

*Sterowanie ruchem kolejowym, bezpieczeństwo, zasilanie awaryjne,
baterie akumulatorów, zasilacze bezprzerwowe UPS,
agregaty prądotwórcze*

Mieczysław KORNASZEWSKI¹
Jerzy WOJCIECHOWSKI²

PODSTAWOWE ŹRÓDŁA ZASILANIA AWARYJNEGO URZĄDZEŃ STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Przerwy w dostawie energii oraz zasilanie jakościowo odbiegające od przyjętych norm, to podstawowe mankamenty zagrażające poprawnej pracy urządzeń sterowania ruchem kolejowym (srk), a więc także bezpieczeństwu pasażerów. Potrzebne wartości napięć uzyskiwane są bezpośrednio z zasilającej sieci energetycznej, która poprzez system podstacji trakcyjnych dostarcza energię lub w przypadku awarii przez transformację napięcia zewnętrznego, np. z baterii akumulatorów ładowanych buforowo. W artykule skupiono się na podstawowych urządzeniach awaryjnego zasilania systemów srk, do których należą akumulatory, zasilacze UPS i agregaty prądotwórcze. Zaprezentowane zostały charakterystyki techniczne i funkcjonalne tych urządzeń.

PRIMARY SOURCES OF SUPPLY EMERGENCY OF RAILWAY TRAFFIC CONTROL DEVICES

Interludes in supply of energy and quality of power, which is different from accepted norms, are fundamental weaknesses, that threaten the good functioning of railway traffic control devices (rtc – railway traffic control) and safety of passengers. Needed values of voltages are obtained directly from the network of power, which thanks to a system of traction substation, supplying power or in case of failure by changing the external voltage, for example, the battery loaded of buffer. The article focuses on the basic devices of emergency power of railway traffic control systems, such as batteries and Uninterruptible Power Supply (UPS). Presented the technical and functional characteristics of these devices.

1. WSTĘP

Poprawność funkcjonowania urządzeń sterowania ruchem kolejowym, mających bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ludzi, zależy w dużej mierze od jakości i ciągłości zasilania ich energią elektryczną. Podzespoły systemów zasilających powinny być tak

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

² Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
tel: + 48 48 361-77-67, Fax: + 48 48 361-77-42, e-mail: j.wojciechowski@pr.radom.pl

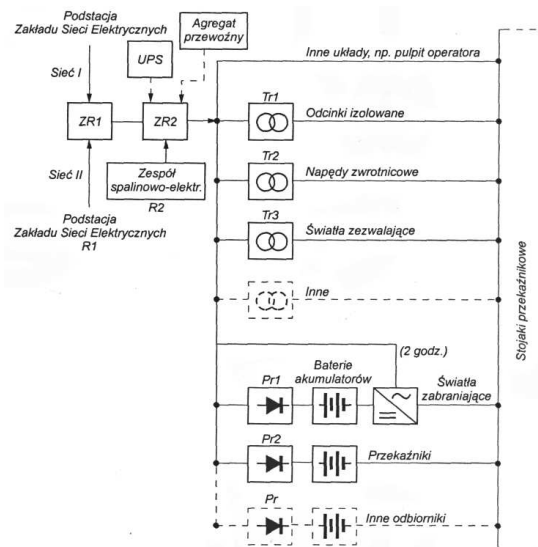
zbudowane, aby wymiana uszkodzonego elementu odbyła się w jak najkrótszym czasie, a zakłócenia w pracy urządzeń srk spowodowane uszkodzeniem tego elementu miały ograniczony zasięg. Niepoprawne działanie systemu zasilania spowodowane może być awariami w podstacjach trakcyjnych lub w systemie energetyki zawodowej.

Podstawowym źródłem zasilania stosowanym w kolejnictwie polskim jest sieć elektroenergetyczna, jednak bardzo istotnym elementem bezpieczeństwa jest zasilanie awaryjne, które zapewnia bezprzerwową pracę urządzeń przy braku zasilania z sieci [6, 9, 10].

Urządzenia srk wymagają doprowadzenia: (rys. 1)

- prądu przemiennego o napięciu 3x380/220V, które jest transformowane na inne wartości, jak 3x220V, 250V, 230V, 145V, 130V oraz 110V,
- prądu stałego o napięciu 24V do zasilania przekaźników,
- prądu stałego o napięciu 24V do zasilania przetwornic sygnałowych.

Napięcie stałe 24V uzyskuje się z dwóch różnych baterii akumulatorów, które pracują buforowo z prostownikami. [2]



Rys.1. Schemat blokowy zasilania urządzeń srk: ZR1, ZR2 – układy załączenia rezerwy, R1, R2 – układy rezerwowe, UPS – zasilacz stabilizowany [2]

Potrzebne wartości napięć uzyskiwane są bezpośrednio z zasilającej sieci energetycznej, przez transformację napięcia zewnętrznego lub z ładowanych buforowo baterii akumulatorów. Zewnętrzne źródło zasilania stanowi przyłącze energetyczne niskiego napięcia trójfazowego lub w szczególnych przypadkach jednofazowego.

2. BATERIE AKUMULATORÓW

Baterie akumulatorów są najbardziej znanymi i rozpowszechnionymi na świecie urządzeniami do gromadzenia energii. Mają one wielorakie zastosowanie w rezerwowym

zasilaniu kolejowych systemów sterowania ruchem. W akumulatorach zachodzą zmiany chemiczne powodujące wytworzenie się energii elektrycznej.

Do najbardziej rozpowszechnionych akumulatorów stosowanych jako źródło awaryjnego zasilania systemów srk należą akumulatory kwasowo-ołowiowe, zwane potocznie kwasowymi. Źródła zasilania tego typu można podzielić na dwie podgrupy:

- akumulatory kwasowo-ołowiowe klasyczne (z ciekłym elektrolitem),
- akumulatory kwasowo-ołowiowe VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) – regulowane zaworem o jednostronnym działaniu.

Akumulatory klasyczne kwasowo-ołowiowe obecnie produkuje się w trzech podstawowych typach różniących się konstrukcją płyt aktywnych.

Najlepszym współczynnikiem odniesienia parametrów do ceny charakteryzują się akumulatory z dodatnimi płytami pancernymi (OPzS). Współczesne akumulatory OPzS, odznaczają się długą żywotnością, natomiast parametrami elektrycznymi dorównują akumulatorom z dodatnimi płytami pastowanymi (OGi). Akumulatory z dodatnimi płytami wielkopowierzchniowymi z czystego ołowiu (GroE), ze względu na wysoką cenę, stanowią niewielki procent akumulatorów stosowanych do awaryjnego zasilania.

Do rezerwowego zasilania stacyjnych i liniowych systemów sterowania ruchem kolejowym stosowane są baterie akumulatorów VRLA. Mają jednak stosunkowo dużo wad. Okazuje się, że pracując w podwyższonej temperaturze ze starymi prostownikami bez kompensacji temperaturowej napięcia buforowego, baterie VRLA pracują nawet kilka razy krócej niż deklarują to producenci. [7]

2.1. Połączenia akumulatorów

Akumulatory kwasowo-ołowiowe wykorzystywane do awaryjnego zasilania systemów srk mogą być łączone w baterie (rys. 2).

Głównie stosowane jest ich połączenie szeregowe po to, aby uzyskać wymaganą wartość napięcia do zasilania urządzeń.

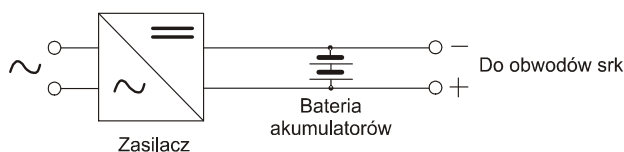


Rys. 2. Baterie akumulatorów kwasowo-ołowiowych

Równoległe połączenie akumulatorów jest stosowane, gdy zachodzi potrzeba zapewnienia ciągłości zasilania przez dłuższy czas. Takie połączenie powoduje zwiększenie wypadkowej pojemności baterii, która jest sumą pojemności każdego przyłączonego równoległe akumulatora. Tego typu połączenie akumulatorów nie może być

stosowane na stałe, ponieważ podczas ładowania takiej baterii, prąd ładowania nie rozdziela się jednakowo na poszczególne gałęzie i ogniwa.

Akumulatory w układach zasilania mogą pracować na dwa sposoby. Pierwszym z nich jest praca cykliczna, polegająca na rozładowaniu i ponownym ładowaniu baterii akumulatorów. Drugą możliwością jest praca z ciągłym doładowywaniem w układach zasilania rezerwowego. Nazywa się ją buforową i jest powszechnie stosowana do awaryjnego zasilania urządzeń srk (rys. 3). [8]



Rys. 3. Schemat układu zasilania buforowego

Do zasilania rezerwowego oprócz opisanych wyżej akumulatorów kwasowo-ołowiowych mogą być stosowane również akumulatory zasadowe. Nie mają one tak szerokiego zastosowania jak kwasowe.

3. UKŁADY ZASILANIA BEZPRZERWOWEGO UPS

Współcześnie stosowanym środkiem ułatwiającym, a w wielu przypadkach niezbędnym, budowę zasilania gwarantowanego kolejowych urządzeń srk są zasilacze bezprzerwowe nazwane UPS-ami (*Uninterruptible Power Supply*).

Zasilacz awaryjny umieszczany jest między pierwotnym źródłem zasilania, jakim jest sieć energetyczna, a zasilanym odbiornikiem. Przed UPS-em jest najczęściej zainstalowany zespół spalinowo-elektryczny (agregat prądotwórczy) jako alternatywne źródło zasilania, na które przełączana jest instalacja zasilająca po awarii głównego źródła zasilania.

UPS-y są przeznaczone do zasilania systemów srk wymagających bardzo dużej pewności zasilania. Instaluje się je przy urządzeniach nie mogących mieć przerwy w zasilaniu lub tam, gdzie taka przerwa może trwać określony krótki czas, najczęściej nie przekraczający 1 sek. [1]

3.1. Budowa i działanie typowego zasilacza UPS

Każdy zasilacz UPS zbudowany jest z takich podzespołów jak: prostownik, falownik, układ kontrolno-sterujący (zawierający m.in. szybkie przełączniki) i bateria akumulatorów.

Prostownik przekształca napięcie przemiennie z sieci podstawowej na napięcie stałe. Z kolei falownik przetwarza napięcie stałe na przemiennie o regulowanej wartości i częstotliwości. Po zaniku lub przekroczeniu dopuszczalnej tolerancji napięcia w sieci podstawowej falownik wykorzystuje baterie akumulatorów jako rezerwową zasobnik energii elektrycznej, przekształcając napięcie na przemiennie o parametrach potrzebnych do zasilania urządzeń. Głównym zadaniem układu kontrolno-sterującego jest kontrolowanie parametrów sieci i szybkie przełączanie dołączonego odbiornika z zasilania podstawowego na rezerwowe.

3.2. Podział zasilaczy awaryjnych UPS

Zasilacze awaryjne UPS ze względu na czas trwania przejścia z pracy zasadniczej do awaryjnej można podzielić na:

- zasilacze awaryjne *off-line*;
- zasilacze awaryjne *line-interactive* (rys. 4);
- zasilacze awaryjne *on-line*.

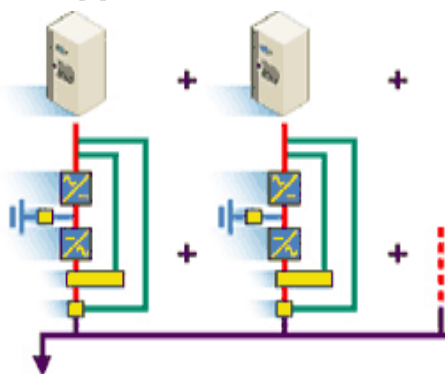


Rys. 4. Wygląd przykładowych zasilaczy *line-interactive* firmy ETA [5]

Jeżeli w warunkach pracy normalnej energia elektryczna do odbiornika jest dostarczana bezpośrednio z sieci, bez pośredniczenia układów przetwarzających, to jest to UPS o trybie pracy *off-line*. UPS-y tej konstrukcji o czasie przełączania powyżej 20 ms nie należy stosować do rezerwowego zasilania systemów komputerowych. Po zaniku lub wystąpieniu zakłóceniu napięcia w sieci komputery mogą się restartować, powodując utratę danych.

Zasada działania układów interaktywnych (*line-interactive*) polega na tym, że podczas pracy w stanie zasadniczym odbiory są zasilane bezpośrednio z sieci podstawowej poprzez transformator główny. Transformator ten pełni najczęściej podwójną rolę pracując w układzie prostownika ładującego akumulatory w trakcie pracy ze sprawną siecią zasilającą oraz w układzie falownika podczas awarii zasilania.

Trzecią odmianą zasilaczy awaryjnych UPS są układy o podwójnej konwersji typu *on-line*. W przypadku technologii *on-line* układ podłączony na wyjściu jest całkowicie odseparowany od napięcia wejściowego, działając na zasadzie podwójnego przetwarzania. Zmienne napięcie sieciowe przetwarzane jest na napięcie stałe w układzie prostownikowym, a następnie z tego stałego napięcia w układzie falownikowym jest wytwarzane napięcie zmienne. [5]



Rys.5. Schemat blokowy zasilacza awaryjnego UPS redundantnego

Odmianą zasilaczy awaryjnych UPS (głównie *on-line*) są zasilacze redundantne, to znaczy urządzenia z zagwarantowaną nadmiarowością mocy źródeł zasilania w porównaniu do mocy zasilanych odbiorników. Są to układy zwielokrotnione, w których jedna lub więcej gałęzi jest nadmiarowych (rys. 5). Wyposażone są w zespół falowników pracujących równolegle. W przypadku awarii którejś z jednostek UPS, pozostałe przejmują równomiernie część chronionego obciążenia przypadającego na uszkodzoną jednostkę. [5]

3.3. Wykorzystanie zasilaczy awaryjnych UPS na kolei

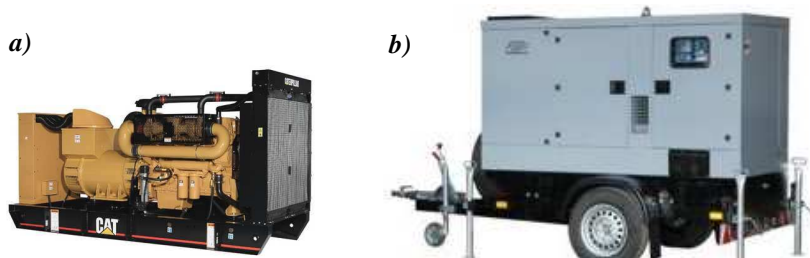
Urządzenia bezprzerwowego zasilania UPS dopiero od niedawna są wprowadzane do eksploatacji na kolei i wykorzystuje się je głównie do awaryjnego zasilania hybrydowych i w całości komputerowych systemów srk. Ich zadaniem jest wtedy niedopuszczanie do przerw w zasilaniu, mogących doprowadzić do wyłączeń komputerów, utraty i przekłamania danych lub uszkodzenia systemu zależnościowego.

W systemach tych wszystkie zależności, czyli warunki bezpiecznego prowadzenia ruchu kolejowego są realizowane przez układy mikroprocesorowe. Układy te są bardzo czułe i źle reagują na zakłócenia w zasilaniu, takie jak: zaniki napięcia, wahania napięcia, przepięcia atmosferyczne i łączeniowe, zakłócenia impulsowe, wahania częstotliwości, wahania amplitudy, odkształcenia, harmoniczne i szумы. Należy więc zapewnić zasilanie gwarantowane o parametrach nie przekraczających określonych ram tolerancji.

4. AGREGATY PRĄDOTWÓRCZE

W czasie długotrwałego braku napięcia w sieci podstawowej i jednoczesnego zasilania urządzeń srk o większych mocach nawet najlepsze akumulatory posiadają zbyt małą pojemność aby zapewnić zasilanie przez dłuższy czas. Z tego powodu do awaryjnego zasilania urządzeń srk wykorzystuje się także zespoły spalinowo-elektryczne (generatory prądotwórcze).

Urządzenia te są samodzielnymi źródłami energii elektrycznej składającymi się z prądnicy synchronicznej i napędzającego ją silnika spalinowego wysokopięnego, niekiedy turbiny gazowej. Zespoły spalinowo-elektryczne zapewniają ciągłość zasilania urządzeń srk przez czas od kilku godzin do kilku dni.



Rys.6. Przykład rozwiązania agregatu stacjonarnego (a) i na podwoziu jezdnym (b) [4]

Generatory prądotwórcze wykorzystywane do rezerwowego zasilania kolejowych urządzeń srk instalowane są jako zespoły stacyjne w pomieszczeniach siłowni na posterunkach ruchu lub mogą być urządzeniami przewoźnymi (rys. 6). Zespoły stacyjne są instalowane na stałych fundamentach w pomieszczeniach przykrytych dachem, przy czym

pełnią one funkcję agregatów rezerwowych. Zespoły te są wyposażone w samoczynne urządzenia do rozruchu, uruchamiające zespół w przypadku zaniku napięcia w sieci energetycznej i zatrzymujące zespół po ponownym pojawieniu się napięcia sieciowego. Zespoły stałe mogą mieć rozbudowany układ zasilania w paliwo, układ chłodzenia i podgrzewania, a praca ich może być całkowicie zautomatyzowana. Generatory prądotwórcze przewoźne transportowane są różnymi środkami lokomocji do miejsca gdzie nastąpił długotrwały zanik napięcia w sieci podstawowej, a zainstalowane tam źródła awaryjnego zasilania (np. baterie akumulatorów) nie są w stanie utrzymać zasilania urządzeń srk przez dłuższy czas. [4]

Do zasilania awaryjnego systemów srk oprócz zespołu spalinowo-elektrycznego wymagana jest obecność dodatkowego źródła zasilania rezerwowego przejmującego zasilanie urządzeń na czas potrzebny do uruchomienia agregatu i osiągnięcia przez niego wymaganych parametrów pracy. Takimi źródłami mogą być baterie akumulatorów pracujące buforowo, przetwornice, czy zasilacze awaryjne UPS.

Zespoły spalinowo-elektryczne dzielą się również ze względu na metodę ich uruchamiania na:

- agregaty uruchamiane ręcznie przez personel obsługi urządzeń srk,
- agregaty uruchamiane automatycznie po wykryciu zaniku napięcia w sieci.

5. WNIOSKI

Właściwości oraz warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać urządzenia rezerwowego zasilania, głównie w odniesieniu do pożądanego czasu gotowości, do przejęcia obciążenia bliskiego znamionowemu oraz przewidywanego czasu pracy tych urządzeń są bardzo zróżnicowane.

Wykorzystywane na kolei systemy zasilania awaryjnego są zbudowane w dwóch podstawowych technologiach: statycznej i dynamicznej. Technika statyczna opiera się na wykorzystaniu jako źródła rezerwowego zasilania baterii akumulatorów i urządzeń półprzewodnikowych (przetwornic, UPS-ów). Urządzenia tego typu mają zastosowanie do zapewnienia ciągłości dostawy energii podczas krótkich przerw od kilku milisekund do kilku godzin. Do podtrzymania zasilania przy długotrwałym zaniku sieci podstawowej stosuje się rozwiązania dynamiczne, na bazie silnika spalinowego i prądnicy synchronicznej.

Z przepisów przyjętych na kolejach polskich wynika, że baterie akumulatorów do zasilania przetwornic oraz zasilania przekaźników prądem stałym muszą zapewnić ich pracę przez 1 godzinę. Akumulatory te w miarę możliwości powinny być bezobsługowe. Natomiast w przypadku zasilania z baterii akumulatorów np. urządzeń samoczynnej blokady liniowej czas ten wynosi odpowiednio 2 godziny przy agregacie stałym i 5 godzin przy agregacie przewoźnym. [3]

Zasilacz awaryjny UPS jest przede wszystkim bezprzerwowym źródłem rezerwowego zasilania. W odróżnieniu od generatora prądotwórczego wymagającego czasu na rozruch po zaniku napięcia, zasilacz UPS zapewnia ciągłość dostawy energii bez jakiegokolwiek przerwy. Ta cecha wyróżnia go od innych wtórnych i alternatywnych źródeł zasilania.

Pewność zasilania awaryjnego można zwiększyć poprzez wprowadzenie równoległego łączenia zasilaczy UPS (redundancję) lub stosując tzw. szybkie łączniki bezstykowe. Pozwalają one na zachowanie ciągłości pracy urządzeń nawet najbardziej czułych na przerwy w zasilaniu.

Obecnie eksploatowane na kolei agregaty spalinowo-elektryczne starszych typów są zastępowane przez nowoczesne, gwarantujące mniejsze zużycie paliwa, z układami automatycznej regulacji prędkości obrotowej i synchronizacji z siecią zewnętrzną.

W najnowszych mikroprocesorowych układach sterowania pracą agregatów prądotwórczych instalowane są czujniki mierzące ciśnienie i temperaturę powietrza wlotowego, temperaturę spalin, stukot cylindrów silnika, elektryczną moc wyjściową, obroty silnika, ustawienie zapłonu i inne parametry. Oprócz centralnego mikroprocesora sterującego, silnik może być wyposażony w moduł kontroli temperatury, inteligentny zawór paliwowy oraz inteligentną przepustnicę, które wysyłają dane zwrotne do sterownika centralnego.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Ciszewski T., Olczykowski Z.: *Jakość i bezpieczeństwo zasilania serwerów*. Prace Naukowe Elektryka Nr 1 (9) 2005, Politechnika Radomska 2005.
- [2] Dąbrowa-Bajon M.: *Podstawy sterowania ruchem kolejowym. Funkcje, wymagania, zarys techniki*. Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
- [3] Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym w przedsiębiorstwie Polskie Koleje Państwowe WTB-E10, Warszawa 1996.
- [4] <http://www.agregat.pl/>
- [5] <http://www.ups.hg.pl/>
- [6] Kornaszewski M., Łukasik Z., Sadkowski P., Wojciechowski J.: *Wybrane problemy zasilania urządzeń srk w krajowym transporcie kolejowym*. Czasopismo LOGISTYKA 6/2008, Wydawnictwo Instytutu Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008.
- [7] Łęgosz Z.: *Parametry techniczne kwasowych ogniw baterii akumulatorów*. Czasopismo WIADOMOŚCI ELEKTROTECHNICZNE, Zeszyt nr 7-8, Wydawnictwo SIGMA-NOT, Warszawa 2005.
- [8] Mikulski A., Tajer T.: *Maszyny i urządzenia elektryczne w automatyce srk*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1988.
- [9] 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.
- [10] 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.