

Mikroprocesorowy układ sterowania zespołem wentylacyjno – grzewczym dla tramwaju

W artykule omówiono układ sterowania zespołem wentylacyjno-grzewczym typu 104ZW o mocy 20 kW przeznaczonym do wentylacji i ogrzewania wnętrza wagonu tramwaju. Zespół przystosowany jest do współpracy z dodatkowymi grzejnikami o łącznej mocy 10 kW umieszczonymi pod siedzeniami w przedziale pasażerskim oraz z wentylatorami dachowymi. Do zasilania elementów grzejnych zarówno w zespole wentylacyjno-grzewczym jak i elementów grzejnych w wagonie a także wentylatorów oraz obwodów zabezpieczeń termicznych zastosowano łączniki tranzystorowe wykonane w IPS „TABOR”. Pracą całego układu nawiewnego wagonu steruje sterownik mikroprocesorowy.

1. Wstęp

Wychodząc naprzeciw obecnym dążeniom do zwiększenia komfortu jazdy pasażerów komunikacji miejskiej, w Instytucie Pojazdów Szynowych „TABOR” wykonano projekt i prototyp zespołu wentylacyjno-grzewczego. Rozwiązanie oparte jest na technice mikroprocesorowej.

2. Przeznaczenie

Zespół wentylacyjno-grzewczy typu 104ZW o mocy 20 kW przeznaczony jest do wentylacji i ogrzewania wnętrza wagonu tramwaju. Zapewnia dopływ do przedziału pasażerskiego tramwaju świeżego powietrza w okresie letnim, a w okresie przejściowym i zimowym ogrzanej mieszaniny powietrza świeżego i recyrkulacyjnego.

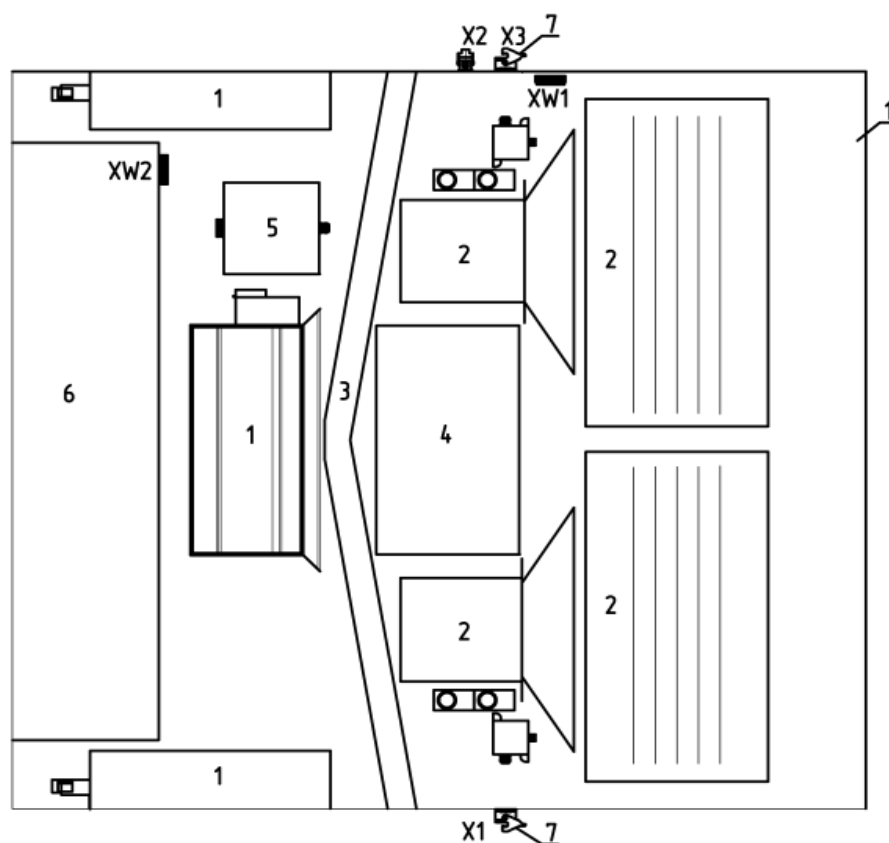
Zespół przystosowany jest do współpracy z grzejnikami umieszczonymi pod siedzeniami w przedziale pasażerskim o łącznej mocy 10 kW oraz współpracuje z wentylacją wywiewną (dachową) realizowaną przez dwa wentylatory dachowe, które odprowadzają na zewnątrz powietrze z wnętrza przedziału pasażerskiego.

3. Budowa

Zespół wentylacyjno-grzewczy ma budowę modułową. Skupione są w nim wszystkie elementy zabezpieczające i sterujące obwodów nie tylko samego zespołu ale również urządzeń z nim współpracujących.

Zespół składa się z następujących urządzeń pokazanych schematycznie na rysunku 1:

1. skrzyni zespołu z dwiema odchylnymi górnymi pokrywami oraz z przepustnicami powietrza zewnętrznego i wewnętrznego,
2. zespołu grzałek z kanałami, wentylatorem i urządzeniami regulacyjnymi i zabezpieczającymi,
3. filtrów powietrza nadmuchiwanego,
4. skrzynki z urządzeniami wysokonapięciowymi,
5. skrzynki z urządzeniami 230V,
6. płyty z zamocowanymi urządzeniami elektronicznymi,
7. przyłączy:
 - X1 - złącze WN DC
 - X2 - złącze 230V AC
 - X3 - złącze 24V DC
 - XW1 i XW2 są pomocniczymi złączami wewnętrznymi.



Rys. 1. Schemat poglądowy zespołu wentylacyjno-grzewczego

4. Działanie

Powietrze do zespołu wentylacyjno-grzewczego zasysane jest poprzez dwie przepustnice powietrza zewnętrznego i jedną przepustnicę powietrza powrotnego. Po przefiltrowaniu w filtrze wentylatory wdmuchują powietrze do oddzielnych komór z nagrzewnicami powietrza i dalej do dwóch kanałów w suficie wagonu.

5. Sterowanie

Pracą układu nawiewnego wagonu, w tym również zespołem wentylacyjno-grzewczym, steruje umieszczony w nim sterownik mikroprocesorowy. Informacje o wybranym rodzaju pracy układu sterownik otrzymuje od trzech przełączników znajdujących się poza zespołem wentylacyjno-grzewczym:

- od nastawnika temperatury zadanej dla całego tramwaju; nastawnikiem tym motorniczy wybiera skokowo temperaturę nawiewanego powietrza
- od przełącznika wyboru ogrzewania górnego lub dolnego w każdym wagonie; przełącznik ten umożliwia motorniczemu załączenie elementów grzejnych w zespole wentylacyjno – grzewczym lub grzejników podsiedzeniowych lub załączenie obu odbiorów równocześnie
- od nastawnika zmiany obrotów wentylatorów w zespołach wentylacyjno-grzewczych tramwaju; nastawnikiem tym motorniczy może obniżyć wydajność wentylatorów.

O załączeniu elementów grzejnych w zespole wentylacyjno-grzewczym oraz elementów we wnętrzu wagonu decydują sygnały z czujników temperatury w samym zespole oraz w części pasażerskiej wagonu.

W oparciu o w/w informacje sterownik wypracowuje sygnały sterujące pracą nagrzewnic, wentylatorów i przepustnic.

Wyróżnić można 4 następujące stany pracy:

- **przewietrzanie**
W stanie tym pracują wentylatory: w zespole wentylacyjno-grzewczym oraz wyciągowe a przepustnice powietrza zewnętrznego są całkowicie otwarte i przepustnica powietrza powrotnego jest zamknięta.
- **rozgrzewanie**
Stan ten występuje, gdy temperatura w otoczeniu grzałek w zespole jest niższa od nastawionej. Załączone są wtedy nagrzewnice w zespole, a wentylatory nawiewne w zespole i wyciągowe w wagonie są wyłączone. Wszystkie przepustnice w zespole są zamknięte.
- **nagrzewanie wagonu**
Stan ten występuje, gdy temperatura w otoczeniu grzałek osiągnie temperaturę zadaną a temperatura wewnątrz wagonu jest niższa od nastawionej. Cyklicznie załączane są wówczas nagrzewnice w zespole oraz pracują wentylatory nawiewne w zespole.

le. Wentylatory wyciągowe w wagonie są wyłączone. Przepustnice powietrza zewnętrznego w zespole są zamknięte, a przepustnica powietrza powrotnego jest całkowicie otwarta.

- **ogrzewanie cykliczne**

Stan ten występuje, gdy temperatura wewnątrz wagonu osiągnie temperaturę zadaną.

Cyklicznie załączane są wówczas nagrzewnice w zespole oraz pracują wentylatory nawiewne w zespole i wentylatory wyciągowe w wagonie. Przepustnice powietrza zewnętrznego w zespole są otwarte, a przepustnica powietrza powrotnego jest zamknięta.

Nagrzewnice pod siedzeniami w wagonie mogą być załączone lub nie, zależnie od nastawienia rodzaju pracy przełącznikiem wyboru ogrzewania górnego i dolnego.

Każda nagrzewnica powietrza w zespole wentylacyjno-grzewczym (poz.2 na rys.1) jest ponadto zabezpieczona:

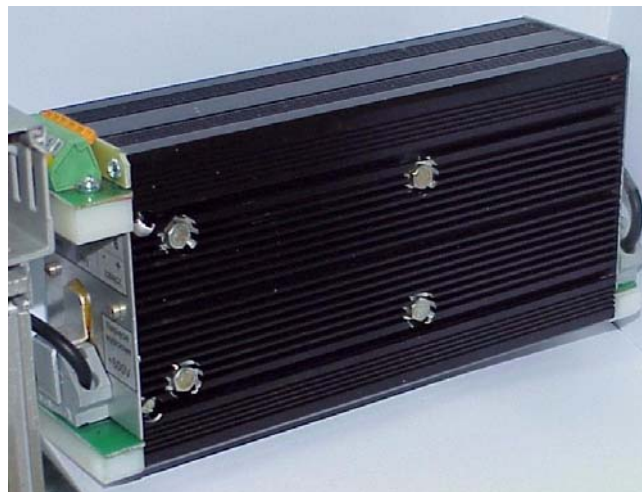
- termostatem o nastawie 50°C , który wyłącza zasilanie nagrzewnicy po przekroczeniu tej temperatury i ponownie załącza zasilanie po obniżeniu się temperatury o 5°C
- termostatem o nastawie 90°C , który wyłącza zasilanie nagrzewnicy po przekroczeniu tej temperatury. Ponowne załączenie zasilania nagrzewnicy może nastąpić po obniżeniu się temperatury o 8°C oraz ręcznym odblokowaniu przyciskiem znajdującym się na termostacie. Takie odblokowanie następuje w warunkach warsztatowych. Jednak przed ponownym załączeniem tego termostatu należy ustalić przyczynę jego zadziałania
- presostatem o nastawie 50Pa , który wyłącza zasilanie nagrzewnicy w przypadku obniżenia się ciśnienia nawiewanego powietrza poniżej tej wartości.

6. Zastosowane elementy łączeniowe i wykonawcze

6.1 Łącznik ŁTW-800

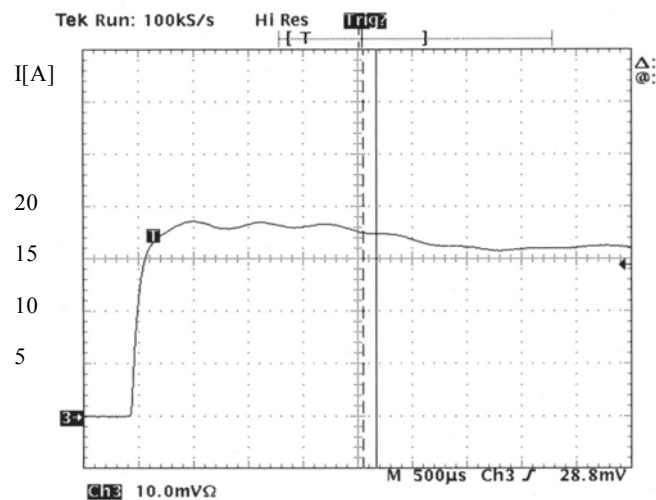
Do zasilania grzałek głównych nagrzewnicy o mocy $2 \times 10\text{kW}$ oraz grzałek podsiedzeniowych o mocy $2 \times 5\text{kW}$ zastosowano łączniki tranzystorowe ŁTW-800 opracowane dla potrzeb omawianej nagrzewnicy w IPS „TABOR”. Zastosowanie łączników bezstykowych zamiast styczników podnosi niezawodność, trwałość oraz zmniejsza poziom zakłóceń elektromagnetycznych. Ponadto umożliwia zastosowanie regulacji mocy przez zmianę współczynnika wypełnienia częstotliwości załączeń. Stąd wynika precyzyjniejsza regulacja mocy grzejników podsiedzeniowych niż ta wynikająca tylko z przełączania sekcji grzewczych. Nieograniczona ilość załączeń grzałek głównych daje dodatkową możliwość regulacji średniej mocy grza-

nia. Łącznik ŁTW-800 (rys.2) skonstruowano w oparciu o wysokonapięciowe moduły IGBT.

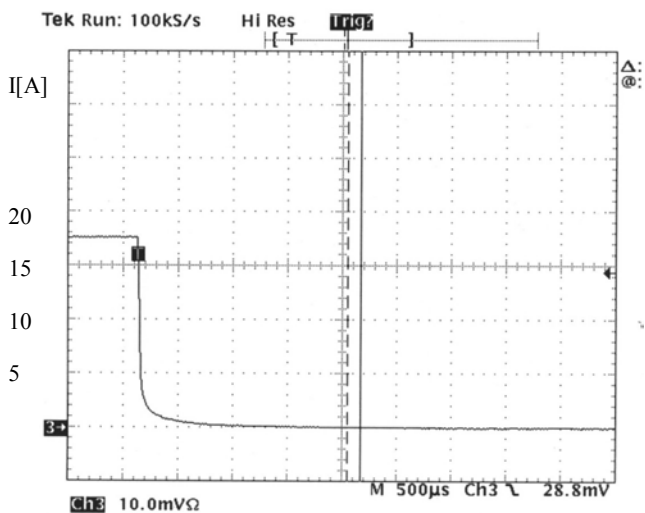


Rys.2. Widok łącznika ŁTW-800

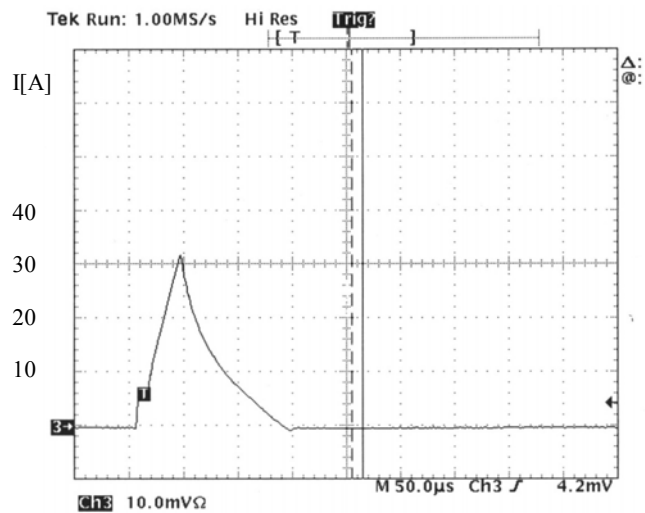
Łącznik pracuje w zakresie temperatur od -30°C do $+70^{\circ}\text{C}$. Może załączać prąd do 20A dla obciążeń o charakterze indukcyjnym przy napięciu do 850V , co daje maksymalną moc łączeniową 17kW . Łącznik posiada zabezpieczenie przeciwzwarciowe działające przy prądzie 30A . Ma ono charakter bezpiecznikowy, tzn. po jego zadziałaniu konieczne jest zdjęcie napięcia sterującego i ponowne jego załączenie. Ponadto łącznik ma wbudowany układ ograniczenia stromości narastania prądu do wartości $20\text{A}/\mu\text{s}$. Wymiary gabarytowe wynoszą $236 \times 60 \times 106\text{ mm}$. Obudowa jest przystosowana do montażu 4 śrubami M4 o rozstawie $62 \times 130\text{ mm}$. Wszystkie podzespoły elektroniczne znajdujące się wewnątrz obudowy są zalewane kauczukiem silikonowym. Przykładowe przebiegi prądów przy załączaniu obciążenia oraz załączania na zwarcie przedstawiono na rys.3,4 i 5.



Rys. 3. Prąd przy załączaniu obciążenia 11kW ($5\text{A}/\text{dz.}$)



Rys. 4. Prąd przy wyłączeniu obciążenia 11kW (5A/dz.)



Rys. 5. Prąd przy załączeniu na zwarcie (10A/dz.)

6.2 Łącznik ŁTN-24

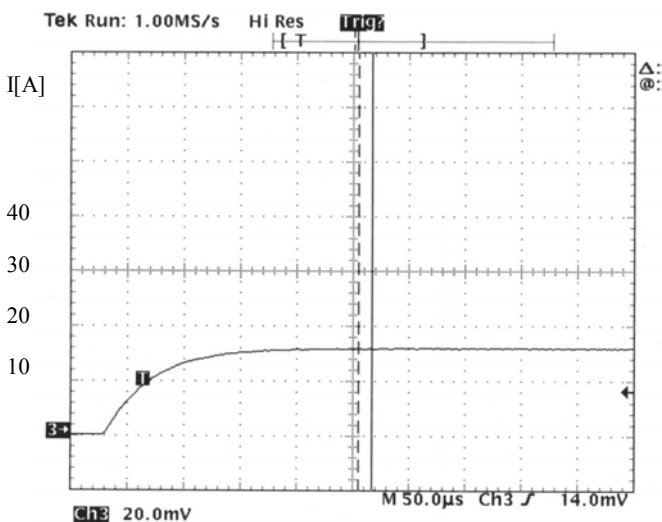
Do zasilania wentylatorów grzałek posiadzeniowych, wentylatorów wyciągowych oraz obwodów zabezpieczeń termicznych zastosowano łączniki tranzystorowe typu ŁTN-24 opracowane dla potrzeb omawianej nagrzewnicy w IPS „TABOR”. Ma to na celu zabezpieczenie przed zwarcieniem wszystkich obwodów napięcia 24V wychodzących poza skrzynię nagrzewnicy i wyeliminowanie tym samym konieczności ingerencji serwisu w samej nagrzewnicy. Łącznik ŁTN-24 (rys.6) jest przełącznikiem półprzewodnikowym z zabezpieczeniem przeciwzwarciowym i przeciwpięciowym.

Łącznik jest przeznaczony do pracy w zakresie temperatur od -30°C do $+70^{\circ}\text{C}$. Może załączać prąd do 20A dla obciążeń o charakterze indukcyjnym. Zastosowane zabezpieczenie przeciwzwarciowe ma charakter bezpiecznikowy, tzn. po jego zadziałaniu konieczne jest zdjęcie napięcia sterującego i ponowne jego załączenie. Przykładowe przebiegi prądów przy

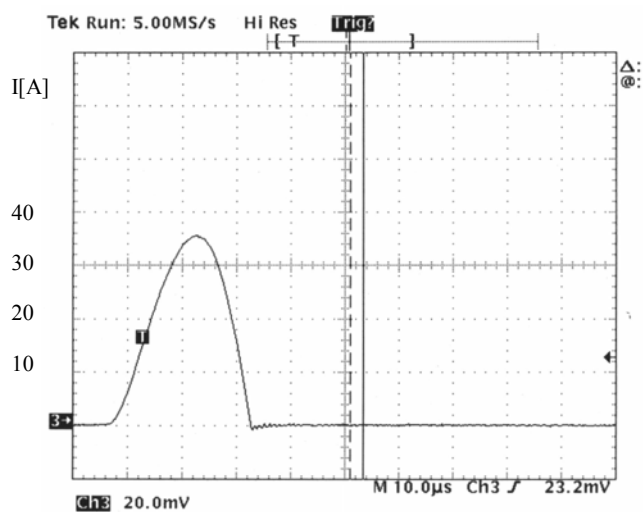
załączaniu obciążenia oraz załączania na zwarcie przedstawiono na rys.7 i 8.



Rys. 6. Widok łącznika ŁTN-24



Rys. 7. Prąd przy załączaniu obciążenia 400W (10A/dz.)

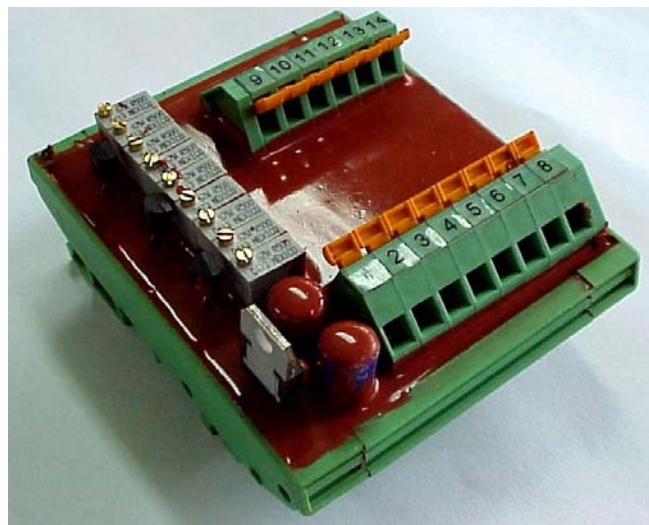


Rys. 8. Prąd przy załączaniu na zwarcie (10A/dz.)

Wymiary gabarytowe łącznika wynoszą 70 x 60 x 34 mm. Obudowa jest przystosowana do montażu 4 śrubami M4 z rozstawem 50 x 50 mm. Płytką drukowaną jest zalana kauczukiem silikonowym.

6.3 Moduł pośredniczący PCA3-01

Do sterowania serwonapędu przepustnic powietrza nagrzewnicy skonstruowano w IPS „TABOR” moduł pośredniczący PCA3-01 (rys.9). Jest to 3 kanałowy, 2 bitowy przetwornik c/a. Nie jest konieczne płynne sterowanie stopniem otwarcia przepustnic, wystarczą 3 pozycje. Opisany moduł zastosowano ze względów ekonomicznych, eliminując potrzebę zakupu 2 modułów wyjść analogowych do sterownika mikroprocesorowego.



Rys.9. Widok modułu PCA3-01

Moduł PCA3-01 jest przeznaczony do montażu na szynie Ts35 i posiada wymiary gabarytowe 68 x 82 x 42 mm. Pracuje w zakresie temperatur od -30°C do +70°C. Jego wyjścia analogowe są odporne na zwarcie. Całość jest hermetyzowana kauczukiem silikonowym.

7. Zasilanie

Do zasilania układów sterujących nagrzewnicy zastosowano opracowane w IPS „TABOR” zasilacze PWZ-04 (rys.10) o mocy 30W. Konstrukcja umożliwia pracę równoległą wielu modułów w zależności od zapotrzebowania. Gwarantują one ciągłość zasilania nawet w przypadku uszkodzenia przetwornicy. Następuje wówczas automatyczne przełączenie napięcia zasilania na napięcie niestabilizowane z jednoczesną sygnalizacją awarii (optyczną i elektryczną). Cechą wyróżniającą jest bardzo szeroki zakres zmian napięcia zasilana od 10V do 40 V.

Pozostałe parametry techniczne:

- znamionowe napięcie zasilania (Ucc) + 24V
- znamionowe napięcie wyjściowe (Uwy) + 24V ±1%

- prąd obciążenia 1250mA
- zakres temperatur pracy od - 40° C do+ 85°C
- odporność na przepięcia w g EN-50/155
- odporność na drgania i wstrząsy w g EN-50/155
- obudowa profil poliamidowy
- zaciski przyłączeniowe zaciski sprężynowe
- wskaźnik uszkodzenia dioda LED + styk n.o.
- w przypadku uszkodzenia Uwy = Ucc



Rys.10. Widok zasilacza PWZ-04

Zasilacz PWZ-04 jest przeznaczony do montażu na szynie Ts35 i posiada wymiary gabarytowe 68 x 82 x 42 mm.. Jest odporny na zwarcie. Całość jest hermetyzowana kauczukiem silikonowym

8. Sterownik mikroprocesorowy

W zespole zastosowano sterownik mikroprocesorowy firmy Selectron odporny na drgania i przystosowany do pracy w zakresie temperatur odpowiadających wymaganiom trakcyjnym. Jest on zamocowany na płycie (poz.6 na rys.1). Składa się z ośmiu modułów. Są to: 2 moduły wejść cyfrowych – CPU 725 CT i DIT 701 T, 3 moduły wyjść cyfrowych DOT 701 T, 1 moduł wejść analogowych AIT 704 T oraz 2 moduły pomiaru temperatury AIT 702 T.



Rys.10. Widok sterownika mikroprocesorowego

Na wejścia cyfrowe sterownika wprowadzone są następujące sygnały:

- załączenie nagrzewnicy
- temperatura zadana
- rodzaj pracy nagrzewnicy
- sygnały załączenia styczników załączających nagrzewnicę
- sygnały z wyłączników termicznych o nastawie 50°C
- stan styków presostatów
- sygnał zasilania obwodów termostatowania
- kasowanie sygnału awarii

Sygnały wprowadzone na wejścia analogowe sterownika:

- prądy nagrzewnic w zespole oraz grzałek podsiedzeniowych
- napięcia wysterowania przepustnic powietrza
- sygnał zasilania z baterii.

Sygnały wprowadzone na wejścia pomiarowe:

- temperatura zewnętrzna
- temperatura we wnętrzu wagonu
- temperatura w kanałach doprowadzających powietrze do wagonu
- temperatura w otoczeniu elementów grzejnych w zespole wentylacyjno-grzewczym.

Sygnały wyjściowe sterujące pracą zespołu:

- załączenie łączników tranzystorowych
- załączenie wentylatorów w zespole
- załączenie wentylatorów wyciągowych
- sterowanie przepustnicami
- zasilanie przepustnic
- sygnały stanu awarii
- temperatura w otoczeniu elementów grzejnych w zespole wentylacyjno-grzewczym.

9. Diagnostyka

Sterownik mikroprocesorowy pozwala na identyfikację awarii wyposażenia zespołu. W tym celu zastosowano złącze diagnostyczne, poprzez które w oparciu o oprogramowanie sterownika można uzyskać informacje o pracy zespołu. Dla użytkownika sygnały

stanów awarii sterownik przekazuje ponadto do 4 lampek sygnalizacyjnych umieszczonych we wnętrzu wagonu. Rodzaj awarii, który wskazują zaświecone poszczególne lampki określić można według umieszczonego obok lampek wykazu kodów uszkodzeń.

10. Badania homologacyjne

Zespół wentylacyjno-grzewczy został poddany badaniom homologacyjnym. Dotychczas pomyślnie zakończyły się następujące próby:

- sprawdzenie rezystancji izolacji
- sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej izolacji
- sprawdzenie nagrzewania się zespołu
- sprawdzenie wydajności wentylatorów

W najbliższym czasie przeprowadzone zostaną kolejne:

- próba pracy długotrwałej
- próba odporności izolacji na wilgoć
- sprawdzenie odporności zespołu na drgania mechaniczne.

11. Wnioski

Prezentowane rozwiązanie umożliwia dalszą rozbudowę zespołu. Dzięki kompaktowej budowie zespołu istnieje możliwość jego dostosowania do innych typów pojazdów. Ponadto biorąc pod uwagę duże możliwości sterowników mikroprocesorowych, uzasadnione jest rozszerzenie systemu diagnostycznego o oprogramowanie przewidziane dla obsługi serwisowej. Zastosowanie łączników bezstykowych zamiast styczników podnosi niezawodność, trwałość oraz zmniejsza poziom zakłóceń elektromagnetycznych. Zabezpieczenie przed zwarcie wszystkich obwodów napięcia 24V wychodzących poza skrzynię nagrzewnicy eliminuje konieczność ingerencji serwisu w samej nagrzewnicy z powodu zwarć w obwodach współpracujących z zespołem wentylacyjno-grzewczym.