

Nadzorowanie funkcjonowania tramwajowych podstacji trakcyjnych – środki techniczne, doświadczenia eksploatacyjne

Sprawne działanie pasażerskiego transportu w dużych miastach jest jednym z istotnych czynników określających ich przygotowanie do spełniania funkcji gospodarczych, kulturowych i społecznych (cywilizacyjnych). W warunkach naszego kraju można oczekiwać, że ze względów technicznych, finansowych i ekologicznych, do masowych przewozów pasażerskich, teraz i w najbliższej przyszłości, najkorzystniej jest zastosować elektryczny transport szynowy.

W większości miast sprawa dotyczy tramwajów. Bezawaryjne funkcjonowanie tego środka transportu zależy m.in. w istotny sposób od jakości pracy podstacji trakcyjnych zasilających, poprzez sieć trakcyjną, poruszające się po szynach wagony tramwajowe. Wszelkie awarie w systemie zasilania, szczególnie w godzinach szczytu, są przyczyną poważnych zakłóceń w funkcjonowaniu znacznych części organizmu miejskiego. Aby ograniczyć liczbę i zakres awarii w podstacjach trakcyjnych, niezbędne jest ciągłe nadzorowanie ich pracy.

Techniczne nadzorowanie pracy podstacji

W celu zagwarantowania właściwej kontroli nad sprawnością systemu elektroenergetycznego zasilania trakcji tramwajowej od wielu lat tworzone były systemy zdalnego monitorowania ich stanu przez centra zarządzania ruchem tramwajowym i pracą zespołów odpowiedzialnych za ciągłą dostawę energii elektrycznej do sieci trakcyjnej (rys. 1).

System nadzoru przewidywał stworzenie w każdej stacji prostownikowej lokalnego ośrodka gromadzenia informacji o pracy możliwie dużej liczby urządzeń funkcjonujących w danym obiekcie i przekazywanie ich do Centralnej Dyspozytorni [1]. Dla dopełnienia funkcjonowania systemu zapewnione zostało przekazywanie poleceń w przeciwnym kierunku z Centralnej Dyspozytorni do poszczególnych stacji i zamontowanych w nich urządzeń przygotowanych do sterowania.

Ewolucyjnie wykształtowały się dwa systemy strukturalne dla układów zdalnego nadzoru i sterowania. Pierwszy – scentralizowany oparty o lokalne centrum, do którego sprowadzo-

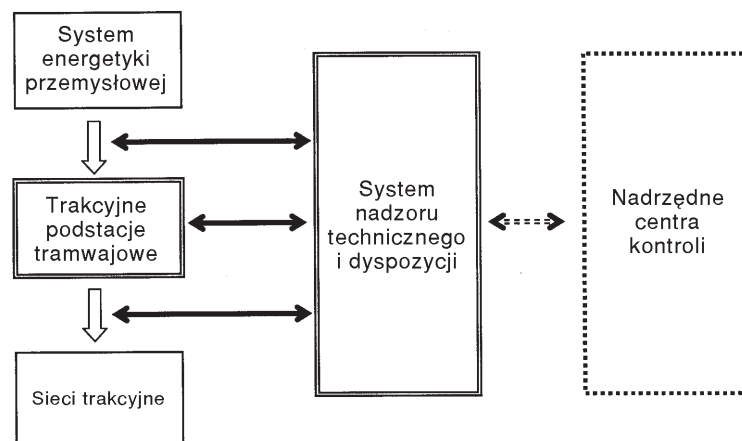
ne zostały sygnały od wszystkich podlegających kontroli oraz sterowaniu urządzeń. Drugi natomiast – rozproszony (rys. 2) polega na rozlokowaniu w poszczególnych urządzeniach lokalnych mikroprocesorowych sterowników programowanych (MSP) odpowiedzialnych za konkretne urządzenie. Sterowniki lokalne powiązane są ze sobą magistralą informatyczną, umożliwiającą wzajemne komunikowanie się sterowników w celu realizacji autonomicznej pracy w obrębie stacji oraz zbierania i przekazywania informacji do i od Centralnej Dyspozytorni.

Ten ostatni system rozwinął się z chwilą pojawienia się układów mikroprocesorowych i obwodów światłowodowych w urządzeniach podstacyjnych.

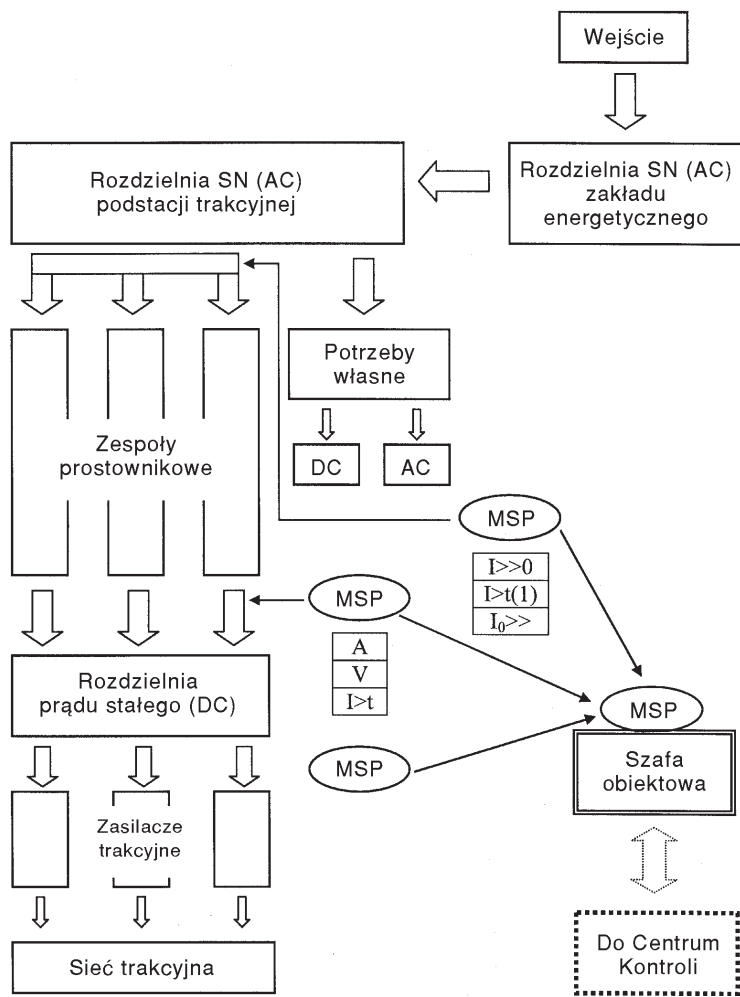
Istotnym zagadnieniem związanym ze sprawowaniem technicznego nadzoru nad pracą stacji zasilających trakcję tramwajową jest również system łączności między poszczególnymi obiektami a Centralną Dyspozytornią. Z uwagi na wagę zagadnienia musi on być stabilny, gwarantujący dużą szybkość transmisji i nie obciążony wysokimi kosztami eksploatacyjnymi. W praktyce stosowane są dwa rodzaje połączeń; radiowe oraz połączenia sztywne po łączach telefonicznych miedzianych. Nie doczekały się szerszych zastosowań połączenia światłowodowe (najlepsze do tych celów), łączność satelitarna i połączenia z wykorzystaniem sieci trakcyjnej. Stosowane połączenia wpływają w istotny sposób na jakość pracy systemu i z tego powodu zaleca się wprowadzanie układów rezerwowych pozwalających na ciągłą łączność dla wszystkich obiektów systemu.

Wprowadzane w latach osiemdziesiątych pierwsze systemy zdalnego sterowania charakteryzowały się ograniczoną liczbą informacji otrzymywanych z nadzorowanych urządzeń. Z uwagi na istniejące w owym czasie rozwiązania techniczne oraz ograniczenia w zakresie możliwości transmisyjnych, zakres poleceń możliwych do przekazywania do Centralnej Dyspozytorni był ograniczony. Otrzymywane informacje dotyczyły głównie:

- obecności napięcia na doptywach po stronie zakładu energetycznego;
- położenia styków wyłączników zasilaczy trakcyjnych;
- stanu zablokowania zasilaczy;
- wejścia do budynku podstacji.



Rys. 1. Schemat nadzoru i kontroli układu zasilania trakcji tramwajowej



Rys. 2. Schemat blokowy tramwajowej podstacji trakcyjnej z zaznaczeniem MSP

Dyspozytor mógł zdalnie:

- odblokować zasilacz trakcyjny,
- załączyć wyłącznik zasilacza.

Otrzymywane pomiary informowały o:

- napięciu po stronie dopływu z zakładu energetycznego;
- napięciu na szynach zbiorczych zespołów prostownikowych;
- prądzie zasilaczy trakcyjnych.

Wdrażany obecnie nowy – jak już na wstępie zaznaczono

- system oparty o mikroprocesorowe sterowniki programowane (MSP) powiększy możliwości we wszystkich dotychczas istniejących grupach funkcjonalnych, zwłaszcza pozwala na objęcie nadzorem technicznym następujących obszarów funkcjonowania tramwajowych podstacji trakcyjnych.

■ Rozdzielnia 15 kV AC

Meldunki

- stan wyłączników
- stan odłączników
- tryb pracy układu SZR

Polecenia

- sterowanie wyłączników
- sterowanie trybu pracy SZR

Pomiary

- napięć linii zasilających
- energii
- mocy 15-minutowej

■ Zespoły prostownikowe

Meldunki

- stany awaryjne transformatorów prostownikowych
- stan odłączników

■ Transformator potrzeb własnych, rozdzielnia 220 V DC i AC

Meldunki

- stan awaryjny transformatora
- stan styczników załączających dopływy: podstawowy, rezerwowo
- monitorowanie pracy zasilacza 220 V DC
- monitorowanie stanu akumulatorów

Polecenia

- sterowanie styczników dopływu; podstawowy, i rezerwowo
- sterowanie pracą zasilacza 220 VDC

Pomiary

- napięć dopływowych
- napięć 220 V DC

■ Rozdzielnia 660 V DC

Meldunki

- stan wyłączników
- stan odłączników
- monitorowanie wielkości obciążeń kabli

Polecenia

- sterowanie wyłączników
- sterowanie odłączników

Pomiary

- napięcia trakcyjnego na kablach
- napięcia próby linii

■ Inne urządzenia

Meldunki

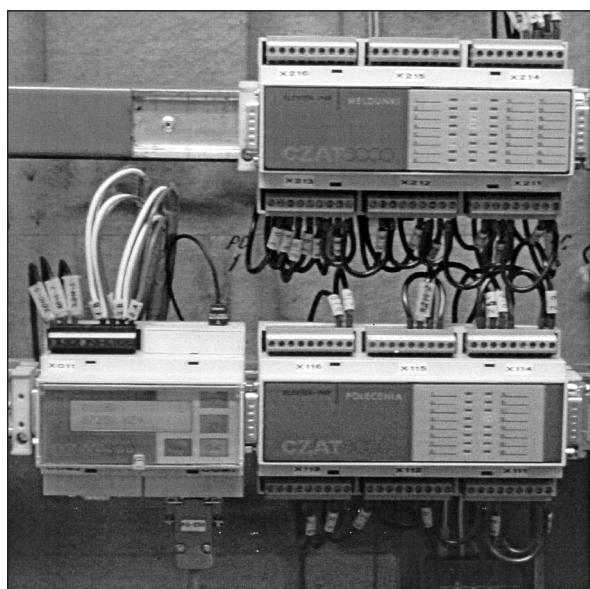
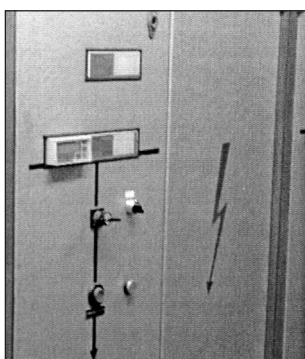
- sygnalizacja zadań urządzeń pomocniczych zamontowanych w podstacji, np.: centralka przeciwpożarowa, sygnalizacja włamania, funkcjonowania urządzeń klimatyzacyjnych
- zadziałanie urządzenia EZZ lub podobnych

Dodatkowo zaproponowane urządzenia umożliwiają archiwizację wszystkich zdarzeń zaistniałych w urządzeniach objętych nadzorem w celu ich dalszej analizy i podejmowania decyzji w zakresie prowadzenia właściwej gospodarki eksploatacyjnej i remontowej [3]. Do potrzeb nadzoru nad realizacją zadań system został rozbudowany o zewnętrzne stanowiska kontrolne i informacyjne zlokalizowane między innymi u zarządzającego infrastrukturą techniczną, operatora komunikacji tramwajowej i w zakładzie energetycznym. Zakres dostępnych danych zmienia się w zależności od funkcji jaką dla systemu przewidziano dla wymienionych jednostek.

Doświadczenia eksploatacyjne

Urządzenia będące aktualnie w dyspozycji pracowników obsługi i nadzoru nie pozwalają na otrzymanie pełnego obrazu pracy systemu elektroenergetycznego zasilania trakcji tram-

wajowej. Podstacje trakcyjne wyposażone w urządzenia przełącznikowe mogą być monitorowane jedynie ze stanowiska dyspozytora systemu w zakresie informacji przekazywanych siecią łączy sztywnych.



Rys 3. Lokalizacja MSP w polu rozdzielni DC

Dla obiektów wyposażonych w MSP możliwe jest odczytywanie wszystkich informacji o dokonywanych operacjach w stacji za pomocą mikrokomputera włączonego bezpośrednio do sterownika w obiekcie lub w ograniczonym zakresie na stanowisku nadzoru. Informacje przekazane do stanowiska nadzoru mogą zostać poddane przetwarzaniu statystycznemu w celu ich analitycznej interpretacji. Z chwilą uruchomienia radiowego połączenia wszystkich stacji z centrum obraz pracy systemu będzie pełny, co powinno wpłynąć w znaczący sposób na jakość pracy układu zasilania [1].

Podsumowanie

Sprawowanie zdalnie nadzoru nad obiektami systemu elektroenergetycznego zasilania trakcji tramwajowej z wykorzystaniem środków technicznych poparte jest wieloma argumentami. Podstawowym czynnikiem przemawiającym za obejmowaniem wszystkich obiektów i urządzeń systemem nadzoru jest szybkość pozyskiwania informacji o niesprawności urządzeń powodujących przerwy w dostawie energii elektrycznej do sieci trakcyjnej i możliwej dzięki powiązaniu

Tablica 1

Data	Godzina	Numer sterownika	Opis funkcji	Wartość parametru
2002-04-10	08:29:25	98	WS zamk.	
2002-04-10	08:29:25	98	WS zał.msp	
2002-04-10	08:29:25	98	Próba linii	740
2002-04-10	08:29:12	97	WS zamk.	
2002-04-10	08:29:12	97	WS zał. msp	
2002-04-10	08:29:12	97	Próba linii	645
Przykład poprawnego kolejnego załączania sterowników z próbą linii po wyłączeniu stacji				
2002-03-08	10:07:57	97	WS zamk.	
2002-03-08	10:07:56	97	WS zał. msp	
2002-03-08	10:07:56	97	Próba linii	575
2002-03-08	10:07:43	97	WS wyt. samocz.	5600
Przebieg procesu samoczynnego załączania po wyłączeniu w wyniku przeciążenia zasilacza				
2002-01-20	00:33:18	106	Powrót 660V	
2002-01-20	00:33:17	97	Powrót 660V	
2002-01-20	00:33:17	104	Powrót 660V	
2002-01-20	00:33:17	102	Powrót 660V	
2002-01-20	00:33:17	96	Powrót 660V	
2002-01-20	00:33:17	103	Powrót 660V	
2002-01-20	00:33:17	101	Powrót 660V	
2002-01-20	00:33:17	100	Powrót 660V	
2002-01-20	00:33:17	98	Powrót 660V	
2002-01-18	10:42:53	96	WS zamk.	
2002-01-18	10:42:53	96	WS zał. msp	
2002-01-18	10:42:53	96	Próba linii	490
2002-01-18	10:42:38	96	WS wyt. samo.	5400
2002-01-18	10:42:38	96	WS otwarcie	5400
2002-01-18	05:11:23	96	WS zamk.	
2002-01-18	05:11:23	96	WS zał. msp	
2002-01-18	05:11:23	96	Próba linii	705
2002-01-18	05:11:09	96	WS wyt. samo.	3820
2002-01-18	05:11:09	96	WS otwarcie	3820
2002-01-17	22:13:20	96	WS zamk.	
2002-01-17	22:13:19	96	WS zał. msp	
2002-01-17	22:13:19	96	Próba linii	385
2002-01-17	22:13:05	96	WS wyt. samo.	3300
2002-01-17	22:13:05	96	WS otwarcie	3300
2002-01-17	13:27:01	96	WS zamk.	
2002-01-17	13:27:01	96	WS zał. msp	
2002-01-17	13:27:01	96	Próba linii	775
2002-01-17	13:26:48	96	WS wyt. samo.	2820
2002-01-17	13:26:47	96	WS otwarcie	2820

Częstotliwość pracy wyłącznika może świadczyć o jego przedwczesnym zużyciu

zwrotnemu reakcji obsługi w Centrali lub służb odpowiedzialnych za organizację ruchu tramwajowego w przypadku zakłóceń trudnych do likwidacji w krótkim okresie czasu. Szybkość reakcji na powstałe zakłócenia ma w komunikacji miejskiej szczególne znaczenie z uwagi na dużą częstotliwość kursowania składów pociągów tramwajowych oraz bardzo szerokie powiązania z innymi rejonami komunikacyjnymi, wynikające z niewielkiej odległości węzłów komunikacyjnych.

Dokończenie na s. 70 ➤

efektem zarówno obniżenia wartości prądów pobieranych podczas rozruchu, jak i stosowania rekuperacji. Z porównania wyników symulacji dla tramwajów 805Na i 805N z czoperem widać, że są to różnice znaczące. Przykładowo, przy prowadzeniu ruchu tramwajami 805Na i przy obecnym natężeniu ruchu, średnia wartość napięcia na odbierakach tramwajów za czas poboru prądu wynosi 586 V, zaś przy stosowaniu taboru 805N z czoperem i przy natężeniu ruchu zwiększonym o 20%, wartość ta rośnie do 599 V.

Wyniki symulacji, wykonywanych dla tych samych danych wejściowych, nie są w pełni powtarzalne, wynika to oczywiście z przyjęcia losowych zakłóceń w ruchu tramwajów. Stwierdzono jednak, że można temu przeciwdziałać, przeprowadzając symulacje dla dłuższych okresów.

Podsumowanie

Badania symulacyjne można wykorzystywać nie tylko do prognozowania, jakie oszczędności energii uzyska się dzięki wprowadzeniu do eksploatacji nowoczesnego taboru, lecz również do badania wpływu różnego rodzaju działań modernizacyjnych na płynność ruchu czy warunki pracy układu zasilania, przy czym niektóre z takich działań mogą nic nie kosztować, a przynieść wymierne efekty. Przykładem takiego działania może być obniżenie napięcia stanu jałowego podstacji trakcyjnych po wprowadzeniu nowoczesnego taboru.

Jak wykazały wyniki symulacji (tablica 1), wprowadzenie energooszczędnego taboru zmniejsza spadki napięć w sieci, co pozwala na obniżenia napięcia wyjściowego podstacji. Z kolei obniżenie napięcia na szynach podstacji zwiększa efektywność energetyczną hamowania rekuperacyjnego, dając kolejne oszczędności w zużyciu energii. Optymalną wartość napięcia łatwo znaleźć, wykonując odpowiednie symulacje.

Spośród trzech rodzajów trakcji szynowej: kolei, metra i trakcji tramwajowej, ta ostatnia jest najtrudniejsza do zamodelowania, ze względu na jej bezpośrednią styczność z ruchem pieszym i samochodowym. Przedstawiony program nie jest na pewno narzędziem doskonałym, tego typu programy można ciągle ulepszać, przede wszystkim pod kątem zwiększenia wierności odwzorowania rzeczywistych warunków ruchu. Wszelkie niedoskonałości programu w tym względzie najłatwiej zauważyć, przeprowadzając symulacje w zwolnionym tempie i obserwując ich przebieg na ekranie monitora. Tym niemniej wydaje się, że już w obecnej postaci prezentowany program jest przydatnym narzędziem do kompleksowego badania ruchu tramwajowego z uwzględnieniem pracy układu zasilania.



➤ *Dokończenie ze s. 65*

Kolejnym argumentem przemawiającym za pełnym rozwojem technicznych form nadzoru jest stworzenie możliwości monitorowania wszystkich istotnych dla funkcjonowania układu zasilania urządzeń i poprzez działający podsystem archiwizacji informacji o zdarzeniach zapobieganie powstawaniu uszkodzeń elementów nadmiernie obciążonych. Posiadanie przez nadzorującego pracę systemu pełnej informacji o liczbie i częstotliwości zadziałań poszczególnych elementów, zwłaszcza w przypadkach automatycznego powrotu stacji do normalnej pracy, pozwala na prowadzenie rzetelnej eksploatacji oraz planowanie właściwej polityki konserwacyjnej i remontowej. Analiza pozyskanych tą drogą obiektywnych danych pozwala przewidywać stany awaryjne i w wielu przypadkach wyprzedzająco im przeciwdziałać. Prowadzenie analizy zarejestrowanych czynności łączeniowych w stacji w dłuższym okresie pozwala na ocenę sprawności energetycznej konkretnego rejonu komunikacyjnego pod kątem pokrycia wymagań stawianych przez organizatora ruchu tramwajowego. W tym przypadku informacje te powinny stanowić podstawę do analizy parametrów zabezpieczeń, gęstości ruchu lub konfiguracji układu zasilania. Należy zwrócić uwagę na właściwą konfigurację zarówno w części DC, dotyczącej energii trakcyjnej, jak i w zakresie obejmującym dostawę

i rozdział średniego napięcia AC po stronie zakładu energetycznego.

Istotny jest aspekt organizacyjny, na który urządzenia techniczne mają znaczący wpływ. Informacje o funkcjonowaniu układu zasilania i podejmowanych na bieżąco czynnościach konserwacyjnych i operatorskich, dostępne w systemie mogą być bez przeszkód przekazywane do innych służb technicznych odpowiedzialnych za poprawne funkcjonowanie komunikacji tramwajowej oraz do jednostek nadrzędnych dokonujących oceny efektywności realizacji powierzonych zadań [3].



Literatura

- [1] *Koncepcja modernizacji systemu zdalnego sterowania stacjami tramwajowymi w Krakowie*. Projekt techniczny jednostadiowy. Elektroprojekt, Łódź 1997.
- [2] *Stacja prostownikowa trakcyjna Wielopole w Krakowie (tom 5). Telemechanika w stacji*. Projekt techniczny jednostadiowy. Elektroprojekt, Łódź 1997.
- [3] *Koncepcja funkcjonowania i oprogramowania Centrum oraz analiza systemu łączności*. Projekt techniczny. Elester PKP, 2001.
- [4] *Projekt wykonawczy włączenia podstacji Dąbie do systemu zdalnego sterowania*. Elester PKP, 2002.