

Jacek Jastrzębski

Modernizacja tramwajowej stacji prostownikowej „1 Maja” w Łodzi

W artykule przedstawiono zakres modernizacji stacji prostownikowej „1 Maja” w Łodzi, przeprowadzonej w latach 2007–2008 przez łódzką spółkę ELESTER-PKP.

Pierwsza część artykułu zawiera dokładny opis oryginalnych rozwiązań technicznych z 1959 r. W drugiej części przedstawiono szczegółowy opis techniczny zmodernizowanego obiektu, pokazujący aktualne standardy w zakresie modernizacji stacji prostownikowych komunikacji miejskiej.

Historia stacji prostownikowej

Stacja prostownikowa trakcyjna przy ulicy 1 Maja w Łodzi zbudowana została w 1959 r., na podstawie dokumentacji opracowanej



Budynek stacji prostownikowej przed remontem



Hala główna podstacji przed przebudową

przez łódzki „Elektroprojekt”. Zastosowane rozwiązania techniczne były identyczne jak na stacji Przechodnia. Budynek podstacji zaprojektowano jako parterowy o dwóch poziomach stropodachu. W części wysokiej budynku znajdowała się hala prostownikowo-rozdzielcza i komory transformatorów prostownikowych. W części niskiej zlokalizowano pomieszczenie nastawni, dyżurkę oraz pomieszczenia sanitarne i gospodarcze.

Stacja zasilana była napięciem 6 kV, kablem 120 mm² ze stacji transformatorowej 30/6/3 kV przy ul. Łąkowej 9. Zasilaniem rezerwowym, o ograniczonym poborze mocy, była wcinka w istniejący kabel 150 mm², biegnący ulicą 1 Maja. Należy mieć na uwadze, że napięcie 6 kV było uważane w latach 50. XX w. za stosunkowo wysokie – równolegle funkcjonowała bowiem sieć o napięciu 3 kV. Pomimo częściowej automatyzacji sterowania pracą urządzeń stacja wymagała stałej obsługi ruchowej, głównie ze względu na kłopotliwe w eksploatacji i wymagające nadzoru prostowniki ręczne, a także brak na rynku krajowym urządzeń sterowania zdalnego dla tego typu obiektów. W związku z tym podstacja została przystosowana do wygodnej i bezpiecznej obsługi lokalnej z pomieszczenia nastawni – wszystkie sterowniki, mierniki i przekaźniki sygnalizacyjne zgrupowano na centralnej tablicy.

Rozdzielnica 6 kV wykonana została jako przyścienna i składała się z 8 celek. Pole dopływu podstawowego i rezerwowego (dwukablowe) wyposażono w odłączniki wewnętrzne OW3A6/4 na prąd znamionowy 400 A, a pole sprzęgła w rozłącznik OM12 na prąd 200 A. Pole pomiaru wyposażone zostało w przekładniki prądowe JT6 (komplet dwufazowy i trójfazowy), a także suche przekładniki napięciowe US6 w układzie „V”, przyłączone do szyn SN przez odłącznik OW3A6/4 i bezpieczniki przekładnikowe PBRTW6. Pierwszy komplet przekładników służył do pomiaru rozliczeniowego energii w układzie Arona, drugi zaś – do zasilania transformatora (przekładnika) nasyceniowego. Pola zespołów prostownikowych wyposażono w odłączniki OW3A6/4, przekładniki prądowe JT6 i wyłączniki małoolejowe WMGP-II-6/6/2 produkcji krajowej. Wyłączniki te miały napędy pneumatyczne N87 na ciśnienie 5 atm. oraz cewki wybijakowe na napięcie 100 i 220 V prądu przemiennego. Źródłem sprężonego powietrza dla wyłączników mocy był agregat sprężarkowy US2 ze zbiornikiem 150 l, umieszczony na hali obok rozdzielnicy. Pole transformatora potrzeb własnych wyposażono w odłącznik OW3A6/4 i bezpieczniki wielkiej mocy PDM 10/10. Należy pamiętać, że w latach 50. XX w. inżynierowie „Elektroprojektu” nie dysponowali katalogiem gotowych rozdzielnic SN – każda rozdzielnica musiała zostać zaprojektowana od podstaw. Wiązało się to między innymi z koniecznością wykonania rysunku każdego elementu konstrukcyjnego rozdzielnicy, a także przeprowadzenia żmudnych obliczeń wytrzymałościowych na sily zwarciowe.

Możliwości produkcyjne polskiego przemysłu elektrotechnicznego lat 50. oraz ówczesna myśl techniczna narzuciły zastosowanie na stacji trzech przestarzałych już wtedy, krajowych

zespołów prostownikowych, złożonych z transformatora prostownikowego TONZ3/6-832/10, dławika wyrównawczego DZON1-200/1 oraz dwóch 6-anodowych prostowników ręciovych typu PR-06c ze wspólną szafą sterowniczą. Moc znamionowa pojedynczego zespołu wynosiła 720 kW przy napięciu 600 V i prądzie 1200 A oraz przeciążalności typowej dla prostowników ręciovych w naczyniach metalowych. Transformator prostownikowy (olejowy) o przekładni $6000 \pm 5/6 \times 565$ V i mocy 832 kVA miał uzwojenie wtórne połączone w gwiazdę 6-fazową z dławikiem wyrównawczym, umieszczonym w osobnej kadzi. Z zacisków uzwojenia strony dolnej transformatora zasilane były dwa prostowniki PR-06c umieszczone na hali podstacji. W celu zapewnienia równomiernego obciążenia pracujących równolegle naczyń zastosowano dławiki anodowe TDA-2. Produkowane od 1950 r. żelazne prostowniki ręciove PR-06 były typem konstrukcyjnie przestarzałym, wyposażonym w kompletny układ pomp próżniowych: olejową pompę próżni wstępnej oraz ręciovą pompę dyfuzyjną. Uszczelnienia przepustów anod głównych i pomocniczych były nierozbieralne, a jedynym rozbieralnym złączem próżnioszczelnym było połączenie katody ze zbiornikiem kondensacyjnym. Łuk wzbudzenia utrzymywany był w układzie 3-fazowym, a zapłon prostownika następował z wykorzystaniem urządzenia wytryskowego. Chłodzenie prostownika zapewniał aluminiowy wentylator osiowy, umieszczony w dolnej części blaszanej osłony. Intensywność chłodzenia była uzależniona od obciążenia prostownika. Do regulacji obrotów wentylatora wykorzystano transduktor dobrany w taki sposób, że intensywne chłodzenie prostownika rozpoczynało się przy obciążeniu około 200 A. Podstawowym zabezpieczeniem zespołu prostownikowego od zwarć i przeciążeń były przekaźniki nadprądowe – czasowe, o charakterystyce zależnej typu RJz-101. W przypadku zwarć i związanych z nimi zapadów napięcia pomocniczego 220 V źródłem energii niezbędnej do otwarcia wyłącznika 6 kV zespołu był transformator nasyceniowy, generujący napięcie ok. 100 V. W przypadku przeciążeń, gdy napięcie generowane przez przekładnik nasyceniowy mogło być zbyt niskie, wyłączenie następowało napięciem 220 V poprzez przekaźnik RU-222 z cewką na 42 V. Zabezpieczenie prostownika PR-06c od skutków zapłonów wstecznych było wykonane za pomocą szybkich wyłączników anodowych prądu przemiennego, w odróżnieniu od prostowników PR-06, wyposażonych w bezpieczniki anodowe i produkowanych od 1962 r. prostowników PRB-06, wyposażonych w blokadę siatkową. Wyłączniki anodowe, w liczbie 12 szt. na zespół, zabudowane zostały na szafach prostownikowych. Zadziałanie dowolnego z nich pociągało za sobą otwarcie wyłącznika zespołu po stronie 6 kV. Zespół prostownikowy wyposażony był także w komplet zabezpieczeń technologicznych, działających na wyłączenie lub sygnalizację (przekaźnik Buchholtza i termometr stykowy transformatora, zabezpieczenia temperaturowe naczyń prostownikowych, przekaźniki nadzorujące pracę obwodu wzbudzenia i pomp próżniowych).

Analogicznie, jak w przypadku rozdzielnic SN, inżynierowie „Elektroprojektu” byli zmuszeni zaprojektować od podstaw całą rozdzielnicę 600 V. Wykonano ją jako przyścienną, 11-półową, z celkami zamykanymi drzwiami siatkowymi. Z elektrycznego punktu widzenia rozdzielnica składała się z części katodowej (1 celka kabli powrotnych, 1 celka doptywów katodowych z prostowników), części wspólnej (1 celka obciążenia podstawowego i próby linii) oraz części anodowej (2 celki doptywów anodowych z dławików, 5 celek zasilaczy trakcyjnych, 1 celka wyłącznika re-



Rozdzielnica 6 kV z wyłącznikami WMRWS



Transformator prostownikowy i dławik wyrównawczy

zerowego). Pole kabli powrotnych i pole doptywów katodowych (plusowych) połączone ze sobą pojedynczą szyną i wyposażono w boczniki oraz amperomierze kontrolne (odłączniki „+” prostowników umieszczono na ich ramach). Pole obciążenia podstawowego zawierało układ próby linii złożony ze stycznika N-107-III-100A, rezystora żeliwnego 10Ω i układu pomiaru napięcia próby, w którego skład wchodził opornik drutowy 2500Ω , opornik suwakowy 900Ω , bezpiecznik 2 A oraz przekaźnik napięciowy RA-001 z cewką na 110 V DC. Ponadto w celce obciążenia podstawowego zainstalowano zespół urządzeń, wymuszających przepływ prądu magnesującego rdzenie dławików wyrównawczych przy małym obciążeniu, w którego skład wchodził opornik żeliwny 100Ω , stycznik N-107-III-40A i bezpiecznik 10 A. Układ

ten miał na celu likwidację podskoku napięcia przy biegu jałowym, charakterystycznego dla zespołów prostownikowych z uzwojeniami DN transformatora skojarzonymi przez dławik. Wszystkie obwody umieszczone w celce obciążenia podstawowego przyłączone zostały do szyny głównej (-) poprzez jeden wspólny odłącznik OW1A1/4 na prąd 400 A. Część anodowa (minusowa) rozdzielnicy wyposażona została w pojedynczą, niesekcjonowaną szynę zbiorczą i szynę obejściową. Układ ten pozwalał na zastąpienie wyłącznikiem rezerwowym dowolnego zasilacza trakcyjnego. Pola dopływów anodowych wyposażone były w odłączniki OW1B1/10 na prąd 1000 A (ze względu na obciążalność styków zastosowano po dwa odłączniki na jeden dopływ). Pola zasilaczy trakcyjnych oraz wyłącznika rezerwowego wyposażono w wyłączniki szybkie RPM 1000 produkcji krajowej. Konstrukcja tych aparatów opracowana została przez pracowników naukowych Politechniki Gdańskiej – Mieczysława Rodkiewicza i Przemysława Pazdro. Jako ciekawostkę należy zaznaczyć, że wyłączniki RPM 1000 nie były produkowane nigdy na skalę przemysłową – około 100 takich aparatów zostało wykonanych w warsztacie Katedry Napędu i Trakcji Elektrycznej PG. Wyłączniki RPM 1000 sterowane były napięciem 600 V prądu stałego, a więc odpadały samoczynnie przy zaniku napięcia wyprostowanego. Do pomiaru prądu poszczególnych zasilaczy zastosowano transduktory. Ponadto pola zasilaczy wyposażone były w odłączniki kablowe, szynowe i obejściowe typu OW1B1/10, odłączniki obwodów pomocniczych WN typu OW1A1/4 oraz styczniki cewek załączających WS typu N-107-III-40A. Wszystkie odłączniki w rozdzielnicy 600 V przystosowane były do obsługi za pomocą drążka izolacyjnego. Stany WS poszczególnych zasilaczy odwzorowywały czerwone i zielone lampki sygnalizacyjne na konstrukcji celki. Zasadniczym zabezpieczeniem rozdzielni prądu stałego i sieci trakcyjnej przed skutkami zwarć i przeciążeń były wyzwalacze pierwotne wyłączników szybkich. Zasilacze trakcyjne wyposażone zostały w automatykę samoczynnego powtórnego załączenia. Każde załączenie WS poprzedzane było działaniem automatyki próby linii, kontrolującej stan izolacji i zapobiegającej załączeniu wyłącznika na zwarcie. Ochrona stacji od zwarć doziemnych w obwodach 600 V zrealizowana została za pomocą przekaźnika kontrolującego napięcie między szyną (+) i ziemią, działającego na otwarcie wyłączników 6 kV wszystkich zespołów prostownikowych.



Rozdzielnica 600 V z wyłącznikami szybkimi WSe

Potrzeby własne prądu zmiennego 380/220 V stacji zasilane były z olejowego transformatora potrzeb własnych TOc-50/10 o przekładni 6/0,4 kV i mocy 50 kVA, umieszczonego w celce rozdzielnicy średniego napięcia. Zasilanie rezerwowe stanowiła linia niskiego napięcia z sieci miejskiej. Wybór między zasilaniem podstawowym i rezerwowym odbywał się za pomocą ztablicowego przełącznika mocy PZ-200. Rozdzielnicę 380/220 V wykonano jako pierwsze pole tablicy sterowniczej w nastawni. Stacja nie miała napięcia gwarantowanego 220 V=, ani automatyki SZR na dopływach 380/220 V.



Tablica sterownicza w pomieszczeniu nastawni

Pod koniec lat 70. stacja prostownikowa poddana została modernizacji oraz rozbudowie, związanej między innymi z uruchomieniem w 1978 r. komunikacji tramwajowej na Al. Włókniarzy. W rozdzielni SN wyłączniki WMGP-II/6/6/2 z napędem pneumatycznym zastąpiono przez wyłączniki WMRWS-15/6/3 ze zbrojeniem elektrycznym. Pozwoliło to na likwidację instalacji sprężonego powietrza i agregatu sprężarkowego. Prostowniki rtęciowe zastąpiono krzemowymi PK-09/0,66, pracującymi w układzie 6-fazowym jednokierunkowym, bez zmiany transformatora (po dwa prostowniki na zespół). Zlikwidowano dławiki i wyłączniki anodowe. W rozdzielnicy 600 V zlikwidowano pola kabli powrotnych, dopływów katodowych oraz celkę obciążenia podstawowego, zabudowując w pomieszczeniu nastawni szafę kabli powrotnych nowego typu i przenosząc rezystor próby linii do kanału kablowego. Pozyskaną w ten sposób przestrzeń, a także miejsce po zlikwidowanej sprężarce, wykorzystano do zwiększenia liczby zasilaczy trakcyjnych z 5 do 9. Wyłączniki szybkie RPM 1000 po blisko 20 latach eksploatacji zastąpiono wyłącznikami WSe, dostarczonymi przez zakłady APENA z Bielska Białej. W la-

tach 80. podjęto pierwsze próby przystosowania stacji „1 Maja” do zdalnego sterowania z wykorzystaniem urządzeń ZTT (Zestaw Telemechaniki Tonalnej) z Zakładów Radiowych im. M. Kasprzaka w Warszawie. Pozwoliło to niebawem na likwidację stałej obsługi (dyżurów). W drugiej połowie lat 90. uruchomiono w MPK Łódź system zdalnego sterowania stacji prostownikowych, dostarczony przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Automatyki i Urządzeń Precyzyjnych. System oparty był na sterownikach MMT, MMR i radiotelefonach ERICSON. Jako medium transmisji danych wykorzystano nową generację systemu EDACS. Sterowanie pracą podstacji trakcyjnych, w tym stacji „1 Maja”, odbywało się z Centralnej Dyspozytorni w Zakładzie Torów i Sieci przy ulicy Dąbrowskiego 23.



Wyeksploatowane prostowniki PK-09/0,66

Modernizacja

Stacja prostownikowa „1 Maja” pełni ważną funkcję w układzie zasilania trakcji tramwajowej w MPK Łódź. Obszar zasilania stacji obejmuje ulicę Legionów i ulicę Zieloną od skrzyżowań z ulicą Gdańską do pętli „Towarowa”, ulicę Cmentarną i Srebrzyńską do pętli „Koziny”, a także półkilometrowy odcinek alei Włókniarzy. Potrzeba modernizacji obiektu wynikała z nacisku ze strony Łódzkiego Zakładu Energetycznego na Zarząd Dróg i Transportu w sprawie zmiany napięcia zasilającego stację z poziomu 6 kV (likwidowanego przez ŁZE) do poziomu 15 kV. Okolicznością sprzyjającą decyzji o modernizacji był także niezadowolający stan techniczny urządzeń podstacyjnych, z których wiele eksploatowanych było przez prawie 50 lat. Nie bez znaczenia była również konieczność ograniczenia zakłóceń, emitowanych przez prostowniki 6-pulsowe i kable zasilaczy, zaburzających pracę urządzeń RTV u okolicznych mieszkańców. Ostatecznie 14 lipca 2005 r. Zarząd Dróg i Transportu w Łodzi ogłosił przetarg na opracowanie dokumentacji, a 17 września 2007 r. – na roboty budowlane pod nazwą *Przebudowa stacji prostownikowej przy ul. 1 Maja w Łodzi*. Zadanie to obejmowało swoim zakresem remont budynku i wymianę wyposażenia technologicznego. Zgodnie z wymaganiem inwestora modernizacja stacji miała zostać wykonana w ruchu ciągłym, przy zasilaniu całego obszaru zasilania co najmniej jednym zespołem prostownikowym. Zadania tego podjęła się firma ELESTER-PKP z Łodzi. Prowadzącym temat i kierownikiem budowy z ramienia ELESTER-PKP został Piotr Gawroński, do niedawna



Budynek stacji prostownikowej po remoncie

pracownikiem Zakładu Torów i Sieci łódzkiego MPK. Zamówienie opiewało na kwotę 4,8 mln zł.

Przebudowa stacji składała się z robót budowlanych i elektroenergetycznych, prowadzonych równolegle i wzajemnie uzależnionych. Prace budowlane obejmowały kompleksowy remont pomieszczeń technologicznych i pomocniczych, komór transformatorowych, a także elewacji i dachu budynku (uzupełnienie ubytków tynku, wymiana drzwi, renowacja stolarki okiennej i siatek antywłamaniowych, odbudowa rampy, malowanie). Zlikwidowano niepotrzebne okna przepustowe między komorami transformatorów i halą główną, a także pozostałe okna w tym pomieszczeniu. Posadzki wymalowano farbą chlorokauczkową o własnościach niepylących. Wymieniono instalację elektryczną i rozdzielnicę instalacyjną, wyposażając budynek stacji w instalację oświetlenia awaryjnego, zasilaną napięciem gwarantowanym 220 V=. Wprowadzono zmiany w systemie ogrzewania i wentylacji, obejmujące likwidację kanałów wentylacyjnych, zabudowę elektrycznie sterowanych żaluzji oraz dwóch nowych wentylatorów wyciągowych w naświetlach dachowych. Ogrzewanie pomieszczeń zrealizowano za pomocą grzejników panelowych z indywidualnymi termostatami. W ramach przystosowania obiektu do montażu nowego wyposażenia technologicznego wykonano konstrukcje pod urządzenia oraz podłogę dystansową na podporach stalowych. Zastosowanie podłogi technologicznej (podwyższonej) jest korzystne z punktu widzenia ewentualnej przyszłej rozbudowy lub modernizacji obiektu.

Zasadniczą zmianą w układzie elektrycznym stacji była zmiana napięcia zasilającego z 6 kV na 15 kV. Zasilanie stacji po przebudowie stanowią dwie wydzielone linie kablowe 15 kV o przekroju 120 mm², wyprowadzone ze stacji transformatorowych na ul. Więckowskiego 81 (zasilanie podstawowe) i ul. Żeligowskiego 7/9 (zasilanie rezerwowe). Zmiana ta uprościła znacznie współpracę służb ruchowych (dyspozytorskich) MPK i ŁZE, ograniczając między innymi konieczność dokonywania awaryjnych przełączeń w stacji przez pracowników ŁZE. Ponadto nowy układ zasilania zapewniał znacznie większą moc zwarciovą na szynach 15 kV stacji prostownikowej, wpływając korzystnie na jej charakterystykę zewnętrzną i ograniczając spadki napięcia w sieci trakcyjnej.



Grzejniki panelowe i elektrycznie sterowane żaluzje



Transformator potrzeb własnych w obudowie IP23



Rozdzielnica 15 kV z zabezpieczeniami megaMUZ

Na stacji „1 Maja” zastosowano nowoczesną, pełnoprzemysłową rozdzielnicę 15 kV w izolacji powietrznej typu MultiCell firmy JM-Tronik. Rozdzielnica wykonana została jako 7-polowa z pojedynczym, niesekcjonowanym układem szyn zbiorczych. W skład rozdzielnicy wchodzi 2 pola zasilające, 1 pole pomiaru, 3 pola zespołów prostownikowych i 1 pole potrzeb własnych. Pola wyłącznikowe wykonano jako dwuczłonowe i wyposażono w wyłączniki próżniowe SN typu VC-1. Człony ruchome pól wyłącznikowych (wózki) wyposażono w napędy elektryczne. Sterowanie zdalne napędami wózków będzie możliwe w przyszłości (po modernizacji systemu nadzoru dyspozytorskiego) i wpłynie korzystnie na zwiększenie operatywności dyspozytora w zakresie przygotowania miejsca pracy dla brygad konserwacyjnych. Podziałka rozdzielnicy wynosi 650 mm. W celu ujednoczenia szerokości celek pole transformatora potrzeb własnych wyposażone zostało w wyłącznik mocy zamiast rozłącznika, wymagającego podziałki 800 mm.

Nową rozdzielnicę SN charakteryzuje ponadto wysoki poziom bezpieczeństwa obsługi dzięki zastosowaniu elektronicznych przekaźników blokady łączeniowej PB firmy ENERGETEST (ze wskaźnikami napięcia), a także szeregu blokad mechanicznych i uzależnień elektrycznych. Pola zespołów prostownikowych wyposażono w zabezpieczenia cyfrowe typu megaMUZ-TR firmy JM-Tronik oraz przekaźniki cyfrowe miniMUZ-RT tego samego producenta, pełniące funkcję rezerwowych zabezpieczeń nadprądowych. Do obsługi pozostałych pól rozdzielnicy wykorzystano sterownik CZAT 3000plus firmy ELESTER-PKP, wyposażony w niezbędną liczbę modułów wejść i wyjść. Realizuje on ponadto automatykę SZR na dopływach 15 kV.

Zmodernizowana stacja wyposażona została w trzy klasyczne zespoły prostownikowe złożone z suchych, trójzwojowych transformatorów prostownikowych TzM3T-1200/15 produkcji AREVA T&D w Mikołowie oraz prostowników diodowych PD-12/0,8dd dostarczonych przez tódzki WOLTAN. Transformator prostownikowy ma moc 1200 kVA, układ połączeń Yd11y0 i przekładnię 15,75 / 0,525 / 0,525 kV. Regulacja napięcia na szynach 660 V stacji odbywa się w stanie beznapięciowym, po stronie GN, w zakresie $+4 \times 2,5\%$ i $-2 \times 2,5\%$. Napięcie zwarcia transformatora w kierunku obu uzwojeń prostownikowych wynosi 11% i jest typowe dla tego typu jednostek. Prostownik trakcyjny składa się z dwóch mostków trójfazowych, połączonych równolegle po stronie prądu stałego i współpracujących z różnymi uzwojeniami transformatora zespołu. Zastosowany układ zapewnia 12-fazową pulsację napięcia wyprostowanego. Zarówno transformatory, jak i prostowniki wyposażono w skuteczną ochronę przepięciową oraz zabezpieczenia technologiczne (czujniki temperatury i termostaty). Prąd znamionowy zespołu po stronie 660 V wynosi 1200 A w V klasie przeciążalności według IEC 146. Pozwala to na trwałe obciążenie stacji „1 Maja” mocą na poziomie 2,4 MW, co z dużą rezerwą wystarcza na pokrycie bieżącego i prognozowanego zapotrzebowania.

W ramach przebudowy stacja „1 Maja” otrzymała nowoczesną, wolnostojącą rozdzielnicę prądu stałego 660 V typu RPSplus, dostarczoną przez GE Power Controls Sp. z o.o. z Bielska Białej. Jest to rozdzielnica powietrzna, dwuczłonowa z wyłącznikami szybkimi BWS 2000 A 660 V w wykonaniu wysuwym. Człony ruchome pól wyłącznikowych (wózki), odłączniki obejściowe i odłączniki zespołów prostownikowych wyposażono w elektryczne napędy silnikowe. Analogicznie jak w przypadku rozdzielnicy



Transformator prostownikowy TZM3T-1200/15



Prostownik PD-12/0,8dd firmy WOLTAN

15 kV sterowanie zdalne tych napędów możliwe będzie po modernizacji systemu nadzoru dyspozytorskiego. Rozdzielnica składa się z 14 pól o podziatce 750 mm, w tym: 9 pól zasilaczy trakcyjnych, 1 pola wyłącznika rezerwowego, 3 pól zespołów prostownikowych oraz 1 pola kabli powrotnych. Zasilacze trakcyjne wyposażone są w indywidualne układy próby linii, zapewniające szybką odbudowę zasilania sieci trakcyjnej. Do ochrony ludzi i urządzeń przed skutkami zwarć doziemnych po stronie 660 V i uszkodzeń szynowej sieci powrotnej zastosowano elektroniczne zabezpieczenie ziemnozwarciowe EZZ, zabudowane w celce kabli powrotnych RPS. Produkowane przez ELESTER-PKP urządzenie EZZ stanowi fundament ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej w otoczeniu trakcji elektrycznej prądu stałego i jest szeroko rozpowszechnione także na podstacjach trakcyjnych PKP. Dodatkowo w polach zespołów prostownikowych umieszczone zostały potrzeby własne 400/230 V prądu przemiennego, 220 V prądu stałego, sygnalizacja centralna oraz komputerowy terminal podstacyjny z ekranem dotykowym. Rozdzielnica prądu stałego 660 V wyposażona została w system automatyki rozproszonej SAT-CZAT, dostarczony przez ELESTER-PKP i szeroko rozpowszechniony również w trakcji kolejowej. W skład systemu wchodzi sterowniki CZAT 3000plus zainstalowane w polach zespołów prostownikowych, zasilaczy trakcyjnych, wyłącznika rezerwowego i potrzeb własnych. Każdy sterownik CZAT 3000plus wyposażony jest w indywidualny zasilacz, ochronnik przeciwprzepięciowy i odpowiednią liczbę modułów wejść/wyjść. Do pomiaru napięć i prądów w obwodach WN wykorzystano przetworniki HVM, zasilane z napięcia mierzonego i komunikujące się z jednostką centralną sterownika za pomocą światłowodu. Rozwiązanie to zapewnia całkowitą separację obwodów wysokiego i niskiego napięcia, wykluczając możliwość przeniesienia potencjału 660 V do obwodów wtórnych stacji. Do pomiaru napięcia na szynach 660 V i obciążenia sumarycznego zastosowano przetwornik HVM z bocznikiem na szynie „+”. Jako ciekawostkę należy dodać, że specjalnie na potrzeby MPK Łódź firma Elester-PKP opracowała nową gamę przetworników HVM (symbole HVMR i HVMRP), przystosowanych do pracy w układach zasilania o odwrotnej polaryzacji napięcia (uszyiony biegun „+”). Zastosowane w rozdzielni prądu stałego sterowniki CZAT 3000plus oprócz funkcji sterowniczych realizują także rozmaite funkcje zabezpieczeniowe



Rozdzielnica 660 V z automatyką CZAT 3000plus

obwodów 660 V, takie jak zabezpieczenie stromościowe od zwarc odległych (di/dt), zabezpieczenie pod- i nadnapięciowe czy zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne o charakterystyce zależnej ($I > t$).

Zasilanie podstawowe potrzeb własnych 400/230 V~ zmodernizowanej stacji prostownikowej odbywa się z nowego transformatora potrzeb własnych TZM-63/15 produkcji AREVA T&D, umieszczonego na hali głównej podstacji w estetycznej obudowie IP23. Jest to transformator suchy żywiczny o mocy znamionowej 63 kVA, przekładni 15,75/0,4 kV i układzie połączeń Yzn5. Zasilanie rezerwowe stanowi przyłącze nn z sieci miejskiej (automatyka SZR). Istotną zmianą w układzie potrzeb własnych podstacji jest wprowadzenie napięcia gwarantowanego 220 V=, zapewniającego ciągłą pracę układów automatyki, zabezpieczeń oraz telemechaniki w przypadku zaniku lub zapadu napięcia na szynach 15 kV i rezerwowym przyłączy 0,4 kV. Źródłem napięcia 220 V= jest siłownia PBI 220/40MS-33Ah dostarczona przez APS Energgia, posiadająca we wspólnej obudowie 19" dwa zasilacze PBIM 220/30 V (redundancja), miernik doziemienia SAN6-1 oraz baterię akumulatorów o pojemności 33 Ah. Z siłowni zasilania jest rozdzielnica potrzeb własnych 220 V=.



Siłownia prądu stałego 220 V

Zastosowany na stacji prostownikowej system sterowania i nadzoru ma strukturę rozproszoną i charakteryzuje się dużą odpornością na zakłócenia elektromagnetyczne występujące w stacji. Sterowniki mikroprocesorowe poszczególnych pól i urządzeń połączone są ze sobą podwójną magistralą komunikacyjną CAN-BUS/RS-485. Wymiana informacji między poszczególnymi elementami systemu odbywa się zgodnie z *Wytycznymi do budowy i eksploatacji systemów zdalnego sterowania urządzeniami zasilania elektroenergetycznego* (obowiązujący standard „PKP Energetyka”). Zastosowanie znormalizowanych wytycznych zapewnia otwartą strukturę systemu, zwłaszcza możliwość jego współpracy w przyszłości z urządzeniami innych producentów. Do sterowania lokalnego podstacji i sygnalizacji ogólnej zastosowano terminal komputerowy z ekranem dotykowym, umieszczony w rozdzielnicy 660 V i współpracujący ze sterownikiem CZAT 3000plus w polu potrzeb własnych. Sterowanie zdalne natomiast zostało zrealizowane za pomocą tymczasowej szafy obiektowej, przetwarzającej informacje cyfrowe z magistrali CANBUS/RS-485 na sygnały elektryczne, wprowadzane następnie do istniejącej szafy radiosternownika MMT. Układ taki musiał zostać zastosowany ze względu na zamkniętą strukturę wykorzystywanego w MPK Łódź systemu zdalnego sterowania (dostarczonego przez OBRAIUP) i wprowadza wiele istotnych ograniczeń w zakresie telepomiarów, telesterowania i telesygnalizacji (np. niemożność sterowania odtącznikami obejściowymi w rozdzielni 660 V czy napędami wózków w rozdzielnicy 15 kV). Pełna funkcjonalność telemechaniki uzyskania zostanie po zmianie lub modernizacji systemu zdalnego sterowania.



Terminal komputerowy z ekranem dotykowym

Podsumowanie

Modernizacja stacji prostownikowej „1 Maja” przeprowadzona została sprawnie, bezpiecznie i terminowo. Zadanie to należało jednak do najłatwiejszych ze względu na bardzo szeroki zakres przebudowy, zmianę napięcia zasilającego oraz konieczność prowadzenia wszystkich prac w ruchu ciągłym, a więc w pobliżu czynnych urządzeń elektrycznych „pod napięciem”. Kluczem do sukcesu okazało się jednak duże doświadczenie firmy ELESTER-PKP w zakresie prowadzenia tego typu robót, a także doskonała współpraca wykonawcy z zamawiającym, „Elektroprojektem” i służbami eksploatacyjnymi Zakładu Torów i Sieci MPK Łódź Sp. z o.o.

*Autor*

mgr inż. Jacek Jastrzębski
 „ELESTER-PKP” Sp. z o.o.
 ul. Pogonowskiego 81
 90-569 Łódź
 tel. +48 42 253 46 13
 fax +48 42 253 46 10



Szafa obiektowa telemechaniki i urządzenia łączności

IX Międzynarodowa Konferencja MET'2009**Nowoczesna Trakcja Elektryczna**

Gdańsk, 24–26 września 2009 r.

Tematyka

Transport miejski i regionalny ■ Koleje dużych prędkości ■ Modelowanie i symulacja systemów trakcji elektrycznej ■ Systemy elektromechaniczne w transporcie ■ Automatyka i sterowanie pojazdami i urządzeniami infrastruktury transportowej ■ Kompatybilność w systemach trakcji elektrycznej ■ Wibroakustyka pojazdów ■ Transport w zintegrowanej Europie – problemy techniczne, ekologiczne i organizacyjne ■ Diagnostyka techniczna w trakcji elektrycznej

Organizatorzy

Katedra Inżynierii Elektrycznej Transportu, Wydział Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej
 Zakład Trakcji Elektrycznej, Instytut Maszyn Elektrycznych Politechniki Warszawskiej
 Sekcja Trakcji Elektrycznej Komitetu Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk
 IEE – Sekcja Polska, Oddział Warszawski
 Instytut Elektrotechniki, Warszawa
 Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa

Sekretariat konferencji

Politechnika Gdańska
 Wydział Elektrotechniki i Automatyki
 Katedra Inżynierii Elektrycznej Transportu

Zgłoszenia i informacje

ul. G. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk
 tel. +48 58 347 11 58, +48 58 347 25 34
 fax +48 58 341 08 80
 e-mail: met@ely.pg.gda.pl