

*Sterowanie ruchem kolejowym, bezpieczeństwo, zasilanie podstawowe i rezerwowe, urządzenia,
linia potrzeb nieatrakcyjnych, samoczynna blokada liniowa,
systemy nastawcze srk*

Mieczysław KORNASZEWSKI¹

SYSTEMY ZASILANIA REZERWOWEGO URZĄDZEŃ STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Ryzyko wystąpienia awarii zasilania we współczesnej gospodarce produkcyjnej i usługowej, urzędach i instytucjach publicznych jest bardzo duże. Także transport kolejowy nie może funkcjonować bez systemów zasilania awaryjnego. Ochrona urządzeń sterowania ruchem kolejowym (srk) przed awariami zasilania zapewnia bezpieczeństwo ludziom i zapobiega przed zniszczeniami obiektów infrastruktury kolejowej. Z tego powodu istnieje duże zapotrzebowanie na budowę i rozwój nowoczesnych systemów bezprzerwowego zasilania rezerwowego zarówno stacyjnych urządzeń srk, jak i urządzeń występujących w samoczynnych blokadach liniowych.

SYSTEMS OF SUPPLY EMERGENCY OF RAILWAY TRAFFIC CONTROL DEVICES

The risk of a power failure is very high in the modern economy, production and service businesses, offices and public institutions. Rail can not operate without the emergency power supply systems too. Protection of devices of railway traffic control (rtc – railway traffic control) prior to power failures, provides security for people and prevents the destruction of objects of railway infrastructure. Therefore there is a big requirement for construction and development of modern systems of supply emergency devices of station of railway traffic control and devices of automatic line of train blockade.

1. WSTĘP

Systemy zasilające urządzenia sterowania ruchem kolejowym muszą zapewniać dostawę energii elektrycznej do poszczególnych obwodów tych urządzeń w taki sposób, aby zasilane energią elektryczną wszystkie lub wybrane urządzenia techniczne mogły funkcjonować nieprzerwanie i niezawodnie.

Ryzyko wystąpienia awarii zasilania, skutkującej długotrwałym brakiem energii, jest relatywnie duże i stanowi realne zagrożenie w każdym systemie energetycznym. Zakłócenia zasilania z sieci elektroenergetycznej mogą mieć charakter krótkotrwały

¹ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
tel: + 48 48 361-77-84, Fax: + 48 48 361-77-42, e-mail: m.kornaszewski@pr.radom.pl

(powtarzające się wahania, spadki napięcia, będące skutkiem przyłączenia urządzeń do sieci zasilającej, przepięcia) lub długotrwały (zaniki, odchylenia napięcia).

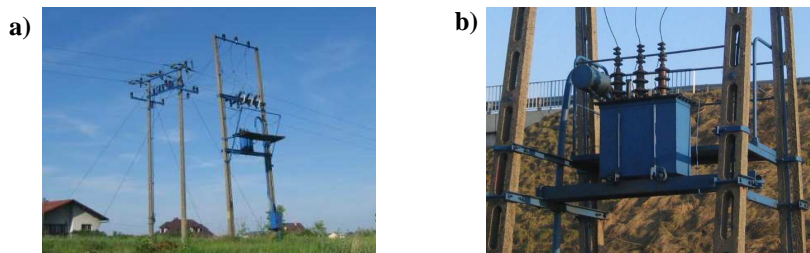
Urządzenia srk, w zależności od przeznaczenia, zasilane są napięciem przemiennym jedno- lub trójfazowym (najczęściej 145V, 230V, 400V o częstotliwości 50Hz) oraz napięciem stałym (najczęściej 12V, 24V lub 48V). [9]

2. SYSTEMY ZASILANIA SAMOCZYNNYCH BLOKAD LINIOWYCH

2.1. Zasilanie podstawowe samoczynnych blokad liniowych

Zasilanie podstawowe samoczynnych blokad liniowych jest najczęściej zrealizowane z linii średniego napięcia 15kV lub 6kV wychodzącej z podstacji trakcyjnej, zasilającej potrzeby nietrakcyjne. Nazywa się ją linią potrzeb nietrakcyjnych (LPN). Linia ta może być napowietrzna prowadzona na słupach indywidualnych lub na sieci trakcyjnej.

Natomiast na odcinkach linii kolejowych przebiegających przez ośrodki miejskie, osiedla mieszkaniowe, tunele jest prowadzona jako linia kablowa. Z linii potrzeb nietrakcyjnych wykonywane są odgałęzienia zakończone stacjami transformatorowo-rozdzielczymi umiejscowionymi na słupach lub w naziemnych kontenerach. Stacje te są podstawowymi źródłami zasilania wszystkich urządzeń elektrycznych wchodzących w skład samoczynnej blokady liniowej.



Rys. 1. Linia potrzeb nietrakcyjnych (LPN): słupowa stacja transformatorowa (a); transformator SN/0,4kV (b) [4]

Tam, gdzie nie przebiega linia potrzeb nietrakcyjnych, do zasilania samoczynnych blokad liniowych wykorzystywana jest sieć rozdzielcza średniego napięcia energetyki zawodowej [1],[7],[10],[11].

2.2. Zasilanie awaryjne samoczynnych blokad liniowych

Sieć energetyczna wykorzystywana jest również jako źródło rezerwowego zasilania urządzeń liniowych. W przypadku jej uszkodzenia współpracuje z linią potrzeb nietrakcyjnych.

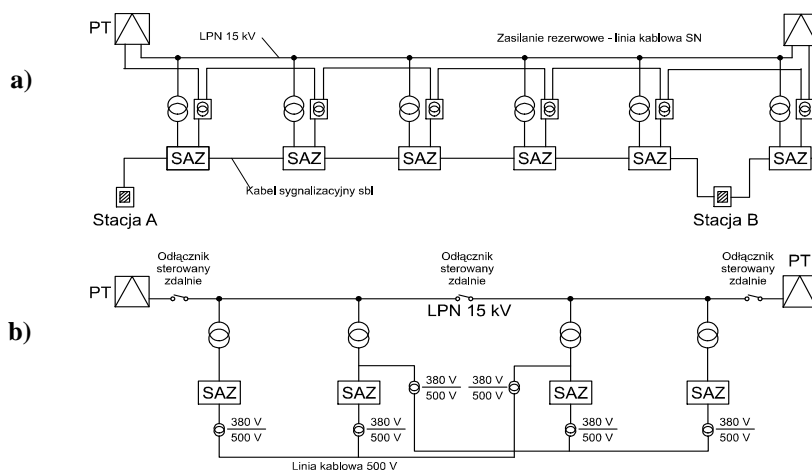
W dotychczas eksploatowanych na kolei systemach zasilania samoczynnych blokad liniowych (sbl) układ zasilania awaryjnego zbudowany jest z linii kablowej średniego napięcia rozciągniętej wzdłuż szlaku kolejowego. Dla układów sbl typu E, Ea, Eac, Eac95 – ze względu na stosowanie przekładników fazoczułych – oprócz zapewnienia niezawodności układu zasilania i odpowiednich parametrów napięciowych, konieczne jest zachowanie

kolejności faz i stabilności kąta przesunięcia fazowego. Te wymagania stawiane zasilaniu rezerwowemu wymuszają budowę wzdłuż linii potrzeb nietrakcyjnych LPN bardzo kosztownej drugiej linii kablowej SN ze stacjami transformatorowymi lub linii kablowej 500V z podwójną transformacją 380/500V. [2],[8]

2.3. Zasilanie podstawowe i rezerwowe urządzeń sbł

Na rys. 2a) zamieszczony został schemat zasilania podstawowego (LPN) i awaryjnego (linią kablową SN). Torem kablowym wyprowadzone jest napięcie z niezależnej sekcji rozdzielni średniego napięcia w podstacji trakcyjnej. Linia kablowa jest zasilana z dwóch podstacji trakcyjnych i łączy się z każdą szafą aparatuowo-zasilającą (SAZ) poprzez transformatory obniżające średnie napięcie na niskie potrzebne do zasilania urządzeń sbł.

Rysunek 2b) przedstawia linię magistralną 15kV, podzieloną w połowie odłącznikiem zdalnie sterowanym, która może być zasilana w zależności od potrzeb z jednej lub z dwóch podstacji trakcyjnych. Z linii magistralnej zasilane są transformatory 15/0,4kV, których wyjścia przyłączone są do szafek SAZ posiadających urządzenia samoczynnego załączania rezerwy. Szafki zasilane są oprócz tego z linii kablowej 500V poprzez transformatory obniżające. Szafki zasilają kontenery SAZ z urządzeniami liniowymi srk [1],[5],[7],[10],[11].



Rys. 2. Schemat zasilania podstawowego i rezerwowego urządzeń samoczynnych blokad liniowych [1]

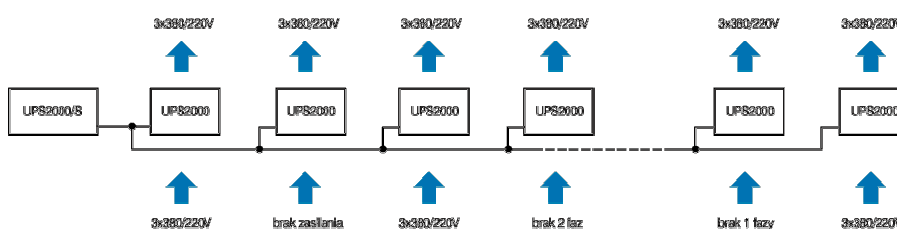
2.4. System zasilania UPS 2000

Eksplloatowane obecnie na kolejowych szlakach systemy zasilania sbł wykorzystują zasadę wielopunktowego zasilania kontenerów liniowych poprzez kilka sieci średniego lub niskiego napięcia prowadzonych wzdłuż linii kolejowych.

Aby na całym szlaku zapewniona była kolejność faz w obwodach torowych, w systemach zasilania rezerwowego sbł, budowano bardzo drogie linie kablowe układane

wzdłuż szlaku. Nowym rozwiązaniem jest system zasilania bezprzerwowego wykorzystujący zasilacze awaryjne UPS, który spełnia warunek zachowania kolejności faz w obwodach torowych.

System UPS 2000 jest przeznaczony do bezprzerwowego zasilania kolejowych obwodów samoczynnej blokady liniowej i innych urządzeń kolejowych, wymagających dużej pewności i stabilności zasilania energią elektryczną. Z uwagi na przystosowanie do zdalnej synchronizacji może być wykorzystywany dla tworzenia przytorowych systemów zasilających, obejmujących do 32 szt. zasilaczy UPS2000/10, współpracujących z synchronizatorem UPS2000/S.



Rys. 3. Schemat blokowy systemu z zasilaczami UPS2000/10 [8]

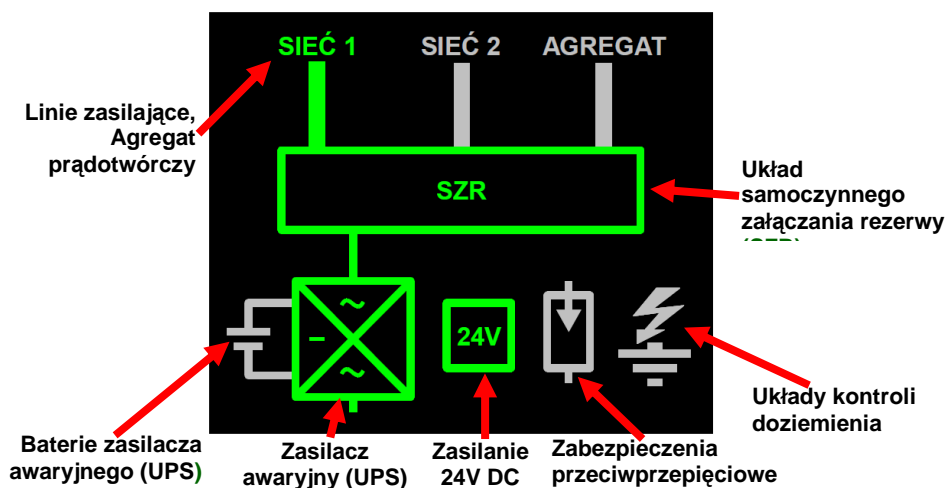
W normalnym stanie pracy systemu zasilania poszczególne kontenery liniowe (SAZ) zasilane są z linii potrzeb nieatrakcyjnych poprzez transformatory obniżające 15/0,4kV. W każdej szafie aparatu-zasilającej napięcie z transformatora obniżającego doprowadzone jest na wejście bloku zasilającego, składającego się z bloku wejściowego zawierającego zabezpieczenia, trójfazowego zasilacza awaryjnego UPS oraz baterii akumulatorów.

Zasilacze UPS 2000/10 pracują w trybie on-line zapewniając całkowitą separację zasilanych urządzeń sbl od linii potrzeb nietrakcyjnych. W przypadku braku napięcia w linii zasilającej energia jest pobierana z lokalnej baterii akumulatorów VRLA o pojemności 85Ah, umożliwiającej podtrzymanie pracy zasilacza (przy znamionowym obciążeniu) przez okres min. 10 godzin. [8]

3. SYSTEMY ZASILANIA STACYJNYCH URZĄDZEŃ STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

W celu zapewnienia niezawodności zasilania stacyjnych systemów srk napięciem przemiennym 3x380/220V 50Hz lub 220V 50Hz, z tolerancją $\pm 10 \div 15\%$ wartości napięcia znamionowego, stosowane jest zasadnicze źródło zasilania w postaci sieci energetycznej oraz rezerwowe (druga sieć energetyczna, agregat spalinowo-elektryczny stacjonarny lub przewoźny, z rozruchem ręcznym lub automatycznym, przetwornica tyrystorowa trójfazowa), a także przetwornice do zasilania wybranych obwodów, wymagających zasilania ciągłego. Przełączenie zasilania z sieci pierwszej (podstawowej) na drugą (rezerwową) odbywa się najczęściej automatycznie za pomocą układu samoczynnego załączania rezerwy SZR. [9]

Źródła rezerwowego zasilania pracują w tzw. systemach zasilania w celu skoordynowanego i możliwie szybkiego ich włączenia do pracy w przypadku zaniku lub przekroczenia dopuszczalnej tolerancji napięcia w sieci energetycznej.



Rys. 4. Przykład zobrazowania systemu zasilania na pulpicie komputerowym EbiScreen

W systemach zasilania do tej pory eksploatowanych na kolei, poszczególne elementy układów zasilania zainstalowane są w tablicach, m.in.: zasilającej sieciowej, zasilającej sieciowo-agregatowej, rozdzielczej, obejściowej, bateryjnej, kontrolnej, bezpieczników nastawczych, itp.



Rys. 5. Wygląd Zintegrowanej Tablicy Zasilającej w systemie SUZ-MONAT

3.1. Przykład nowoczesnego rozwiązania Systemu Zasilacza Urządzeń Stacyjnych (ZUS) firmy Z.A. KOMBUD

Obecnie do eksploatacji na kolei są wprowadzane nowoczesne systemy zasilania w celu wyeliminowania niektórych niedoskonałości starszych rozwiązań projektowych. W nowych systemach wprowadzono modyfikacje układów elektrycznych wraz z nowymi blokami funkcjonalnymi i podzespołami. Przykładem takiego systemu jest System Zasilacza Urządzeń Stacyjnych (ZUS) Zakładów Automatyki KOMBUD z Radomia.

System zasilania ZUS zbudowany jest z jednej zintegrowanej tablicy TSSA spełniającej funkcje trzech tablic: tablicy sieciowej, tablicy sieciowo-agregatowej i tablicy obejściowej.

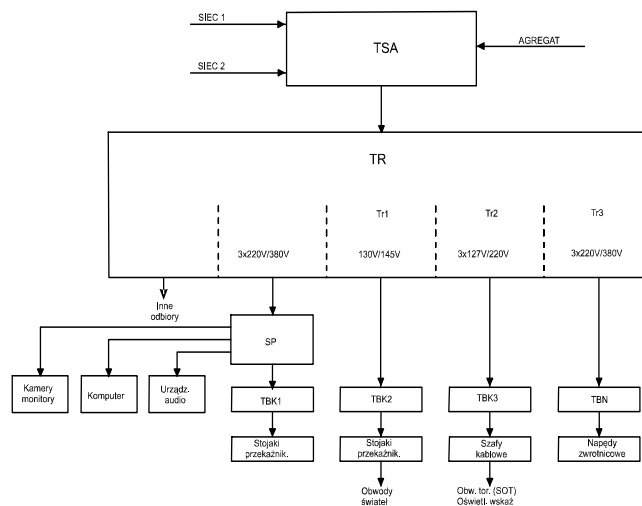
Zasilacz ZUS składa się ze stojaka zawierającego:

- tablicę TSSA i tablicę rozdzielczą TR wraz z transformatorami,
- stojaka przetwornic SP,
- tablicy kontrolnej TK. [3]



Rys. 6. Wygląd systemu zasilania ZUS o znacznie mniejszych gabarytach niż dotychczas eksploatowane na kolejach polskich urządzenia zasilające [3]

System ZUS zapewnia zasilanie stacyjnych urządzeń srk napięciem o prawidłowych parametrach pobierając energię z sieci energetycznej podstawowej, sieci energetycznej rezerwowej i agregatu stacjonarnego lub przewoźnego.



Rys. 7. Schemat blokowy rozdziału energii w urządzeniu ZUS: TSSA - tablica sieć-sieć-agregat; TR - tablica rozdzielcza; Tr1..3 - transformatory; SP - stojak przetwornic, zasilaczy i baterii akumulatorowych; TBK 1..3 - tablice bezpieczników kontrolnych; TBN - tablica bezpieczników nastawczych [6]

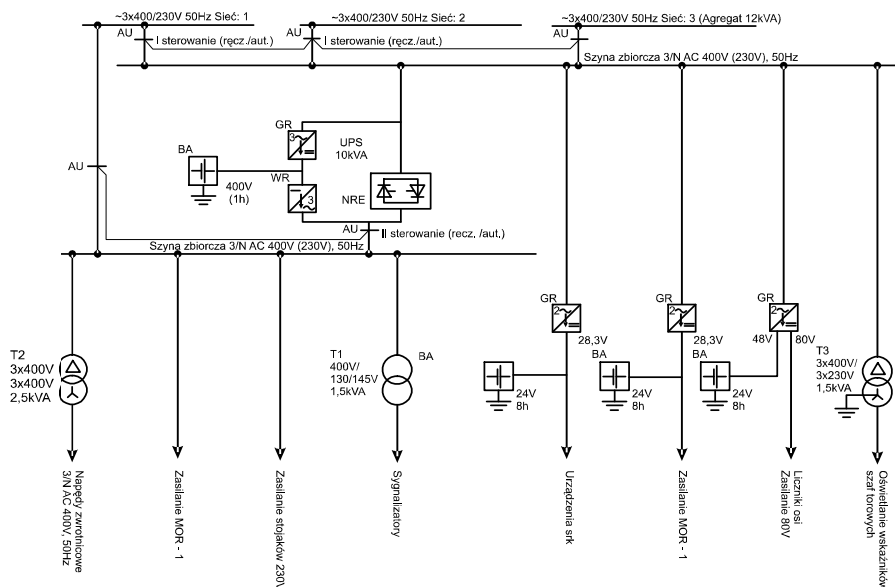
Rys. 7 przedstawia rozdział energii elektrycznej między poszczególnymi blokami funkcjonalnymi systemu ZUS.

3.1.1. Zasada działania urządzeń ZUS

Stanem zasadniczym pracy urządzeń ZUS-3 (wersja z dwoma sieciami i agregatem) jest stan, w którym urządzenia srk zasilane są z sieci podstawowej 3x400V.

W przypadku zaniku napięcia sieci następuje automatyczne załączenie kontrolowanej sterownikiem GS-98B sieci rezerwowej. Jeśli w ciągu 2 minut od powrotu napięcia sieci podstawowej nie zdarzy się powtórny jego zanik następuje przełączenie na zasilanie z sieci podstawowej. W przypadku, gdy przy zaniku napięcia w sieci podstawowej brak jest również napięcia w sieci rezerwowej następuje automatycznie załączenie agregatu. Po powrocie którejkolwiek sieci, po dwóch minutach następuje przełączenie zasilacza na powracającą sieć. Sieć podstawowa w zasilaczu ZUS-3 jest traktowana jako priorytetowa.

Automatyka zasilacza została tak zaprojektowana, aby urządzenia srk zasilane były z sieci podstawowej. Do szyny zbiorczej przyłączone są prostowniki pracujące buforowo z bateriami akumulatorów 24V i 48V, których zadaniem jest zapewnienie bezprzerwowego zasilania obwodów urządzeń srk. [6]



Rys. 8. Schemat ideowy systemu zasilania ZUS-3 (wariant z 2 sieciami i agregatem):
 T1..3 – Transformator, GR – Prostownik, BA – Bateria akumulatorów, AU – Stycznik,
 WR – Falownik, NRE – Obejście wewnętrzne [6]

W pozostałych obwodach wymagających dostarczenia napięcia jednofazowego 230V lub trójfazowego bezprzerwowo zasilanie jest zapewnione przez zasilacz awaryjny UPS pracujący w trybie on-line.

4. WNIOSKI

Rozpatrując jakiegokolwiek inwestycje w infrastrukturę, należy zastanowić się nad sposobem zapewnienia zasilania awaryjnego. Przykładowo, zapobieżenie nagłemu wyłączeniu zasilania urządzeń automatyki na przejeździe kolejowym jest konieczne, by nie wydarzył się tam wypadek tragiczny w skutkach. W przypadku przerwy w dostawie energii elektrycznej do urządzeń srk istnieje duże zagrożenie dla zdrowia lub życia ludzi korzystających z transportu kolejowego, pracowników i nawet osób postronnych.

Na sieci kolejowej zauważyć można stały wzrost liczby nowoczesnych systemów srk, których prawidłowa eksploatacja wymaga zasilania energią elektryczną o odpowiednich parametrach jakościowych. Poza nowoczesnym systemem Zasilacza Urządzeń Stacyjnych firmy Z.A. KOMBUD (Radom) produkowane są w Polsce również inne systemy zasilania urządzeń srk, m.in.: System Zasilania Urządzeń Stacyjnych SRK typu ELZAS (KZA Kraków), System Urządzeń Zasilających – MONAT (Gdańsk), Modułowy Uniwersalny System Zasilania typu MUSZ-1E (KZAiT Poznań), czy System zasilania typu SZUS (KZA Kraków). Systemy te posiadają możliwości prowadzenia ciągłej diagnostyki poszczególnych elementów składowych za pośrednictwem mikroprocesorowych kontrolerów.

Komputerowe i hybrydowe urządzenia stacyjne srk zasilane są najczęściej przez system zasilania bezprzerwowo z zasilacza UPS pracującego w trybie on-line (najbardziej wskazanymi są zasilacze awaryjne z podwójną konwersją).

Nowoczesne systemy zasilania urządzeń samoczynnej blokady liniowej eliminują potrzebę budowy linii kablowej – rezerwowej, natomiast ciągłość ich zasilania polega na zainstalowaniu w każdym kontenerze SAZ bezprzerwowych zasilaczy UPS 2000 zsynchronizowanych z siecią 50Hz.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Białoń A., Kazimierzczak A.: *Prace Centrum Naukowo-Technicznego Kolejnictwa. CNTK. Zeszyt 124.* Warszawa 1998.
- [2] Chrzan M., Kęska K., Łukasik Z.: *Lokalizacja pojazdów kolejowych. Systemy wykorzystujące techniki satelitarne oraz licznikowe systemy stwierdzania niezajętości torów i rozjazdów.* DROGI lądowe, powietrzne, wodne. MEDIA-PRO, Będzin 2009.
- [3] <http://www.kombud.com.pl/>
- [4] <http://www.transportszynowy.pl/>
- [5] Kornaszewski M., Łukasik Z., Sadowski P., Wojciechowski J.: *Wybrane problemy zasilania urządzeń srk w krajowym transporcie kolejowym.* Czasopismo LOGISTYKA 6/2008, Wydawnictwo Instytutu Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008.
- [6] Smolicki F., Łukowski K.: *Dokumentacja Techniczno-Ruchowa Zasilacza Urządzeń Stacyjnych ZUS.* Z.A KOMBUD S.A., Radom 2002.
- [7] Wojciechowski J., Olczykowski Z.: *Analiza pracy systemu zasilania trakcji w odniesieniu do odbiorców energii.* Prace Naukowe Politechniki Radomskiej. Transport Nr 2. Radom 2004.
- [8] Wojtyczka M.: *Nowe produkty KZAiT Sp. z o.o. Poznań.* Czasopismo „Technika Transportu Szynowego” (tts) nr 11/1998, EMI-PRESS, Łódź 1998.
- [9] Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym w przedsiębiorstwie Polskie Koleje Państwowe WTB-E10, Warszawa 1996.

-
- [10] Szychta E., Szychta L, and Kiraga K: Analytical Model of a Rail Applied to Induction Heating of Railway Turnouts, Communications in Computer and Information Science, Poland 2010, pp. 96-106, Springer ISBN 978-3-642-16471-2,
- [11] Luft M., Szychta E., Cioć R., and Pietruszczak D: Measuring Transducer Modelled by Means of Fractional Calculus, Communications in Computer and Information Science, Poland 2010, pp. 286-295, Springer ISBN 978-3-642-16471-2.