Technicznych Specyfikacjach Interoperacyjności, jako dokumenty obowiązujące na kolejach wspólnoty. ZS prowadził również prace nad wdrażaniem systemu ERTMS w Polsce. Jako jedno z pierwszych opracowań dotyczących ERTMS było opracowanie firmy Italferr pt. „Pilotowa instalacja ERTMS na linii E-20 Kunowice–Warszawa” [25], w którego tworzeniu znaczący udział mieli również pracownicy ZS. W 2007 roku zakończono prace nad koncepcją wdrożenia ERTMS w Polsce. Opracowany przez ZS, we współpracy z przedstawicielami wszystkich „służb” kolejowych, Narodowy Plan Wdrożenia ERTMS (NPW) w marcu 2007 roku został zatwierdzony przez rząd RP jako obowiązujący. Plan ten z drobnymi korektami był wykorzystywany przy tworzeniu kolejnych wersji Krajowego Planu Wdrażania Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności „Sterowanie”.

ZS rozpoczął badania i ocenę wdrażania systemu ERTMS na sieci kolei polskich. Opracowano metody i programy badań systemu ERTMS na potrzeby dopuszczania i certyfikacji systemu i jego elementów. Dotyczyło to zarówno systemu ETCS, jak i GSM-R. Programy badań opracowane w ZS zostały przyjęte do stosowania przez Urząd Transportu Kolejowego. Jednym z istotniejszych zagadnień było opracowanie zmiennych narodowych [6], które zostały przyjęte do stosowania na sieci kolei polskich. W 2020 roku opracowano również testy kompatybilności urządzeń pokładowych i przytorowych systemu ETCS (ESC), które z drobnymi korektami obowiązują do tej pory. Rozpoczęto również prace nad praktycznym wdrożeniem testów ESC. Wypracowano odpowiednie porozumienia i umowy dotyczące badań ESC na poligonach zgodnych ze specyfikacjami testów. Działania te stały się wzorcem do prowadzenia badań ESC przez inne jednostki. Ponad połowa testów ESC przeprowadzonych w Polsce została zrealizowana przez ZS.

Jednym z zagadnień rozwijanych w ZS była problematyka stacji rozrządowych. Prowadzono wiele prac dotyczących modernizacji i automatyzacji prac na stacjach rozrządowych. Prowadzono prace związane z zastosowaniem hamulców torowych, automatyką nastawiania zwrotnic, a także kontrolą zapelnienia torów kierunkowych. Pierwszym znaczącym efektem tych prac było opracowanie, przebadanie i wdrożenie komputerowego

systemu automatyzacji na stacji Lublin Tatary, jednej z ponad 100 stacji rozrządowych. Stacja została oddana do eksploatacji w połowie lat 70. XX wieku i z komputerami Odra 1305 pracowała do 2010 roku.

Wyzwaniem dla ZS było Metro Warszawskie (MW). Na potrzeby MW opracowano i wdrożono do eksploatacji, jak wcześniej wspomniano, różne nowe typy obwodów torowych (bezzłączowe, klasyczne i wykorzystujące liczniki osi, a także opracowano dla nich dopuszczalne parametry zakłóceń. Interesującym rozwiązaniem był jedyny znany na świecie bezzłączowy obwód torowy dla skrzyżowania torów. Prace nad obwodami torowymi były prowadzone w latach 80. i 90. XX wieku. Dla MW wykonano także badania na potrzeby dopuszczenia do eksploatacji systemu automatycznego ograniczania prędkości (aop) typu SOP. Badania te były prowadzone na I i II linii MW. Wyniki badań pozwoliły na wprowadzanie drobnych korekt w systemie SOP, a także posłużyły do wydania przez ZS ostatecznej pozytywnej opinii o systemie. Dla MW przeprowadzono również wiele badań zakłóceń spowodowanych przez pociągi metra i ich wpływu na urządzenia przytorowe, w tym na urządzenia stwierdzania niezajętości torów.

Jednym z zagadnień w ramach prac prowadzonych w ZS były również prace dotyczące znaczących elementów urządzeń srk, takich jak napędy zwrotnicowe i sygnalizatory. Opracowano metody badań i oceny napędów zwrotnicowych, a także metody sterowania tymi napędami. Przeprowadzono badania napędów od różnych producentów, na podstawie których wydano opinie o ich bezpiecznej pracy, możliwości dopuszczenia ich do eksploatacji, a także sugestie dotyczące utrzymania. Prace nad sygnalizacją dotyczyły zarówno rozwiązań technicznych sygnalizatorów, w tym sposobów sterowania nimi, jak również proponowanego nowego systemu sygnalizacji do stosowania na kolejach polskich. Opracowano, przebadano i wdrożono do eksploatacji kilka nowych rozwiązań sterowania wyświetlaniem świateł na semaforach.

Kolejnym wyzwaniem okazało się stosowanie w semaforach niezarowych źródeł światła (np. diod luminescencyjnych). Konieczne okazało się opracowanie nowych metod oceny tych rozwiązań, w tym oceny bezpieczeństwa systemów. Prace nad stosowaniem niezarowych źródeł światła trwają od początku XXI wieku. Stosowane już są w eksploatacji niektóre rozwiązania, ale do ich powszechnego zastosowania na sieci kolejowej w Polsce jeszcze trzeba będzie trochę poczekać.

Prace rozwojowe i standardy

Od początku istnienia Zakładu Sterowania prowadzono prace mające na celu rozpoznanie niektórych zjawisk fizycznych istotnych ze względu na warunki

i możliwość stosowania urządzeń srk. Przykładem tego jest zasięg transmisji sygnałów elektrycznych w torze kolejowym. W latach 70. XX w. dokonano badań tłumienia przez tor sygnałów elektrycznych w zależności od częstotliwości. Badania były wykorzystane przy opracowywaniu obwodów torowych, w tym bezzłączowych. Kolejnym przykładem są badania rezonansów elektrycznych w sieci trakcyjnej. W latach 90. XX wieku przeprowadzono takie badania zarówno na sieci kolejowej PLK, jak i na okręgu doświadczalnym Instytutu Kolejnictwa w Bychowie koło Żmigrodu. Umożliwiło to wykorzystanie wyników tych badań przy określaniu dopuszczalnych parametrów zakłóceń od urządzeń trakcji elektrycznej i ich wpływu na urządzenia srk, a także przy określaniu dopuszczalnych parametrów przepięć oddziałujących na urządzenia srk i człowieka.

W latach 10. XXI wieku przeprowadzono badania rozprzestrzeniania się impulsów piorunowych w sieci trakcyjnej i torze kolejowym. Badania te pozwoliły na ilościowe i jakościowe określenie tłumienności sieci trakcyjnej i toru kolejowego przy propagacji impulsów piorunowych. Po części zbadano też zjawisko odbić sygnałów od końca sieci trakcyjnej i superpozycji tych sygnałów. Badania te wykorzystano przy opracowywaniu i ocenie systemu uszynień grupowych dla sieci trakcyjnej zasilanej prądem stałym. Były to „pionierskie” badania w skali europejskiej.

Kolejnymi pracami prowadzonymi przez ZS były zagadnienia dotyczące określenia parametrów RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability, Safety* – niezawodność, dostępność, obsługiwalność i bezpieczeństwo) dla urządzeń srk. Opracowane w latach 90. XX wieku metody oceny i parametry RAMS były stosowane na sieci PKP PLK S.A. Doświadczenie zdobyte przy pracach związanych z RAMS (dotyczących bezpieczeństwa), pozwoliły na łatwiejsze wejście do niezależnej oceny bezpieczeństwa systemów srk (ISA). zgodnie z aktualnie obowiązującymi standardami.

W latach 80. i 90. XX wieku prowadzono w ZS prace związane z określeniem zasad działania po wypadkach kolejowych. Zaproponowano również zakres niezbędnych badań, na podstawie których można określić przyczyny zdarzenia kolejowego (wypadku) z udziałem urządzeń srk.

W 2010 roku wdrożono do stosowania na sieci kolejowej PKP PLK S.A. „Standardy techniczne. Szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{\max} \leq 250$ km/h” [7]. Standardy opracowano w Instytucie Kolejnictwa. Dotyczyły wszystkich branż kolejowych, w tym urządzeń sterowania ruchem kolejowym: określały wymagania oraz wskazywały szczegółowe parametry techniczne jakim te urządzenia powinny odpowiadać. Standardy te były kilkakrotnie aktualizowane i uzupełniane (ostatni raz w 2022 roku).

W 2021 roku w Instytucie Kolejnictwa opracowano standardy kolejowe na potrzeby Centralnego Portu Komunikacyjnego – CPK [28]. W Zakładzie Sterowania opracowano:

- Tom VI.1: Sterowanie ruchem kolejowym – wyposażenie podstawowe,
- Tom VI.2: Sterowanie ruchem kolejowym – Europejski System Sterowania Pociągiem ETCS,
- Tom VII.3: Detekcja stanów awaryjnych taboru (DSAT),
- Tom XI: Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC).

Opracowane standardy określały wymagania dla urządzeń i systemów srk oraz pokazywały szczegółowe parametry techniczne, jakie te urządzenia powinny spełniać.

W Zakładzie Sterowania, w 2021 roku opracowano standardy dotyczące zakupów taboru w części dotyczącej urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Standardy opracowano na zlecenie Ministerstwa Infrastruktury i są obecnie wykorzystywane.

Kolejnym wyzwaniem dla ZS były standardy dla interfejsów między urządzeniami srk. Praca, prowadzona w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. BRIK – Badania i Rozwój w Infrastrukturze Kolejowej, została zakończona w 2022 roku opracowaniem określającym wymagania dla interfejsów między podsystemami urządzeń srk oraz wytycznych ich projektowania [29]. Opracowano również i przebadano laboratoryjnie i eksploatacyjnie modele interfejsów oraz ich symulatory. Wymagania, symulatory interfejsów oraz wytyczne projektowania powinny doprowadzić do ujednoczenia interfejsów między systemami, podsystemami i urządzeniami srk niezależnie od producenta. Do opracowania wymagań wykorzystano analizy dokumentacji interfejsów urządzeń srk stosowanych przez różnych producentów. Standardy te zostały przyjęte przez PKP PLK S.A. do stosowania.

Metody badań urządzeń sterowania ruchem były również opracowane w ZS i były korygowane oraz uzupełniane w związku ze zmianami technicznymi, technologicznymi, ich cyfryzacją i problemami z urządzeniami srk.

W latach 20. XXI wieku rozpoczęto w ZS prace nad cyberochroną urządzeń srk eksploatowanych na sieci kolejowej w Polsce. Opracowano zarówno zasady cyberodporności urządzeń srk, jak i metody jej sprawdzania. Zasady związane z cyberochroną zostały szczegółowo opisane w publikacjach: Pawlik M. „Referencyjny model funkcjonalny wspierania bezpieczeństwa i ochrony transportu kolejowego przez systemy z transmisją danych” [24] oraz Pawlik M. „Railway Safety, Security and Cybersecurity.

Comprehensive Approach to Safety of the Guided Transport Systems” [23].

Certyfikacja urządzeń srk

Problematyka związana z dopuszczaniem urządzeń do eksploatacji zawsze była obecna w pracach prowadzonych przez ZS. Początkowo (lata 50. i 60. XX wieku) były to opinie dotyczące konkretnych urządzeń i systemów. W latach 60. do 80. elementem wymaganym do dopuszczenia urządzenia do eksploatacji była opinia Komisji Oceny Wyrobów (KOW) usytuowanej w Zakładzie Sterowania Instytutu Kolejnictwa.

Od lat 90. rozpoczęły się, sformalizowane w wymaganiach krajowych i międzynarodowych, prace dotyczące tworzenia dowodów bezpieczeństwa. Dowody bezpieczeństwa były opracowywane dla elementów, podsystemów i systemów srk. Opracowane dowody bezpieczeństwa wymagały walidacji. Taka ocena dowodów bezpieczeństwa była prowadzona w ZS zarówno dla opracowań własnych, jak i dowodów bezpieczeństwa opracowanych przez inne jednostki np. producentów. Obecnie wymagana jest zarówno przepisami krajowymi, jak i międzynarodowymi niezależna ocena bezpieczeństwa (ISA²). Dowód bezpieczeństwa oraz ISA są wykorzystywane przy ocenie bezpieczeństwa elementów i systemów srk, a także ich bezpiecznej integracji.

W latach 90. XX wieku rozpoczęła się konieczność stosowania certyfikatów, które są jednym z warunków dopuszczenia do eksploatacji urządzeń i systemów sterowania ruchem. ZS czynnie uczestniczy w opracowywaniu certyfikatów, a także wykonuje niezbędne w tym zakresie badania. Prace te wymagają od osób opracowujących certyfikaty bardzo dobrej znajomości zasad konstrukcji urządzeń srk, jak również wiedzy z zakresu bezpieczeństwa.

Współpraca z innymi jednostkami i międzynarodowa

ZS prowadzi współpracę z wieloma organizacjami i ośrodkami naukowymi zajmującymi się problematyką kolejnictwa zarówno w kraju, jak i za granicą. Jedną z podstawowych organizacji jest Światowa

Organizacja Kolejowa (UIC – powstała w 1922 roku), zrzeszająca zarządy kolejowe większości państw świata. Pracownicy ZS uczestniczyli w pracach UIC, jak również przy tworzeniu wymagań UIC (tzw. fiszek, fr. – *fische*). Fiszki są zalecane przy konstrukcji wszystkich urządzeń stosowanych na kolei, w tym srk. Jednym z organów UIC było powołane w 1950 roku Biuro Badań i Eksperymentów (ORE), przekształcone w 1992 roku w ERRI – Europejski Instytut Badawczy Kolejnictwa (ang. *European Regions Research and Innovation Network*). Celem działalności tych instytutów międzynarodowych jest prowadzenie badań na potrzeby normalizacji i projektów koordynowanych przez UIC. Pracownicy ZS uczestniczyli między innymi w pracach dotyczących: ostrzegania pracowników na torach, stwierdzania całości pociągu, zastosowania techniki tyrystorowej w taborze kolejowym, zakłóceń generowanych przez tabor i podstacje trakcyjne oraz ich wpływu na urządzenia srk i łączności, a także w pracach związanych z zastosowaniem systemu ERTMS. Prowadzono wiele badań wykorzystywanych później przez ORE i ERRI do tworzenia zaleceń i fiszek przez UIC.

Inną organizacją, z którą Instytut Kolejnictwa (w tym ZS) współpracuje jest OSŻD (Organizacja Współpracy Kolei), zrzeszająca kraje działające wcześniej w RWPG. Początkowo, Instytut Kolejnictwa reprezentował PKP (Polskie Koleje Państwowe), natomiast obecnie, po wydzieleniu IK ze struktur PKP, jest członkiem afiliowanym. W XX wieku OSŻD prowadziło wiele badań, których wyniki były wykorzystywane przy tworzeniu rekomendacji do stosowania w krajach stowarzyszonych. Pracownicy ZS brali udział w tworzeniu systemu sygnalizacji kolejowej, który miał być wdrożony na sieciach kolejowych krajów członkowskich. System ten nie został wdrożony w pełni w żadnym z zarządów kolejowych. Zagadnienie, którym OSŻD zajmowało się od lat 70. do lat 90. XX w. dotyczyło zastosowania tyrystorów w kolejnictwie. Pracownicy ZS koordynowali badania prowadzone przez różne zarządy kolejowe i określali ich zakres. Ponadto uczestniczono w pracach związanych z urządzeniami srk (badania, wymagania, utrzymanie), a także wspomagano kolegów zajmujących się taborami i zasilaniem trakcyjnym przy określaniu wpływu nowych rozwiązań w tych dziedzinach na urządzenia srk.

ZS współpracował także z ośrodkami kolejowymi różnych zarządów kolejowych. Przykładem jest współpraca z Instytutem VUŽ kolei czeskich, a także

² Ocena ISA (*Independent Safety Assessment*) jest przeznaczona dla systemów kolejowych i jest procesem przeprowadzanym przez niezależnych oceniających, którzy weryfikują, czy architektura kolejowa spełnia wymagania norm bezpieczeństwa i czy działa w sposób, który minimalizuje ryzyko wypadków lub incydentów.

z Incertrans kolei rumuńskich w dziedzinie zakłóceń. Zakres tej współpracy obejmował wspólne badania zakłóceń generowanych przez tabor kolejowy i ich wpływ na urządzenia srk. W zakresie zastosowań urządzeń srk współpracowano z instytucjami: Incertrans, VUŽ, WNIIZT i WNIAS (Rosja) oraz z Instytutem Kolei Jugosłowiańskich.

W ramach współpracy z ośrodkami zagranicznymi istotna jest współpraca z uczelniami kolejowymi. Typowym przykładem jest współpraca z DIIT (Dniepropietrowski Instytut Inżynierów Transportu, Dnipro (Ukraina)). Z tym instytucją współpracowano w dziedzinie badań zakłóceń generowanych przez trakcję prądu stałego i przemiennego, generowanych przepięć przez tabor kolejowy, jak również w dziedzinie srk (obwody torowe).

Przeprowadzono wspólne badania zakłóceń, zorganizowano kilka konferencji naukowych o tematyce kompatybilności elektromagnetycznej oraz konferencje z zakresu optymalizacji energii, bezpieczeństwa i logistyki (*Energy – optimal technologies, logistics and safety on transport*).

Przeprowadzono również szkolenia z zakresu certyfikacji dla pracowników DIIT. Efektem tej współpracy była wspólnie napisana monografia autorstwa A. Białonia i V.G. Sychenki pt. „Электromagnитная совместимость тягового электрооборудования постоянного тока при скоростном движении” [5]. Jednocześnie uhonorowano dyrektora IK i pracownika ZS tytułem profesora honorowego DIIT. Współpracowano również z Uniwersytetem w Żylinie (dawniej Wysoka škola dopravy a spojov) w zakresie dowodzenia bezpieczeństwa



urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Przez prawie dwadzieścia lat pracownik ZS był członkiem państwowej słowackiej komisji egzaminów dyplomowych na tej uczelni. Jednym z efektów tej współpracy była wspólna publikacja – Białoń A., Rástočný K., Nagy P., Mikulski J., Młynczak J. pt. „Prvky zabezpečovacích systémov” [4].

Współpraca ZS z krajowymi ośrodkami zajmującymi się problematyką kolejową trwa cały czas od powstania Zakładu. Współpracujemy z Politechnikami: Warszawską, Śląską, Gdańską, Krakowską, a także z Uniwersytetem Radomskim.

Popularyzacja wiedzy

Prace prowadzone w ZS były publikowane w różnych czasopiśmiech technicznych, a także wygłaszane na konferencjach związanych z transportem kolejowym. Na konferencjach wygłoszono ponad 500 referatów dotyczących sterowania ruchem kolejowym. Przykładem takiego czasopisma był wydawany przez PKP w okresie powojennym (do 1990 r.) miesięcznik „Automatyka Kolejowa, sterowanie ruchem, łączność, informatyka”, w którym były publikowane wyniki prac ZS dotyczące nowych rozwiązań w dziedzinie srk. Kolejnym przykładem tego rodzaju czasopisma jest dodatek, wydawany przez miesięcznik TTS Technika Transportu Szynowego, dotyczący sterowania ruchem kolejowym TSR (Telekomunikacja i Sterowanie Ruchem), w których publikowano także wyniki prac prowadzonych w ZS.

Wyniki badań z prac prowadzonych w ZS opublikowano w „Problemach Kolejnictwa” oraz w „Pracach Instytutu Kolejnictwa” wydawanych przez Instytut Kolejnictwa. Inną formą publikacji prac prowadzonych w ZS oraz wiedzy z dziedziny sterowania ruchem kolejowym są publikacje książkowe i monografie. Przykładem tego są publikacje dotyczące systemów interoperacyjnych srk, [13, 14, 16, 21, 22] systemów cyberochrony [23, 24] czy pozycjonowania pojazdów [32]. Ważnym elementem rozpowszechniania wiedzy kolejowej był wydany w 2011 roku „Leksykon terminów kolejowych” [2], w którym wiele terminów redagowali pracownicy Zakładu Sterowania.



Wiele publikacji pracowników ZS ukazało się także w wydawnictwach zagranicznych. Przykładem tego są np. publikacje w wydawnictwach DIIT (Dniepropietrowski Instytut Inżynierów Transportu – Dnipro, Ukraina): Nauka Ta Progres Transportu (pracownik ZS jest członkiem rady programowej), Elektrifikacja transporta, Elektromagnitnaja sowniestimost (pracownik ZS członkiem rady naukowej).

Literatura

1. Adamski T.: *Elektryczne urządzenia bezpieczeństwa ruchu pociągów*, Warszawa, 1956.
2. Bałuch H. et. al.: *Leksykon terminów kolejowych*, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2011, s. 535.
3. Białoń A. et. al.: *Określenie dopuszczalnych poziomów i parametrów zakłóceń dla urządzeń sterowania ruchem kolejowym*, Praca Instytutu Kolejnictwa nr 4430/10, Warszawa, 2011.
4. Białoń A. et. al.: *Prvky zabezpečovacích systémov*, Žilina, 2012.
5. Białoń A., Sychenko V.G.: *Электромагнитная совместимость тягового электроснабжения постоянного тока при скоростном движении*, Monografia, Dnepropietrowsk, 2016.
6. Białoń A., Gradowski P., Furman J.: *Zmienne narodowe w systemie ERTMS/ETCS TSR*, Telekomunikacja i sterowanie ruchem, 2007, s. 17–21.
7. Białoń A., Gradowski P., Gryglas M.: *Standardy techniczne dla urządzeń sterowania ruchem kolejowym w Polsce*, Logistyka 3/2011, s. 171–181.
8. Białoń A., Sychenko V.G.: *Electromagnetic compatibility of direct-current traction energy at the high-speed operation* [monografia], Instytut Kolejnictwa, Warszawa, 2021.
9. Białoń A., Gradowski P., Toruń A.: *Nowoczesny system zarządzania ruchem kolejowym (ERTMS)*, Problemy Kolejnictwa, 2009, z. 148.
10. Białoń A., Kazimierzczak A., Zając W.: *Opracowanie dopuszczalnych parametrów zakłóceń dla urządzeń srk, łączności i pojazdów trakcyjnych*, Praca CNTK nr 6915/23, Warszawa, 1999.
11. Białoń A.: *Karty instrukcje obwodów torowych stosowanych na PKP*, Warszawa, 1985.
12. Białoń A.: *Ustalenie dopuszczalnych parametrów zakłóceń od prądu trakcyjnego w obwodach torowych stosowanych na PKP*, Praca COBiRTK nr 3195/20, Warszawa, 1982.
13. Combik P. et. al.: *Interoperacyjność Systemu Kolei Unii Europejskiej, Infrastruktura, Sterowanie, Energia, Tabor* [pod redakcją M. Pawlika], Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa, 2015, s. 241.
14. Combik P. et. al.: *Interoperacyjność systemu kolei Unii Europejskiej infrastruktura, sterowanie, energia, tabor, wymagania europejskie i komplementarne wymagania polskie*, Wyd. II, uaktualnione i uzupełnione [pod redakcją M. Pawlika], Kurier Kolejowy, Warszawa, 2017, s. 336.
15. Dąbrowa-Bajon M.: *Podstawy sterowania ruchem kolejowym*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2002.
16. Dyduch J., Pawlik M.: *Systemy Automatycznej kontroli jazdy pociągu*, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2002, s. 151.
17. E 11 Przepisy utrzymania i obsługi urządzeń nastawczych i blokowych, Warszawa, 1936.
18. E-1 Przepisy sygnalizacji na kolejach polskich, Warszawa, 1946.
19. Gradowski P.: *Scenariusz operacyjny – nowa forma dokumentacji technicznej dla systemów zapewniających interoperacyjność*, Problemy Kolejnictwa, 2013, z. 161.
20. Mikulski A.: *Elektromechaniczne urządzenia bezpieczeństwa ruchu pociągów*, Warszawa, 1955.
21. Pawlik M., Żurkowski A.: *Ruch i przewozy kolejowe. Sterowanie ruchem*, Związek Pracodawców Kolejowych, Wojskowa Akademia Techniczna, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2010, s. 160.
22. Pawlik M.: *Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym, przegląd funkcji i rozwiązań technicznych – od idei do wdrożeń i eksploatacji*, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2015, s. 141.
23. Pawlik M.: *Railway Safety, Security and Cybersecurity. Comprehensive Approach to Safety of the Guided Transport Systems*, Instytut Kolejnictwa, Warszawa, 2021, p. 230.
24. Pawlik M.: *Referencyjny model funkcjonalny wspierania bezpieczeństwa i ochrony transportu kolejowego przez systemy z transmisją danych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2019, s. 186,
25. Pilotowa instalacja ERTMS na linii E-20 Kunowice – Warszawa, Italfer, 1998.
26. Puderecki F.: *Obwody torowe stosowane na PKP*, Warszawa, 1962.
27. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 20 października 2023 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ogólnych warunków prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji.
28. Standardy techniczne, szczegółowe warunki techniczne dla budowy infrastruktury kolejowej centralnego portu komunikacyjnego – wytyczne projektowania, Instytut Kolejnictwa, Warszawa, 2021.
29. Standaryzacja wybranych interfejsów komputerowych urządzeń i systemów sterowania ruchem kolejowym (srk), projekt POIR.04.01-00-0005/17, Instytut Kolejnictwa, Warszawa, 2022.
30. Świdorski B.: *Urządzenia SHP typu punktowego*, Warszawa, 1971.
31. Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności w zakresie podsystemu „Sterowanie” (TSI CCS 2023).
32. Toruń A.: *Badanie wpływu technologii bezprzewodowej transmisji danych na pozycjonowanie pojazdów w transporcie szynowym*, Warszawa, 2019.
33. Wasiutyński A.: *Drogi żelazne*, Warszawa, 1910.
34. Wasiutyński A.: *Drogi żelazne*, Warszawa, 1925, wydanie 2 uzupełnione.
35. Wstępne studium wykonalności wdrożenia systemu ERTMS w skali sieci PKP PLK S.A., Etap III: Projekt Narodowego Planu Wdrażania ERTMS w Polsce, Praca CNTK [dokument końcowy] praca CNTK nr 4184/10, Warszawa, 2006.