

Elektroniczne systemy bezpieczeństwa użytkowane na rozległym terenie kolejowym – problemy eksploatacyjne

Electronic safety systems used on a vast railway area - operational problems



Janusz Dyduch

Prof. dr hab. inż.

Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Systemów Sterowania w Transporcie

janusz.dyduch@uthrad.pl



Jacek Paś

Dr hab. inż.

Wojskowa Akademia Techniczna Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych, Zakład Eksploatacji Systemów Elektronicznych

jacek.pas@wat.edu.pl



Krzysztof Jakubowski

Por. mgr inż.

Ministerstwo Obrony Narodowej, Legionowo

k.jakubowski@ron.mil.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono zagadnienia związane z wykorzystaniem elektronicznych systemów bezpieczeństwa (ESB) na rozległym terenie kolejowym [1,10,19]. Systemy te są eksploatowane w bardzo zróżnicowanych warunkach środowiskowych. Ze względu na to iż na rozległym terenie kolejowym współistnieją systemy elektryczne i elektroniczne o różnym przeznaczeniu – np. systemy zasilające trakcję kolejową, systemy sterowania ruchem kolejowym (SRK), elektroniczne systemy bezpieczeństwa – system sygnalizacji pożaru (SSP), system telewizji dozorowej (CCTV), system kontroli dostępu (SKD), istotnym problemem eksploatacyjnym oprócz zmian środowiska w którym eksploatowane są w/w obiekty techniczne jest także zagadnienie kompatybilności elektromagnetycznej. W zależności od rozległości obszarowej terenu kolejowego budowa, konfiguracja techniczna, sposób alarmowania, klasy bezpieczeństwa tych systemów mogą być różne. W SSP dochodzi jeszcze jeden czynnik który wpływa na konfigurację tych systemów, a mianowicie tzw. scenariusz pożarowy i sposób powiadamiania Państwowej Straży Pożarnej (PSP) o istniejącym zagrożeniu pożarowym lub uszkodzeniu [2,3,15,17]. Wyróżniamy kilka różnych struktur ESB – skupiony, rozproszony i mieszany. Rodzaj zastosowanego ESB w danym obiekcie kolejowym – budowlanym, czy na terenie otwartym jest uwarunkowany jego kubaturą [m³], rozległością terenową [m² lub km²] oraz ilością nadzorowanych obiektów. Zastosowanie danego rodzaju ESB do zapewnienia bezpieczeństwa oraz ochrony przeciwpożarowej na danym terenie kolejowym uzależnione jest także od wymagań przepisów prawnych wobec obiektu(ów), scenariusza pożarowego, który musi być zrealizowany przez system, wymagań prawnych wobec danego obszaru, który podlega ochronie, przyjętego zakresu ochrony oraz wymagań niezawodnościowo-eksploatacyjnych, które mają spełniać te instalacje. W artykule przedstawiono podstawowe zagadnienia dotyczące eksploatacji ESB, które są użytkowane w wybranym obszarze kolejowym. Zaprezentowany w artykule przegląd rozwiązań technicznych wybranych ESB oraz metodyka postępowania podczas wykonywania analizy dla potrzeb opracowania np. scenariusza pożarowego lub analizy zagrożeń, umożliwi projektantom obiektów kolejowych właściwe opracowanie założeń projektowych.

Słowa kluczowe: Eksploatacja; Elektroniczne systemy bezpieczeństwa; Obiekty kolejowe

Abstract: The article presents issues related to the use of electronic security systems (ESB) on a vast railway area. These systems are operated in very different environmental conditions. Due to the fact that electrical and electronic systems coexist on the extensive railway area for various purposes - e.g. power supply systems for railway traction, rail traffic control systems (SRK), electronic security systems - fire alarm system (SSP), CCTV system (CCTV), access control system (SKD), a significant operational problem in addition to environmental changes in which the above-mentioned technical facilities are used, there is also the issue of electromagnetic compatibility. Depending on the area extent of the railway area, construction, technical configuration, way of alarming, safety classes of these systems may be different. In SSP there is another factor that affects the configuration of these systems, namely the so-called fire scenario and how to notify the State Fire Service (PSP) about an existing fire risk or damage. There are several different ESB structures - focused, distributed and mixed. The type of ESB used in a given railway facility - construction or open area is conditioned by its cubic capacity [m³], terrain extent [m² or km²] and the number of supervised facilities. The use of a given type of ESB to ensure safety and fire protection in a given railway area also depends on the requirements of legal provisions for the object(s), the fire scenario that must be implemented by the system, legal requirements for the given protected area, the accepted scope of protection and the reliability and operational requirements to be met by these installations. The article presents basic issues related to ESB operation that are used in the selected railway area. The review of technical solutions of selected ESBs and the methodology of conducting the analysis for the purposes of developing, e.g. fire scenario or hazard analysis, presented in the article, will enable railway facility designers to properly develop design assumptions.

Keywords: Operation; Operation; Electronic security systems; Railway facilities

Wybrane wymagania dotyczące elektronicznych systemów bezpieczeństwa

Elektroniczne systemy bezpieczeństwa stanowią zbiór współdziałających ze sobą elementów, które stanowią celowo zorientowaną całość w celu zapewnienia bezpieczeństwa fizycznego, naruszenia stref dozоровych, w tym pożarowego

w wybranym obiekcie budowlanym lub na rozległym terenie kolejowym - rys. 1. Elektroniczny system bezpieczeństwa można wtedy zapisać jako wyrażenie określone za pomocą wzoru 1.

$$ESBM = [E; W; R] \quad (1)$$

gdzie: ESBM – macierz systemu ESB, E – wektor wszystkich elementów, części składowych ESB, W – wektor włą-

ności poszczególnych elementów ESB, R – wektor relacji przeniesienia (przepływu informacji) lub połączenia (sterowania przewodowe i bezprzewodowe, stabilizacji, itd.) między poszczególnymi elementami ESB (np. czujka - centrala, centrala - system wykonawczy – siłownik, zawór elektromagnetyczny butli gaśniczej, klapy pożarowe odcinające i odciążające, urządzenie transmisji alarmów

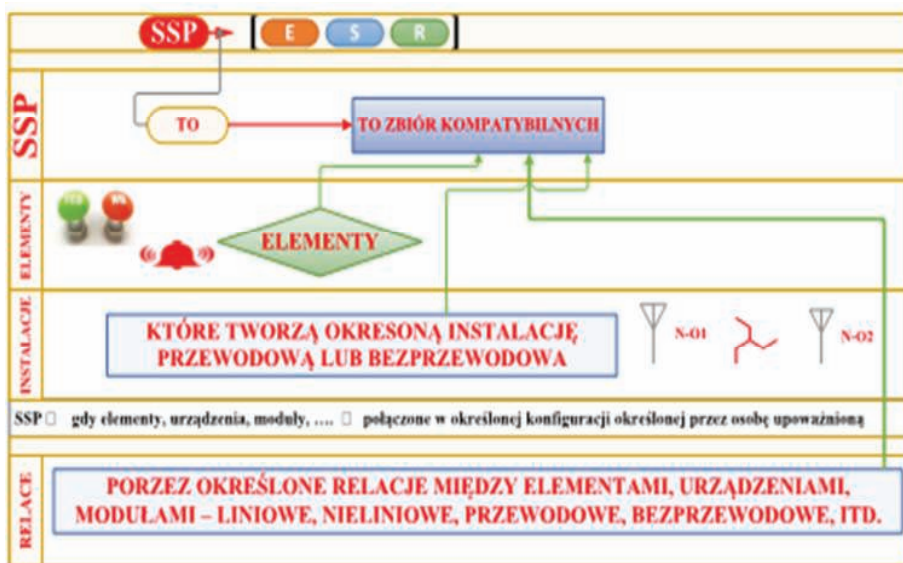
Bezpieczeństwo w transporcie szynowym

pożarowych i uszkodzeniach do PSP, linia obserwacji CCTV – sposób powiadomienia o alarmie, próba fałszywego

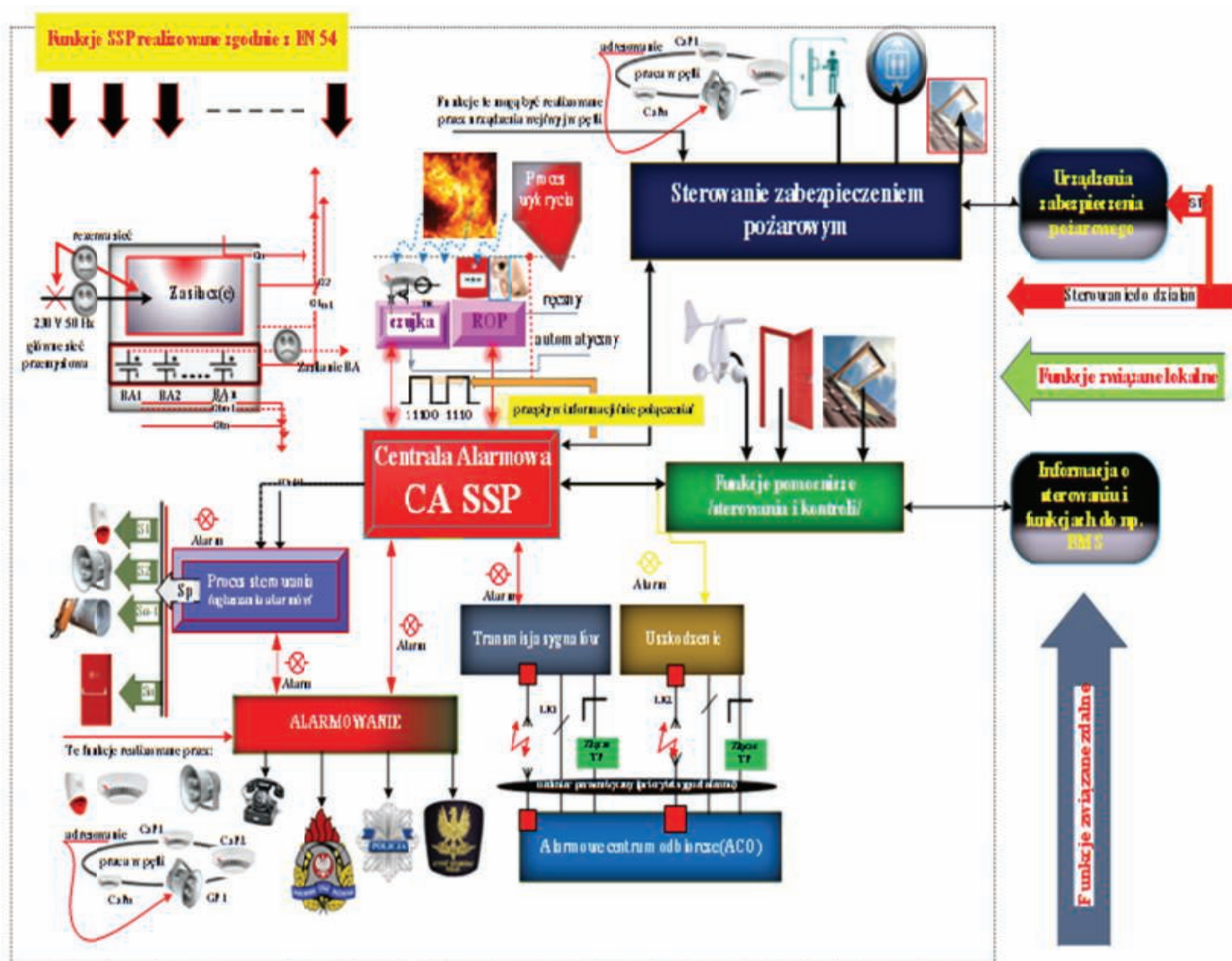
dostępu do pomieszczenia – SDK – sposób wywalania alarmu, interwencji patrolu, itd.).

Elektroniczne systemy bezpieczeństwa są to systemy, których celem jest wykrywanie zagrożeń występujących w procesie transportowym (zarówno dla obiektów stacjonarnych jak i ruchomych) [7,11,16,19]. Systemy te są coraz częściej stosowane w procesie transportowym, gdzie zapewniają bezpieczeństwo:

1. ludziom (np. systemy nadzoru zainstalowane w obiektach stałych lotniska, dworce kolejowe, porty, itd.);
2. przewożonym towarom w obiektach stałych (np. bazy logistyczne, terminale przeładunkowe lądowe i morskie, itp.);
3. przewożonym towarom w obiektach ruchomych (transport kolejowy, drogowy i morski – a w połączeniu z systemem GPS mogą monitorować stan ładunku i trasy przejazdu danego środka lokomocji).



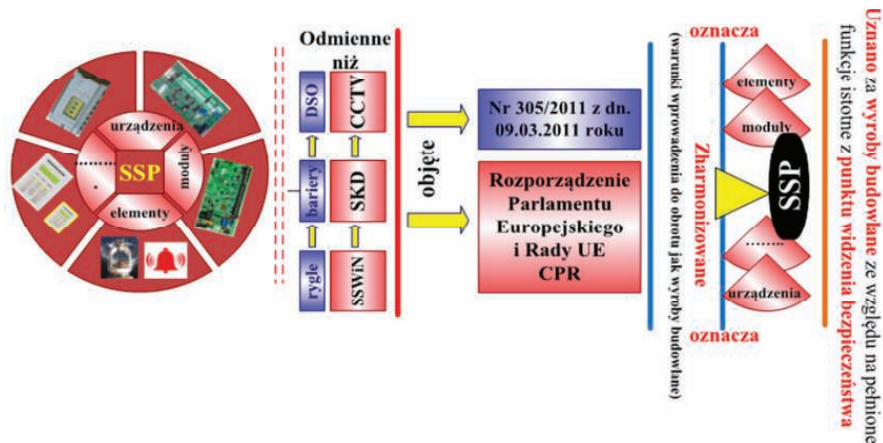
1. Elektroniczny system bezpieczeństwa - współdziałające ze sobą elementy, które stanowią celowo zorientowaną całość w celu zapewnienia bezpieczeństwa w wybranym obiekcie budowlanym lub na rozległym terenie kolejowym



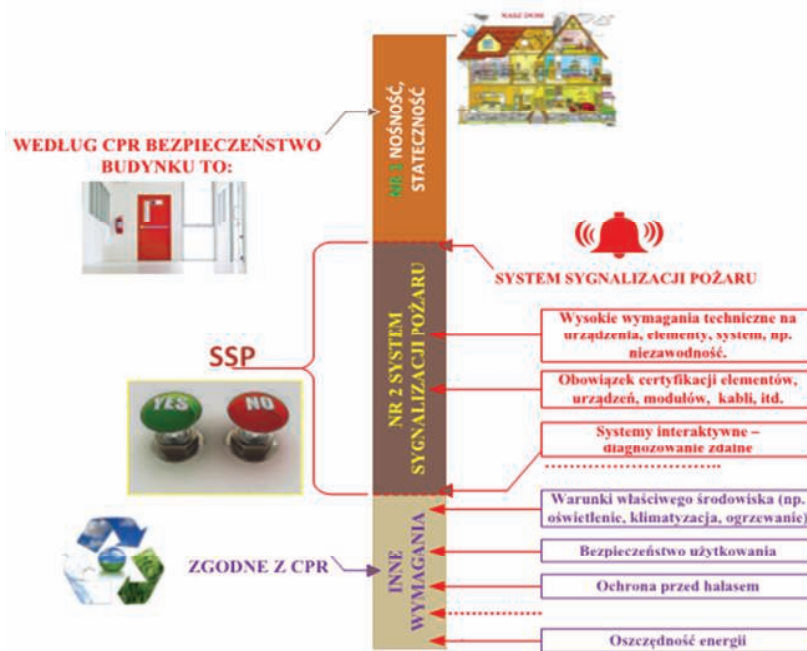
2. Budowa systemu sygnalizacji pożarowej – podstawowe funkcje realizowane zgodnie z normą EN 54, gdzie: BA – baterie akumulatorów, LK1,2 – linie telekomunikacyjne 1,2

Instalacja elektronicznych systemów bezpieczeństwa, takich jak: CCTV, SSWiN, SKD na terenach kolejowych wynika ze sposobu zapewnienia poziomu bezpieczeństwa całej infrastruktury krytycznej do której zalicza się rozległy teren transportowy. Struktura funkcjonalna ESB, sposób powiadamiania o zagrożeniu, organizacja alarmowego centrum odbiorczego (ACO) jest uzależniona od inwestora który organizuje i wyposaża cały zintegrowany system bezpieczeństwa i wynikających przepisów. Inaczej sprawa wygląda dla SSP które muszą zgodnie z obowiązującymi ustawami i rozporządzeniami obowiązującymi na terenie Polski znajdować się na rozległym terenie kolejowym. Zgodnie z § 31 Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 07.06.2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków i innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719), właściciel zarządca lub użytkownik rozległych terenów kolejowych, o którym mowa w art. 5 ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej uzgadnia z właściwym miejscowo komendantem powiatowym (miejskim) PSP sposób połączenia urządzeń sygnalizacyjno-alarmowych SSP z obiektem PSP lub obiektem wskazanym przez tego komendanta. Korzystając z definicji zawartej w rozporządzeniu SSP to system obejmujący który obejmuje urządzenia: sygnalizacyjno-alarmowe, służące do samoczynnego wykrywania i przekazywania informacji o pożarze, urządzenia odbiorcze alarmów pożarowych i urządzenia odbiorcze sygnałów uszkodzeniowych – rys. 2 [8,12,14,15,17].

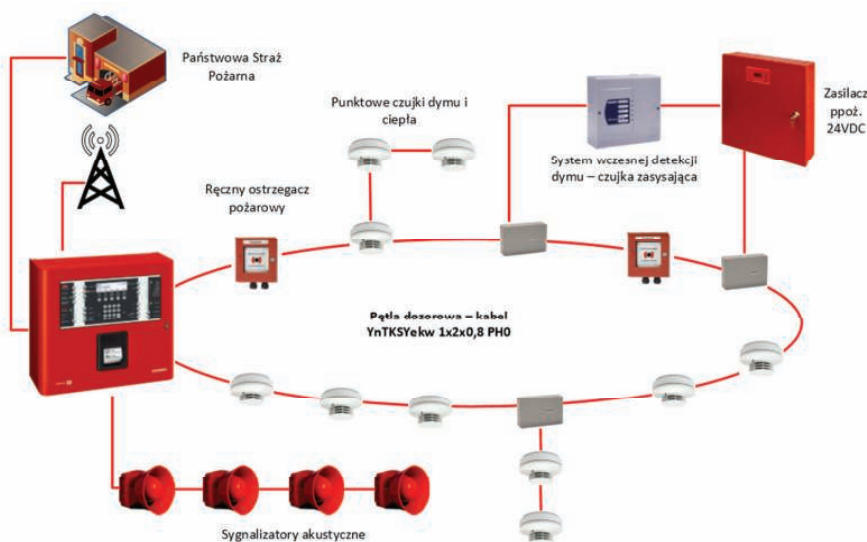
Sygnaly alarmów pożarowych oraz sygnaly uszkodzeniowe generowane w SSP przesyła monitoring pożarowy. Monitoring pożarowy polega na przesłaniu z potwierdzeniem, w sposób automatyczny alarmu pożarowego i sygnału uszkodzeniowego do odpowiednich alarmowych centrów odbiorczych (ACO). Przesłanie alarmu pożarowego musi odbywać się w to-



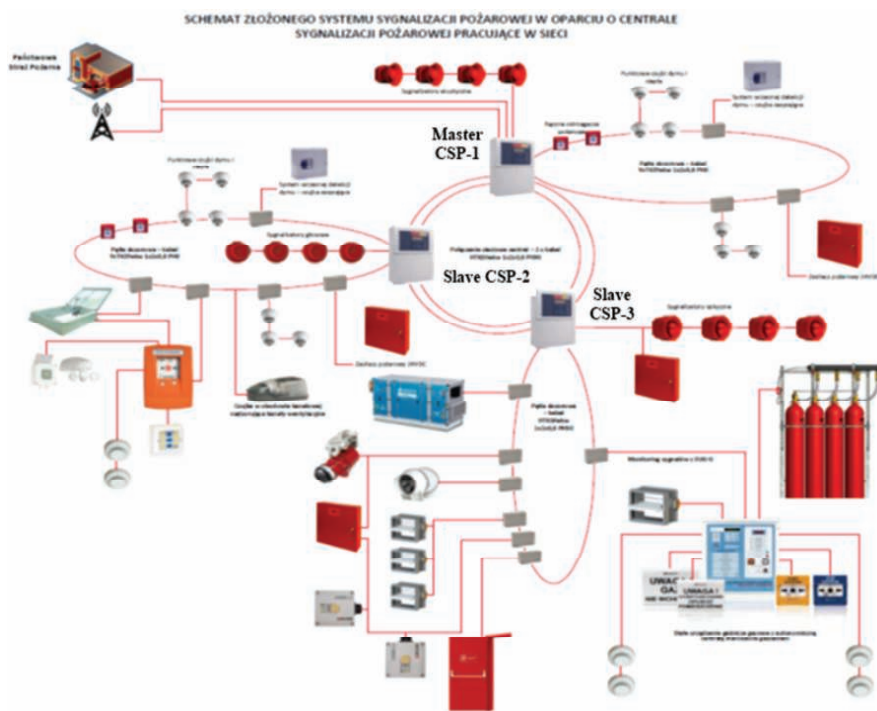
3. System sygnalizacji pożarowej zgodnie z załącznikiem nr 1 do Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011



4. System sygnalizacji pożarowej według rozporządzenia UE - CPR nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 o obiektach budowlanych



5. Schemat skupionego – prostego systemu sygnalizacji pożarowej



6. Schemat rozproszonego systemu sygnalizacji pożarowej z centralami sygnalizacji pożaru – CSP – 1 Master, CSP – 3 Slave, CSP – 2 Slave

rze bez udziału człowieka do obiektu z ciągłą obsługą. W tym obiekcie dysponowane są siły i środki PSP, wskazane przez właściwego Komendanta Powiatowego (Miejskiego), gdzie zamontowana jest także stacja odbiorcza alarmów pożarowych (SOAP). Sygnały uszkodzeniowe kierowane są automatycznie do stacji odbiorczej sygnałów uszkodzeniowych operatora systemu monitoringu pożarowego [8,12,15].

Zgodnie z załącznikiem nr 1 do Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 roku obiekty budowlane jako całość oraz ich poszczególne części muszą nadawać się do użycia zgodnie z ich zamierzonym zastosowaniem. Należy przy tym w szczególności wziąć pod uwagę zdrowie i bezpieczeństwo osób mających z nimi kontakt przez cały cykl życia tych obiektów, w tym muszą spełnić m. in. warunki bezpieczeństwa pożarowego. Zgodnie z załącznikiem nr 4 stałe urządzenia gaśnicze (SUG) oraz wyroby do wykrywania i sygnalizacji pożaru zakwalifikowano do grupy z kodem 10 i uznano za wyroby budowlane, ze względu na pełnione funkcje, istotne z punktu

widzenia bezpieczeństwa – rys. 3, 4 [3,7,12,15,17].

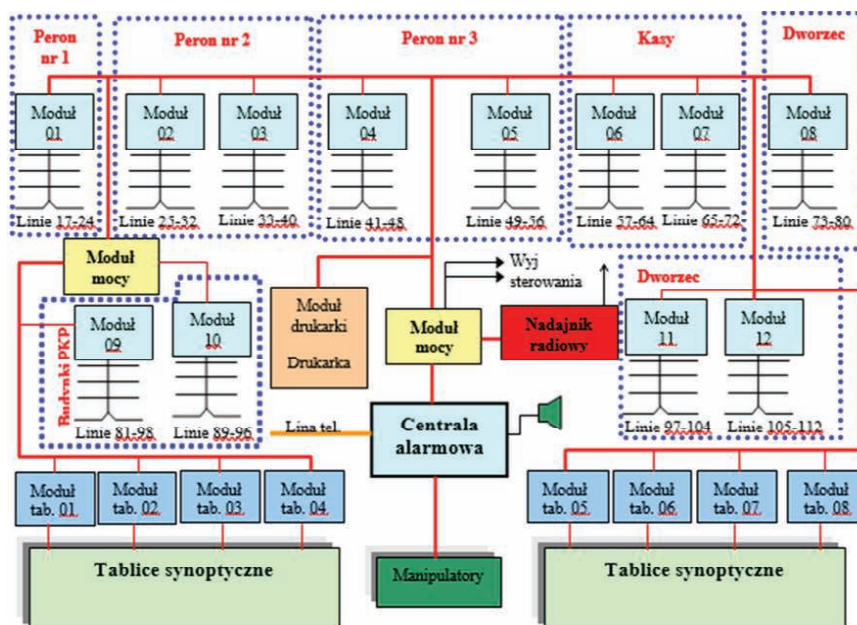
Skupione i rozproszone elektroniczne systemy bezpieczeństwa użytkowane na terenach kolejowych

Wszystkie elektroniczne systemy bezpieczeństwa można podzielić ze względu na sposób podłączenia elementów na skupione, rozproszone i

mieszane. W przypadku skupionych ESB wszystkie elementy systemu są podłączone do centrali alarmowej za pomocą linii, pętli lub magistrali dozorowej - rys. 5.

SSP przedstawiony na rys. 6 charakteryzuje się zdecentralizowaną strukturą zarządzania, programowania i obsługi. Zbudowany jest z pojedynczych modułów – central sygnalizacji pożarowej, pętli dozorowych i jest zaprojektowany oraz programowany stosownie do wymogów stawianych konkretnej instalacji sygnalizacji pożarowej (ISP). W celu zapewnienia najwyższego poziomu bezpieczeństwa pracy systemu sygnalizacji pożarowej najczęściej stosuje się centralę sygnalizacji pożarowej, które posiadają redundancję sprzętową i programową wszystkich kart (tzn. zdublowanie wszystkich układów z możliwością przełączania w czasie awarii).

W przypadku wystąpienia awarii systemowej nastąpi przełączenie systemu podstawowego na układ zapasowy, realizujący wszystkie funkcje systemu podstawowego (100 % redundancja). W każdej obudowie centrali sygnalizacji pożarowej znajdują się zatem dwa równoważne systemy mikroprocesorowe, z czego jeden pełni rolę wiodącą, a drugi jest systemem zapasowym pracującym



7. Schemat blokowy Systemy Sygnalizacji Włamania i Napadu rozproszonego z jedną magistralą transmisyjną i modułami z interfejsem RS-232C

w trybie gorącej rezerwy. SSP posiada także zasilanie awaryjne, które jest najczęściej wykonane w oparciu o baterie akumulatorów posiadające określoną pojemność wyznaczoną w oparciu o bilans energetyczny.

Wyodrębniając z transportowych systemów nadzoru Systemy Sygnalizacji Włamania i Napadu jako najczęściej spotykane zabezpieczenia na obszarze kolejowym, w wersji rozproszonej można je podzielić następująco:

- a. z jedną magistralą transmisyjną i modułami;
- b. z wieloma magistralami transmisyjnymi i modułami – rys. 7 system z jedną magistralą transmisyjną i modułami z interfejsem RS-232C);
- c. z wieloma centralami alarmowymi w wersji skupionej połączonymi z magistralą transmisyjną;
- d. z zastosowaniem separatorów linii transmisyjnej.

Z dokonanego podziału systemów rozproszonych SSWiN do realizacji należy wybrać strukturę o określonej jakości i niezawodności działania uwzględniając przy tym oddziaływanie zakłóceń z szerokiego zakresu częstotliwości. Na rys. 7 został przedstawiony schemat blokowy transportowego systemu rozproszonego, gdzie centrala alarmowa i poszczególne moduły zostały połączone magistralą transmisyjną z interfejsem RS-232C.

Układ ten – rys. 7 ma budowę modułową o następujących opcjach konfiguracji:

- moduły rozszerzające system do maksymalnej liczby 128 linii dozorowych;
- moduł może mieć podłączone jednocześnie maksymalnie 8 linii dozorowych;
- moduły mocy służą do wzmocnienia prądowego całego systemu – ich umiejscowienie zależy od długości magistrali transmisyjnych pomiędzy poszczególnymi elementami systemu;
- manipulatory oraz tablice synop-

tyczne zależą od potrzeb ochronianego obiektu kolejowego.

Wszystkie moduły z jednostką centralną są połączone za pomocą jednej magistrali transmisyjnej z interfejsem RS-232C.

Wnioski

Elektroniczne systemy bezpieczeństwa zainstalowane na rozległym obszarze kolejowym są eksploatowane w zróżnicowanych warunkach klimatycznych i różnym otaczającym je środowisku elektromagnetycznym. W obecnych czasach środowisko elektromagnetyczne kształtowane jest przez niezliczone źródła wytwarzające zamierzone lub niezamierzone promieniowanie w bardzo szerokim zakresie częstotliwości. Na obszarze kolejowym współistnieją systemy elektryczne (zasilanie: dworca, trakcji elektrycznej) i elektroniczne (systemy sterowania ruchem kolejowym, systemy nadzoru), które podczas normalnej pracy mogą się wzajemnie zakłócać poprzez wytwarzane pole elektromagnetyczne. Badania eksploatacyjne elektronicznych systemów bezpieczeństwa, które zainstalowane są na terenach kolejowych, są podstawą doskonalenia konstrukcji tych systemów i ich procesu produkcyjnego. Uzyskanie wiarygodnych informacji eksploatacyjnych jest niezbędne w procesie sterowania eksploatacją oraz służyły do zapewnienia właściwej organizacji zaplecza obsługowo-naprawczego przy uwzględnieniu środowiska elektromagnetycznego istniejącego na rozległym obszarze kolejowym [13,14,18,19,20]. Eksploatacja elektronicznych systemów bezpieczeństwa posiada następujące cechy:

- urządzenia techniczne odznaczają się znaczną złożonością;
- wysokim stopniem automatyzacji i zastosowaniem zaawansowanych technologicznie układów cyfrowych i analogowych (mikroprocesory, układy przetwarzania

sygnałów, układy elektroniczne specjalizowane w czujkach, centralach alarmowych).

W elektronicznych systemów bezpieczeństwa stosowane są układy mechaniczne (np. elektro-blokady, elektrozamki), hydrauliczne (np. zamknięcie drzwi ppoż., otwarcie klap wywietrzników, uruchomienie tryskaczy wodnych), optyczne (systemy zwierniadeł w czujkach: optycznych dymu, detekcji ruchu na podczerwień), układy elektryczne i elektroniczne. Systemy muszą posiadać wysoki stopień gotowości technicznej zarówno w oczekiwaniu na realizację zadań, jak i w trakcie ich realizacji (praca w stanie dozoru i alarmowania). Jeżeli uwzględnimy sposób eksploatacji elektronicznych systemów bezpieczeństwa, system ten powinien charakteryzować się następującymi właściwościami:

- poprawnie funkcjonować w całym przedziale czasu który niezbędny jest do wykonania zadań związanych z przewozem osób i ładunków (na dworcu kolejowym system dodatkowo zapewnia bezpieczeństwo podróży i chroni mienie o znacznej wartości) [4,5,10,15];
- sygnalizować przypadek uszkodzenia systemu nadzoru poprzez ciągle diagnozowanie stanu technicznego [6,9,12,18,20];
- wyróżniać się dużą podatnością obsługową, tzn. uszkodzony element (czujka, moduł) powinien być wskazywany w centrali alarmowej (np. czujki adresowalne), a uszkodzony element powinien być szybko i bez trudności wymieniony na sprawny bez nadmiernego ograniczenia realizacji procesu założonego poziomu bezpieczeństwa na dworcu kolejowym;
- mieć dużą trwałość, nie wymagać długotrwałej, częstej i skomplikowanej profilaktyki przy realizacji zadań obsługowych;
- cechować się dużą prostotą użyt-

kowania dla odpowiednio przygotowanego personelu znajdującego się w alarmowym centrum odbiorczym (zapewnione jest to w systemie nadzoru poprzez realizację specjalistycznego oprogramowania zapewniającego pełny dostęp do wszystkich funkcji realizowanych przez system – tryb administratora). ◀

Materiały źródłowe

- [1] Dyduch J., Paś J., Rosiński A.: Podstawy eksploatacji transportowych systemów elektronicznych. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2011.
- [2] Klimczak T., Paś J.: Analysis of reliability structures for fire signaling systems in the field of fire safety and hardware requirements, Journal of KONBIN, ISSN 1895-8281 2018, tom 46, DOI 10.2478/jok-2018-0030, pp. 191-214.
- [3] Klimczak T., Paś J.: Electromagnetic environment on extensive Logistic areas and the proces of using electronic safety system, pp. 135-146, Politechnika Warszawska, Prace Naukowe Transport zeszyt 121, ISSN 1230-9265, Warszawa 2018.
- [4] Kołowrocki K., Soszyńska-Budny J.: Reliability and safety of complex technical systems and processes. Springer, London 2011.
- [5] Laskowski, D., Łubkowski, P., Pawlak, E., Stańczyk, P.: Anthropotechnical systems reliability. In: the monograph „Safety and Reliability: Methodology and Applications - Proceedings of the European Safety and Reliability Conference ESREL 2014”, editors: Nowakowski T., Młyńczak M., Jodejko-Pietruczuk A. & Werbińska-Wojciechowska S. CRC Press/Balkema, London, 2015, pp. 399-407.
- [6] Lewiński A., Perzyński T., Toruń A.: The analysis of open transmission standards in railway control and management, In Communications in Computer and Information Science, vol. 329, Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, 2012, str. 10-17
- [7] Paś J.: Eksploatacja elektronicznych systemów transportowych. Uniwersytet Technologiczno - Humanistyczny, Radom 2015.
- [8] Paś J., Dąbrowski T., Wiśnios M.: Teaching methodology of the diagnosing process on the example of the fire alarm system, DOI 10.1515/jok-2017-0014, Journal of KONBIN 41(2017), s. 277-308.
- [9] Paś J., Rosiński A.: Selected issues regarding the reliability-operational assessment of electronic transport systems with regard to electromagnetic interference, Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, Vol.19, No. 3, 2017 I, s. 375-381, <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2017.3.8>.
- [10] Paś J., Choromański W.: Results of measurement and determination of threshold electric field component for transport security systems, Archives of Transport Systems Telematics, Volume 8, Issue 1, February 2015, s. 24-29, ISSN 1899-8208.
- [11] Rosiński A.: Modelowanie procesu eksploatacji systemów telematyki transportu. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2015.
- [12] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719).
- [13] Siergiejczyk M., Paś J., Rosiński A.: Train call recorder and electromagnetic interference. Diagnostyka 2015, vol. 16, no. 1, pp. 19-22.
- [14] Siergiejczyk M., Paś J., Rosiński A.: Issue of reliability–exploitation evaluation of electronic transport systems used in the railway environment with consideration of electromagnetic interference, IET Intelligent Transport Systems, ISSN 1751-956X, doi: 10.1049/iet-its.2015.0183, Source: Volume 10, Issue 9, November 2016, s. 587 – 593.
- [15] Sobstel J.: Monitoring pożarowy. Przepisy i wymagane dokumenty, Przegląd Pożarniczy 4/2012.
- [16] Żółtowski B., Niziński S.: Modelowanie procesów eksploatacji maszyn, AT-R 2002
- [17] Klimczak T., Paś J.: Selected issues of the reliability and operational assessment of a fire alarm system, Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, Vol. 21, No. 4, 2019, pp. 553-561.
- [18] Rosiński A., Paś J., Łukasiak J., Szulim M.: Exploitation of electronic systems in building objects exposed to impact of strong electromagnetic pulses”, European Safety and Reliability Conference (ESREL 2019), Hannover, Germany 2019. Referat opublikowany w: „Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference (ESREL)” pod redakcją Michael Beer, Enrico Zio, wydawca: Research Publishing, Singapore. str. 3320-3325, ISBN 978-981-11-2724-3.
- [19] Paś J., Dyduch J.: Eksploatacja transportowych systemów nadzoru na rozległym obszarze kolejowym, Biuletyn WAT 4(660) 2010 Vol. LIX str. 197 – 208.
- [20] Choromański W., Dyduch J., Paś J.: Minimizing the Impact of Electromagnetic Interference Affecting the Control System of Personal Rapid Transit in the Context of the Competitiveness of the Supply Chain, Archives Of Transport, Polish Academy of Sciences Index 201 901 ISSN 0866-9546 Volume 23, Issue 2, Warsaw 2011 str. 137-152.