

Witold Grudziń  
 Tramwaje Warszawskie Sp. z o.o.,  
 Cezary Łucyk<sup>1</sup>, Tadeusz Niedziela<sup>2</sup>  
 Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

## Nadzór techniczny nad ogrzewaniem rozjazdów tramwajowych na przykładzie Warszawy

### 1. WSTĘP

W zarządzaniu komunikacją tramwajową należy brać pod uwagę jej specyficzne cechy logistyczne. Istotne znaczenie dla procesu obsługi ma *struktura sieci transportowej* i wszelkiego rodzaju uwarunkowania ruchowe, w tym liczba i rozmieszczenie przystanków, liczby skrzyżowań i rozjazdów. Przystanki to *punkty nadawczo-odbiorcze*; pasażerowie (zlecający usługi wykonywane na nich samych) to *ładunki* przenoszone między tymi punktami. Ludzie są zarazem przedmiotem i podmiotem wykonywanych operacji – „przesyłkami”, nadawcami i odbiorcami „towaru”, a także kontrolerami doświadczanego na sobie procesu obsługi.

Zadanie nadrzędne (cel główny) w systemie komunikacji miejskiej – to przewozy pasażerów na różnych trasach, wykonywane w określonym czasie, zgodnie z dokonanym wcześniej oraz monitorowanym na bieżąco rozpoznaniem potrzeb transportowych. Zadanie przewozowe wyznacza rodzaj, wielkość i harmonogram używanych środków transportu (taboru), w odniesieniu do przyjętych stref działania, z uwzględnieniem możliwości technicznych, finansowych i organizacyjnych.

Realizacja zadania nadrzędnego wymaga istnienia odpowiedniej infrastruktury technicznej i organizacyjnej, utrzymywanej przez całą dobę (w różnym zakresie) w stanie pełnej gotowości. Nad zdolnością eksploatacyjną taboru i infrastruktury czuwają służby techniczne. Realizują zadania stałe, wykonują planowe naprawy, prace konserwacyjne i modernizacyjne, podejmują interwencje (likwidują skutki awarii, usuwają usterki itp.), co łącznie określa się mianem obsługi technicznej. Zaangażowanie licznych środków generuje koszty związane z normalną eksploatacją i działaniami interwencyjnymi, wymaga koordynacji prac technicznych i organizacyjnych oraz ich zasilania finansowego.

Prace związane z utrzymaniem stanu infrastruktury są zsynchronizowane z realizacją celu ogólnego (rozkładami jazdy), ale muszą też uwzględniać warunki specjalne, np. zmiany pór roku i nagłe załamania pogody. Widać wtedy najbardziej wszelkie braki techniczne i organizacyjne oraz zwykłe zaniedbania. W skrajnych przypadkach dochodzi do paraliżu komunikacyjnego, tj. zablokowania szlaków i unieruchomienia środków transportu.

### 2. INFRASTRUKTURA I STEROWANIE

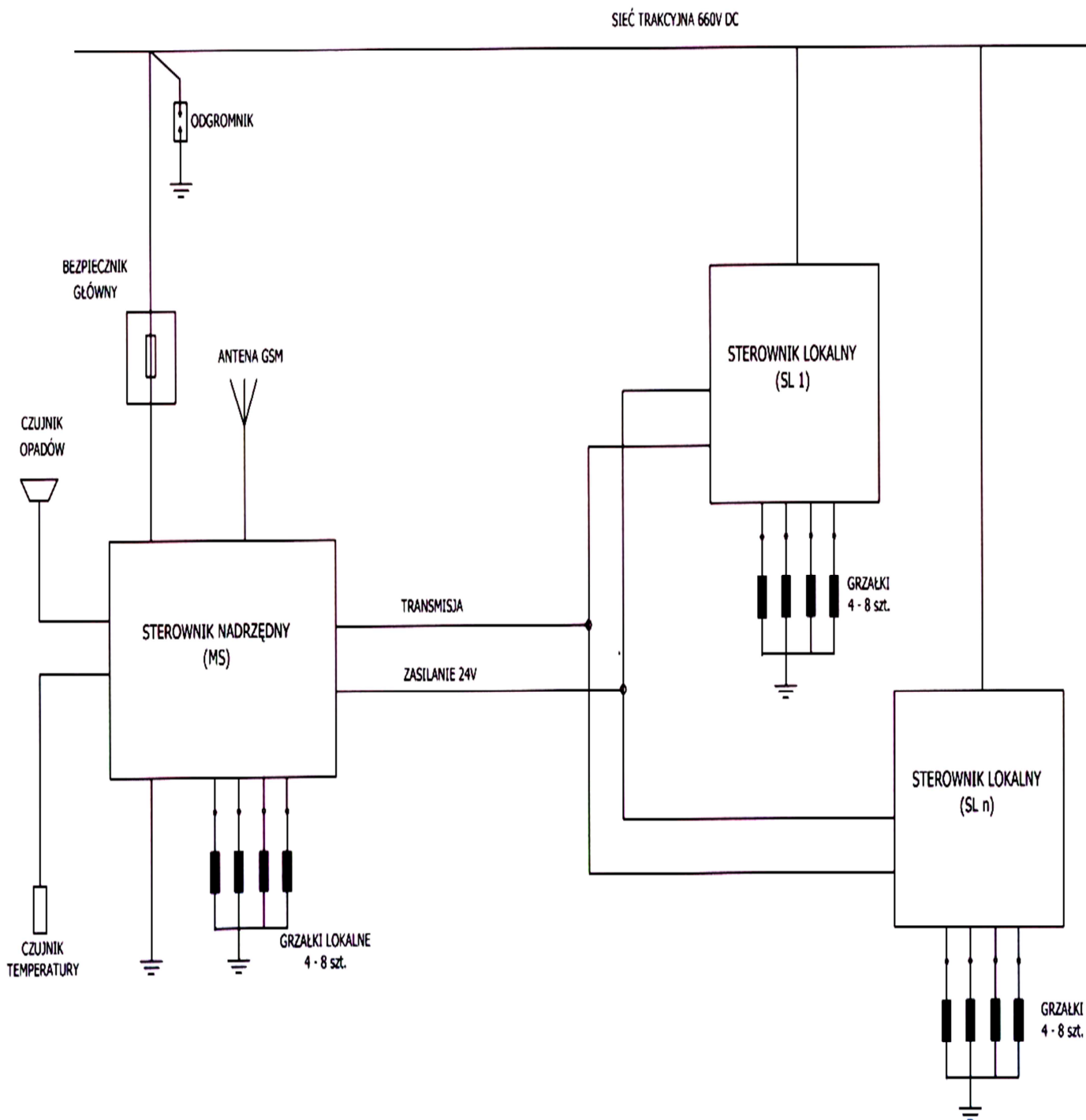
Warunkiem sprawnego funkcjonowania komunikacji tramwajowej jest m.in. bezawaryjne działanie zwrotnic. Z tego względu w okresie zimowym nie można dopuszczać do zalegania śniegu i zamarzania wody na rozjazdach. Środkiem służącym do rozwiązania problemu, stosowanym powszechnie przy sterowanych elektrycznie zwrotnicach, jest montowanie grzałek elektrycznych – pod główką szyny, obok każdej iglicy.

W warszawskiej sieci tramwajowej znajduje się 190 rozjazdów o różnej konfiguracji, z przestawianymi automatycznie zwrotnicami, w nich zaś łącznie 1436 podgrzewanych elektrycznie iglic. W czasie zimy

<sup>1</sup> clucyk@it.pw.edu.pl

<sup>2</sup> tadeusz.niedziela@poczta.onet.pl

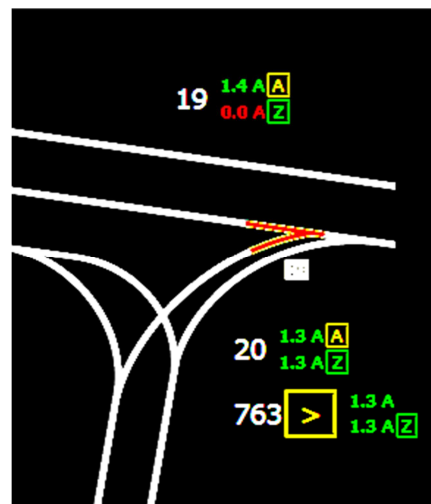
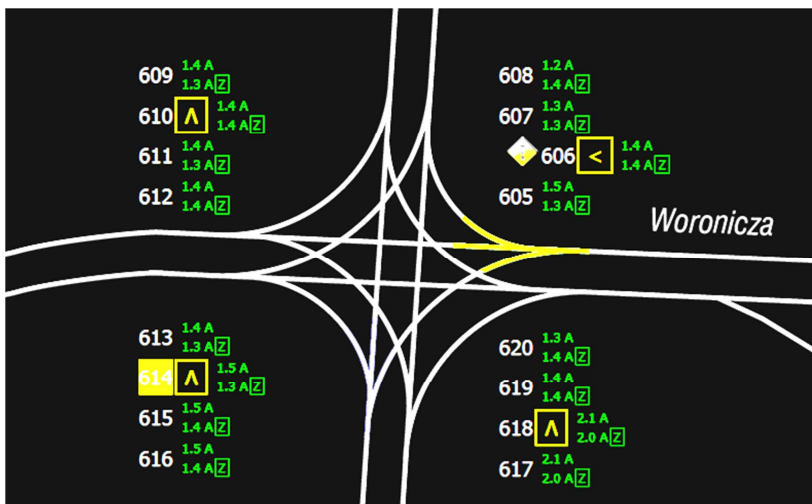
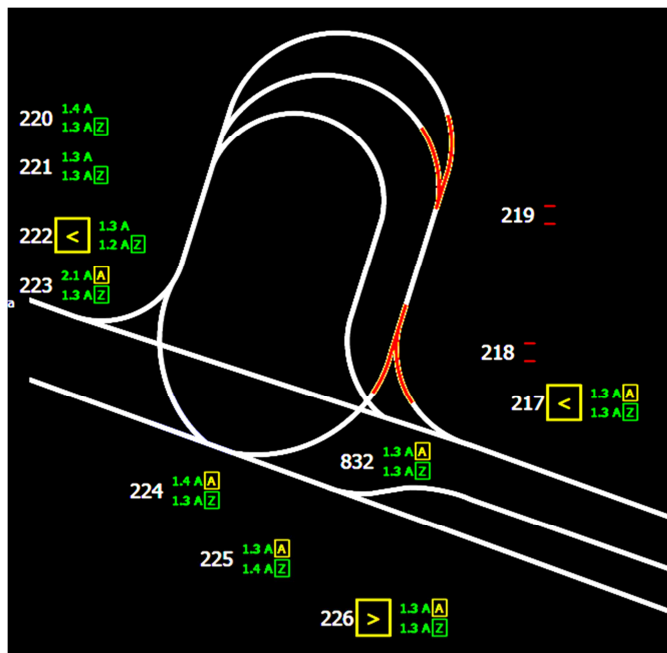
wszystkie grzałki muszą być sprawne, co wymaga ciągłego monitorowania ich stanu i szybkiej wymiany elementów uszkodzonych.



Rys. 1. Schemat blokowy systemu ogrzewania rozjazdów tramwajowych

Źródło: [1].

Na rys. 1 pokazano architekturę systemu podgrzewania zwrotnic na rozjeździe tramwajowym. Sterownik lokalny obsługuje jeden rozjazd. System sterowania ogrzewaniem rozjazdów współpracuje z systemem monitorowania stanu rozjazdów. Załączanie i wyłączenie grzałek oraz kontrola sterowania i ogrzewania zwrotnic odbywa się za pośrednictwem Internetu [1].



**Stacja meteo**

Temp. powietrza 10.8 °C

Wilgotność 38.0 %

Punkt rosy -2.8 °C

Opad (intensywność) 0.00 mm/h

Bez opadu (0)

Widzialność 2.0 km

**Zdarzenia zgłoszone**

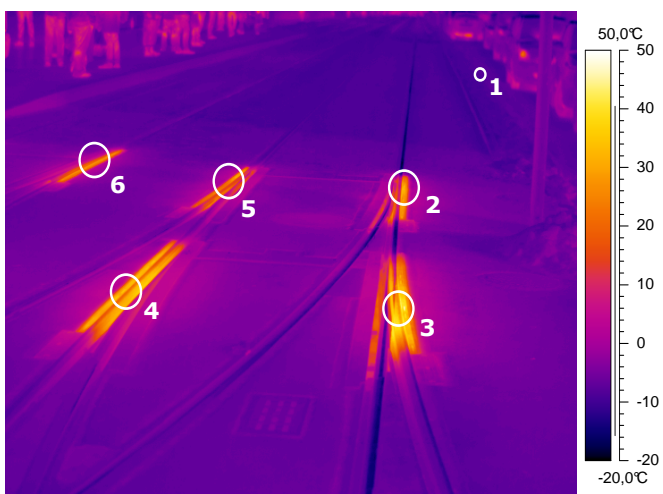
1	2012-04-17 16:43	180 (Jana Pawła II- Solidarność)	kropka	Zamknij
2	2012-04-18 02:48	480 (Wolska - Okopowa)	trwała blokada	Zamknij
3	2012-04-18 04:59	155 (Andersa - Międzyparkowa)	trwała blokada	Zamknij
4	2012-04-18 08:45	741 (Pięta Górczewska)	kropka	Zamknij
5	2012-04-18 09:36	159 (Andersa - Międzyparkowa)	otwarcie	Zamknij
6	2012-04-18 10:25	872 ()	otwarcie	Zamknij
7	2012-04-18 10:25	606 (Wolska - Woronicza)	otwarcie	Zamknij
8	2012-04-18 10:25	177 (Jana Pawła II- Solidarność)	otwarcie	Zamknij
9	2012-04-18 10:25	732 (Wyścigi)	grzałka	Zamknij, wymiana grzałki
10	2012-04-18 10:25	733 (Wyścigi)	grzałka	Zamknij, wymiana grzałki
11	2012-04-18 10:26	219 (Metro - Marymont)	grzałka	Zamknij, wymiana grzałki
12	2012-04-18 10:26	218 (Metro - Marymont)	grzałka	Zamknij, wymiana grzałki

Rys. 2. Fragmenty obrazów z monitoringu sterowania i ogrzewania zwoznic

Na rys. 2 pokazano aplikacje monitoringu dotyczące warszawskiej sieci tramwajowej i wybranych jej węzłów. Widać tu m.in. aktualne (zmierzone w danej chwili) wartości prądu grzałek zainstalowanych przy poszczególnych zwoznicach. Jeśli grzałka nie jest włączona lub jeśli jest włączona, ale niesprawna, albo jest uszkodzony bezpiecznik (informacje o awariach są podawane na czerwono), to na ekranie widnieje informacja 0.0 A.

### 3. DANE TECHNICZNE I TERMOGRAMY

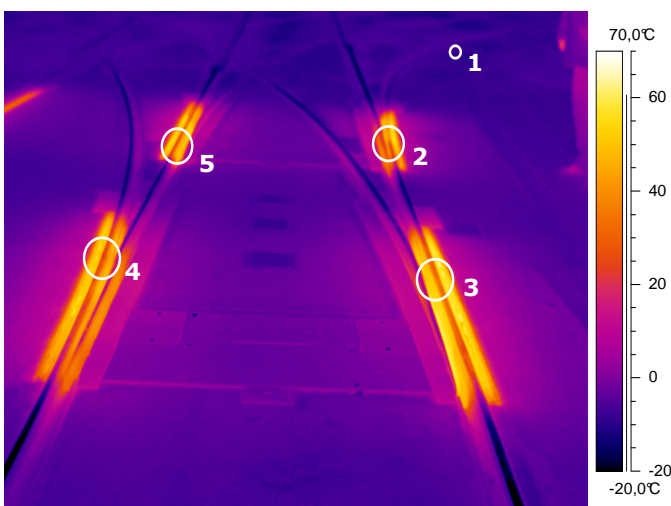
Urządzenia elektryczne ulegają starzeniu wskutek zużycia materiału, czego wyrazem jest trwałe obniżanie się sprawności podstawowego procesu przemiany energii i postępująca utrata własności izolacyjnych. W wypadku grzałek w grę wchodzi ten drugi czynnik. Czas życia grzałki podgrzewającej iglicę zwrotnicy, wyrażający się sumarycznym czasem pracy (czas przerw w pracy, kiedy starzenie jest setki razy wolniejsze niż w czasie pracy, nie jest brany pod uwagę), zależy od temperatury drutu grzejnego w czasie pracy, zastosowanego materiału izolacyjnego i warunków środowiskowych. Moc grzałek przekłada się bezpośrednio na szybkość przyrostu temperatury i wartość ustaloną przyrostu temperatury zwrotnicy (główki szyny i iglicy). Grzałki o mocy 1000 W, włączone na stałe przy suchej pogodzie, wywołują przyrosty temperatury zwrotnic równe około 50 K, a grzałki 1500 W – około 70 K. Normalnie chodzi jednak o gorsze warunki atmosferyczne. Większa moc grzałek zapewnia szybsze topnienie śniegu, ale też wpływa na szybsze zużycie izolacji w grzałkach.



Maksymalne wartości temperatury pozornej w analizowanym obszarze: 1)  $-8,1^{\circ}\text{C}$ ; 2)  $34,3^{\circ}\text{C}$ ; 3)  **$46,4^{\circ}\text{C}$** ; 4)  $37,4^{\circ}\text{C}$ ; 5)  $31,6^{\circ}\text{C}$ ; 6)  $28,4^{\circ}\text{C}$ .



Rys. 3. Termogram i fotografia zwrotnicy tramwajowej wyposażonej w grzałki o mocy 1000 W, umieszczone przy opornicach (główkach szyn) półzwrotnic



Maksymalne wartości temperatury pozornej w analizowanym obszarze: 1)  $-8,0^{\circ}\text{C}$ ; 2)  $57,0^{\circ}\text{C}$ ; 3)  **$63,4^{\circ}\text{C}$** ; 4)  $57,9^{\circ}\text{C}$ ; 5)  $55,9^{\circ}\text{C}$ .



Rys. 4. Termogram i fotografia zwrotnicy tramwajowej wyposażonej w grzałki o mocy 1500 W, umieszczone przy opornicach (główkach szyn) półzwrotnic

Na rys. 3 i 4 pokazano termogramy i fotografie podgrzewanych elektrycznie zwrotnic tramwajowych, wykonane przy suchej nawierzchni, w temperaturze powietrza równej  $-8^{\circ}\text{C}$ . Różnice wartości maksymalnej temperatury szyn biorą się z różnej ekspozycji ich niepłaskich powierzchni.

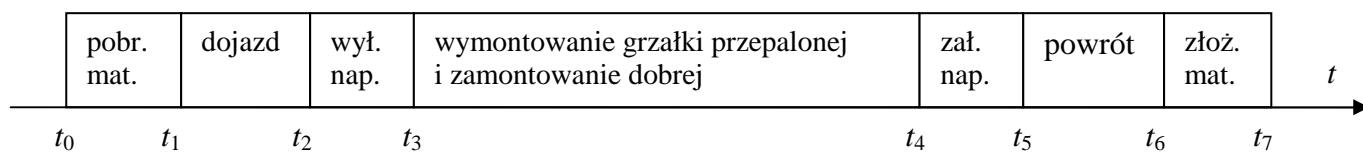
Czas „życia izolacji” zależy od przyrostu temperatury, przy czym trwałość zmniejsza się o połowę przy każdym wzroście temperatury pracy o  $8\div 12\text{ K}$ , zależnie od rodzaju izolacji [2, 3]. Dla podanych wartościach przyrostu temperatury szyn można więc przewidywać, że grzałki o mocy 1500 W będą pracowały 4÷5 razy krócej niż grzałki o mocy 1000 W. „Kalendarzowy” czas życia grzałek (po uwzględnieniu proporcji czasu włączenia i czasu wyłączenia grzałek w ciągu całego roku) o mocy 1500 W jest więc około 2 razy krótszy niż grzałek o mocy 1000 W. Należy się zatem spodziewać około dwukrotnie częstszej wymiany przepalonych grzałek o mocy 1500 W, niż grzałek o mocy 1000 W.

#### 4. PROCEDURA WYMIANY GRZAŁKI

Po stwierdzeniu przepalenia grzałki, przystępuje się do jej wymiany. Szybka wymiana uszkodzonych grzałek jest ważna dla zapewnienia przepustowości szlaków i normalnej pracy motorniczych. Jednak nie zawsze się to udaje. Losowy charakter uszkodzeń utrudnia pracę służb technicznych; np. gdy przepali się prawie jednocześnie kilka grzałek, to ze względu na ograniczony skład służb i możliwość prowadzenia napraw tylko w nocy, usunięcie awarii wymaga dłuższego czasu.

W ujęciu logistycznym liczą się przede wszystkim: czas i koszty. Na rys. 5 pokazano ciąg operacji organizacyjno-technicznych, z jakich składa się procedura naprawy (wymiany grzałki). Występują tam kolejno:

- termin rozpoczęcia pracy ( $t_0$ ),
- pobranie materiałów z magazynu ( $t_0, t_1$ ),
- dowóz ludzi i materiałów z zakładu do miejsce pracy ( $t_1, t_2$ ),
- wyłączenie napięcia zasilającego grzałkę i sprawdzenie jego braku w miejscu wykonania naprawy ( $t_2, t_3$ ),
- wymontowanie grzałki przepalonej i zamontowanie dobrej w miejscu naprawy ( $t_3, t_4$ ),
- załączenie napięcia zasilającego grzałkę i stwierdzenie poboru przez nią prądu ( $t_4, t_5$ ),
- przywóz ludzi i materiałów z miejsce pracy do zakładu ( $t_5, t_6$ ),
- złożenie przepalonej grzałki w wyznaczonym miejscu ( $t_6, t_7$ ).
- termin zakończenia pracy ( $t_7$ ).



Rys. 5. Grafiki czasów operacji wymiany grzałki na rozjeździe tramwajowym

Ze względu na koszty (zamrożone w materiałach środki płatnicze), w magazynie nie powinno być dużych zapasów, ale też nie można z zapasów rezygnować zupełnie. Grzałki są dość drogie: 1 sztuka kosztuje około 100 €, więc trzyma się w magazynie niezbędną rezerwę tylko w zimie. Za stan zapasów odpowiadają wyznaczeni pracownicy, realizujący zakupy elementów w małych partiach i w możliwie krótkich terminach.

#### 5. UWAGI KOŃCOWE

Elektryczne ogrzewanie zwrotnic jest powszechnie stosowane, chociaż wiążą się z tym różnego rodzaju problemy eksploatacyjne. Z większością z nich borykano się przez lata – do czasu wprowadzenia monitoringu oraz zdalnego załączania i wyłączenia grzałek.

Brak możliwości zdalnego sterowania załączaniem i wyłączaniem grzałek oznaczał w praktyce konieczność pracy ciągłej całego układu – z bezzasadnie dużym poborem energii – w okresie od grudnia do marca. Kontrola ogrzewania zwrotnicy w razie otrzymywania meldunku o jej nieprawidłowości (często mylnego) wymagała dojazdu pogotowia na miejsce. Koszty zużytego paliwa zajmowały w ogólnym bilansie znaczącą pozycję.

Wprowadzenie monitoringu urządzeń tramwajowych oraz stworzenie możliwości zdalnego załączania i wyłączania grzałek usprawniło radykalnie pracę służb technicznych w okresie zimy. Umożliwiło oszczędzanie energii elektrycznej poprzez sterowanie ogrzewaniem zwrotnic stosownie do warunków atmosferycznych. Ograniczyło też zużycie paliwa (mniej wyjazdów pogotowia i grup sprawdzających). Przede wszystkim jednak pozwoliło szybko lokalizować i usuwać awarie.

Dawniej, kiedy nie instalowano grzałek elektrycznych przy zwrotnicach, trzeba było kierować ludzi do oczyszczania rozjazdów przy każdym większym opadzie śniegu lub przy spadku temperatury następującym po odwilży. Obecnie nie ma takiej potrzeby, wyłączając stany wyższej konieczności (sytuacje katastroficzne).

Czasem może się zdarzyć, nawet przy ogrzewanej zwrotnicy, że iglica zostanie zablokowana przez ubity śnieg lub kawałek lodu. Nieprzyleganie iglicy jest sygnalizowane *pulsującą kropką* na sygnalizatorze. W takiej sytuacji motorniczy powinien sprawdzić faktyczne położenie zwrotnicy i podjąć ewentualną próbę ręcznego jej przestawienia. Bywa jednak, że motorniczy widząc świecącą kropkę zatrzymuje ruch i wzywa ekipę techniczną do naprawy rozjazdu. Tego rodzaju zdarzenia poważnie zakłócają ruch tramwajów. Liczbę ich można ograniczyć poprzez staranny dobór kandydatów na motorniczych, a także przez właściwe szkolenie i motywowanie do solidnej pracy osób już zatrudnionych na tym stanowisku.

---

### Streszczenie

Prezentowano i omówiono schemat blokowy systemu ogrzewania rozjazdów tramwajowych w Warszawie. W systemie tym mogą być realizowane następujące funkcje: kontrola i pomiar prądu grzałek, pomiar temperatury zewnętrznej, załączanie sterowników lokalnych, pomiar opadów deszczu lub śniegu oraz transmisja tych danych do centrum monitoringu. Pokazano przykładowe termogramy powierzchni zwrotnic, wykonane przy mroźnej pogodzie za pomocą kamery termowizyjnej. Przeanalizowano celowość stosowania grzałek o różnej mocy. Na koniec podano harmonogram prac dotyczących wymiany przepalanej grzałki.

Słowa kluczowe: tramwaj, zwrotnica, grzałka, monitorowanie, naprawa.

### Technical supervision of tram rail-switches heating: Warsaw case study

#### Abstract

A block diagram of system used in Warsaw for tram rail-switches heating is presented and discussed. The system can perform the following functions: heaters current control and measurement, outdoor temperature measurement, triggering of local controllers, rain and snow precipitation measurement and the data transmission to the monitoring centre. Some examples of switches surface thermograms taken with thermovision camera in frosty weather are given. The appropriateness of use of heaters with different power was discussed. Finally a work schedule for replacing burned heater is given.

Key words: tram, rail-switch, heater, monitoring, repair.

#### LITERATURA

- [1] R1\_UNSO Schemat blokowy systemu. Dokumentacja systemu UNSO-2. <http://www.grupazue.pl/?q=pl/node/92>
- [2] Kolbiński K., Słowikowski J.: Materiałoznawstwo elektryczne. WNT, Warszawa 1988
- [3] Łucyk C.: Intensywność starzenia i temperatura równoważna ze względu na starzenie się izolacji elektrycznej. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport z. 57. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006