

mgr inż. Damian Goliwąg
dr inż. Tadeusz Jakubowski
dr inż. Marian Kaluba
Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”

Inteligentny układ wytwarzania i uzdatniania sprężonego powietrza dla pojazdów trakcyjnych

W artykule zaprezentowano układ wytwarzania i uzdatniania sprężonego powietrza opracowany i wykonany w IPS TABOR, spełniający bardzo trudne wymagania eksploatacyjne, stawiane układom pneumatycznym pojazdów trakcyjnych eksploatowanych w naszej strefie klimatycznej. Układ ten tworzą: sprężarka, elementy układu uzdatniania powietrza i sterownik mikroprocesorowy.

Pracę sprężarki w zakresie wymaganego wydatku, temperatury i innych parametrów sprężonego powietrza nadzoruje - na podstawie pomiaru z wieku czujników temperatury i ciśnienia, sterownik mikroprocesorowy. Steruje on również pracą układu uzdatniania sprężonego powietrza zapewniającego wysoką jakość sprężonego powietrza dostarczanego do układu pneumatycznego pojazdu.

Omówiony układ wytwarzania i uzdatniania sprężonego powietrza został zastosowany w nowych EZT typu EN97 wykonanych dla WKD i dla lokomotywy 111E.

1. Wstęp

Sprężone powietrze jest czynnikiem niezbędnym do funkcjonowania pojazdu trakcyjnego. Wytwarzane jest i uzdatniane na pojeździe, w warunkach klimatycznych w jakich eksploatowany jest pojazd.

Aparatura i układy pneumatyczne pojazdu zasilane sprężonym powietrzem stawiają określone wymagania dotyczące ilości i jakości dostarczanego powietrza. Przy uwzględnieniu szerokiego zakresu temperatur eksploatacji pojazdów szynowych w polskiej strefie klimatycznej (T2 zakres -40°C $+35^{\circ}\text{C}$), zróżnicowanym zapyleniu i wilgotności pobieranego powietrza oraz drgań występujących na pojeździe, spełnienie stawianych wymagań i niezawodności dostarczania sprężonego powietrza na pojeździe staje się poważnym wyzwaniem inżynierskim.

Należy przede wszystkim zapewnić:

- niezawodne dostarczanie sprężonego powietrza przez sprężarkę z określoną intensywnością zależną od potrzeb w czasie całego życia pojazdu
- dostarczone do układu pneumatycznego pojazdu powietrze w każdych warunkach eksploatacji winno posiadać klasę czystości 2.2.2. (wg ISO 8573-1:2010)
- w ekstremalnych warunkach zimowych doprowadzenie temperatury oleju w sprężarce przed uruchomieniem do temperatury umożliwiającej bezawaryjne jej uruchomienie
- możliwość regulacji temperatury otoczenia sprężarki, sterownika i układu uzdatniania zarówno zimą jak i latem do poziomu zapewniającego

optymalną pracę układu

- możliwość automatycznej płynnej regulacji intensywności chłodzenia oleju wychodzącego ze sprężarki zależnie od realizowanej mocy i temperatury otoczenia
- uruchamianie zaworów spustu kondensatu z separatora cyklonowego i filtrów w odpowiednich przedziałach czasowych zarówno dla pracy ciągłej jak i przerywanej sprężarki
- automatyczne zabezpieczenie sprężarki przed nadzwyczajnymi awariami np przez wyłączenie agregatu sprężarkowego w przypadku przekroczenia dopuszczalnej temperatury oleju
- niski poziom hałasu układu wytwarzania sprężonego powietrza
- izolację sprężarki od drgań i przenoszenia hałasu na pudło.

Spełnienie powyższych wymagań stało się możliwe głównie dzięki zastosowaniu w opracowanym przez IPS układzie, sterownika mikroprocesorowego. Steruje on pracą całego układu według opracowanych algorytmów, na podstawie mierzonych wielkości z wielu czujników pomiarowych stanu oraz współpracujących z nim elementów wykonawczych.

2. Opis układu wytwarzania i uzdatniania sprężonego powietrza

Omawiany układ wytwarzania i uzdatniania sprężonego powietrza składa się z agregatu sprężarkowego (G) tłoczącego sprężone powietrze poprzez chłodnicę i układ uzdatniania do zbiorników. Pracą agregatu sprężarkowego, chłodnicy i zespołami układu uzdatniania sprężonego powietrza (łącznie ze funkcją ich podgrzewania) oraz ich współpracą, steruje opracowany w IPS sterownik 114ZE (H).

Układ uzdatniania sprężonego powietrza tworzą: separator cyklonowy WSDR25 (C) z elektrozaworem i podgrzewaniem, dwa filtry – wstępny DDR17 (D) i dokładny PDR17 (E) (również z elektrozaworami i ich podgrzewaniem), zawór zwrotny oraz osuszacz membranowy SDR6 (B) z zaworkiem elektropneumatycznym podającym powietrze do odprowadzenia wilgoci z osuszacza podczas pracy.

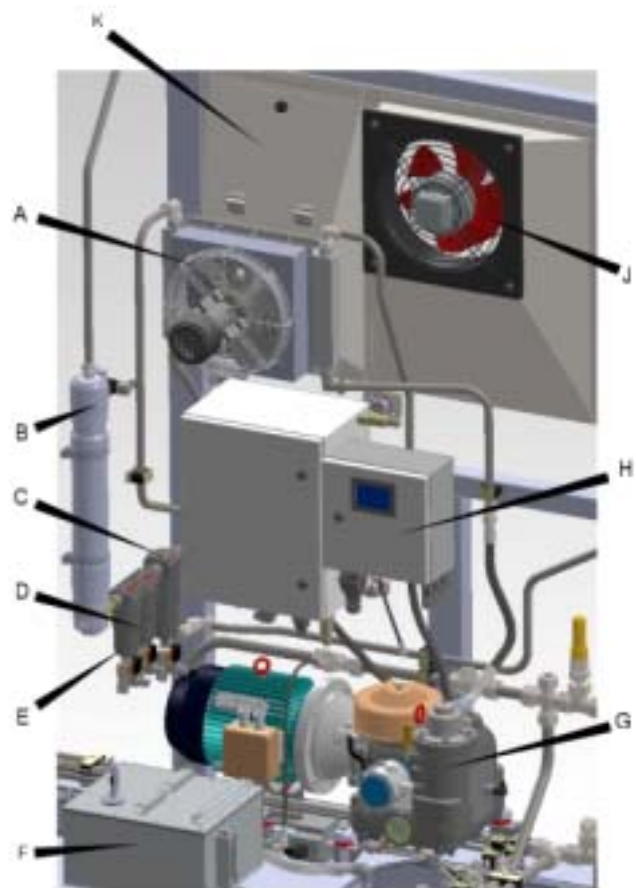
W pobliżu separatora cyklonowego i filtrów (D, E) znajduje się zbiornik kondensatu (F), do którego sływa kondensat cyklicznie usuwany przez zaworki z separatora cyklonowego i filtrów. Sterowanie tymi zaworami odbywa się ze sterownika wg specjalnego programu. Zbiornik skroplin wyposażony jest w przewód odpowietrzający i zawór bezpieczeństwa wyregulowany na 0,3 – 0,5 bar. Posiada on również wskaźnik poziomu zebranego kondensatu, przewód z kurkiem umożliwiającą usunięcie skroplin do przygotowanego naczynia (aby następnie poddać go utylizacji) oraz grzałkę. Gdy temperatura otoczenia spadnie

poniżej 4 °C sterownik załącza grzanie filtrów i zbiornika skroplin umożliwiając prawidłową pracę układu w ujemnych temperaturach.

Oczyszczone i osuszone powietrze akumulowane jest w zbiornikach głównych pojazdu.

Widok układu wytwarzania i uzdatniania sprężonego powietrza przedstawiono na rys. 1.

Układ połączeń elektrycznych zaworów, czujników i elementów grzejnych układu ze sterownikiem przedstawiono na rys. 2



A	wentylator chłodnicy	F	zbiornik skroplin
B	osuszacz membranowy	G	agregat sprężarkowy
C	separator cyklonowy	H	sterownik układu
D	filtr wstępny	J	wentylator wyciągowy
E	filtr dokładny		

Rys. 1. Układ wytwarzania i uzdatniania sprężonego powietrza 316B1 (33WE)

2.1. Agregat sprężarkowy

Agregat sprężarkowy (G) zbudowany jest na bazie śrubowej sprężarki kompaktowej TEMPEST 3 napędzanej silnikiem elektrycznym typu WU-DF 132SJX-H P-7,5kW; łapowo-kołnierzym ; IP55; z uzwojeniem w klasie izolacji H;o regulowanej prędkości obrotowej (2200÷4700 obr./min.).

Agregat sprężarkowy wyposażony jest w grzałkę zanurzoną w zbiorniku oleju i matę grzewczą zamontowaną na zewnętrznej powierzchni korpusu filtra oleju.

Separator cyklonowy nie posiada wkładu filtrującego. Kondensat gromadzi się na dnie obudowy separatora cyklonowego, skąd jest cyklicznie usuwany przez zabudowany na nim elektrozawór. Zawór wyposażony jest w podgrzewacz.

Chociaż separator cyklonowy usuwa większe drobiny skroplin, to sprężone powietrze opuszczające go nie jest na tyle czyste aby mogło być bezpośrednio skierowane na włókna osuszacza membranowego (B). Z tego powodu pomiędzy separatorem cyklonowym, a osuszaczem membranowym montuje się filtry wstępnego i dokładnego oczyszczania, stanowiące konieczną barierę dla zanieczyszczeń sprężonego powietrza (przede wszystkim małych kropli wody i oleju).

Filtr wstępny

Filtr wstępny DDR (D) służy do wstępnego usuwania drobin przed osuszaczem membranowym. Zatrzymuje on przede wszystkim cząsteczki wody i oleju, które przedostały się przez separator cyklonowy. Drobin te zatrzymywane są na wkładzie filtrującym oraz w formie kondensatu są spuszczone automatycznie przez zabudowany na filtrze zawór elektropneumatyczny do zbiornika skroplin. Zawór wyposażony jest w podgrzewacz

Filtr dokładny

Filtr dokładny PDR (E) to filtr o wysokiej wydajności do usuwania drobin kurzu, cieczy i aerozoli. Jest instalowany między filtrem DDR (D) a osuszaczem membranowym (B). Wkład filtrujący pochłania drobne cząstki stałe. Mgła wodno-olejowa skrapla się a kropelki te są zatrzymywane i odprowadzane automatycznie tak jak to opisano powyżej dla filtra DDR.

Osuszacz membranowy

Osuszacz membranowy (B) składa się z wielu tysięcy włókien polimerowych (stanowiących sito molekularne) umieszczonych w metalowym korpusie zamkniętym na stałe z obu stron pokrywami. W jednej pokrywie znajduje się otwór wlotowy sprężonego powietrza do osuszacza poprzedzony zaworem zwrotnym. W drugiej pokrywie znajduje się otwór wylotowy osuszonego sprężonego powietrza do instalacji (Rys. 5.).



Rys. 5. Osuszacz membranowy

2.4. Sterownik układu

Mikroprocesorowy układ wytwarzania i uzdatniania powietrza typu 114ZE (H) służy do sterowania pracą sprężarki, chłodnicy i elementów układu uzdatniania.

Oprócz jednostki CPU, wejściowych i wyjściowych modułów pomiarowo-sterujących, zawiera zabezpieczenia prądowe, falowniki 3x400 VAC do sterowania prędkością obrotową sprężarek i wentylatorów chłodnicy, styczniki do za- i wyłączania obwodów grzewczych: sprężarki, układu uzdatniania sprężonego powietrza i zbiornika skroplin oraz czujniki ciśnienia i temperatur.

Wewnątrz skrzynki falowników zabudowana jest grzałka.

Dodatkowo urządzenie wyposażono w dotykowy panel operatorki z zainstalowanym intuicyjnym oprogramowaniem informującym personel o stanach pracy, awariach, motogodzinach, wartościach ciśnienia.

3. Zasada działania układu

Agregat sprężarkowy

Sprężarka napędzana jest silnikiem elektrycznym WU-DF 132SXX-H o regulowanej prędkości obrotowej (2200÷4700 obr./min.) przez sterownik. Na podstawie pomiarów realizowanych przez czujniki, sterownik ustala wartość chwilowego zapotrzebowania na sprężone powietrze na pojeździe i przy pomocy falownika realizuje płynne sterowanie wydajnością sprężarki (27÷58 m³/h).

Agregat sprężarkowy przeznaczony jest do pracy przerywanej lub ciągłej w bardzo szerokim zakresie temperatur otoczenia (-40 ÷ +40 °C). W zasadzie podczas eksploatacji ez, agregat sprężarkowy pracuje w trybie przerywanym, choć przy dużych nieszczelnościach może również pracować w sposób ciągły.

W pojeździe 33WE (WKD) zabudowane są dwa główne agregaty sprężarkowe.

Pracują one w jednym z dwóch trybów pracy:

- jako sprężarka „podstawowa”
- jako sprężarka „dodatkowa”.

Tryb pracy uzależniony jest od sygnału z aktywnej kabiny. Jeżeli sprężarka znajduje się po stronie aktywnej kabiny, pracuje jako sprężarka „dodatkowa”, jeśli natomiast sprężarka znajduje się po stronie nieaktywnej kabiny pracuje jako sprężarka „podstawowa”.

Sprężarka „podstawowa” pracuje w zakresie ciśnień 0-850 kPa. Wyłączenie sprężarki następuje po osiągnięciu ciśnienia w zbiorniku głównym 850 kPa. Ponowne załączenie sprężarki następuje jeśli w zbiorniku głównym ciśnienie wyniesie 700kPa lub mniej.

W przypadku gdy podczas eksploatacji pojazdu w instalacji pneumatycznej ciśnienie spadnie ze względów nadzwyczajnych poniżej 580 kPa lub podczas napełniania próżnego układu pneumatycznego pojazdu, pracę podejmuje również „dodatkowy” agregat sprężarkowy. Po osiągnięciu w instalacji ciśnienia 680 kPa agregat „dodatkowy” zostaje wyłączony, a dalsze napełnianie zbiorników do ciśnienia 850 kPa realizuje agregat „podstawowy”.

W trakcie normalnej eksploatacji (brak nadmiernej zapotrzebowania na sprężone powietrze), pracuje jedynie agregat „podstawowy”. Wyjątek stanowi sytuacja, gdy sprężarka ta awaryjnie osiągnie temperaturę pracy powyżej 100 °C. Wówczas będzie ona zatrzymana, a jako sprężarka „podstawowa” załączony zostanie agregat sprężarkowy znajdujący się za aktywną kabiną maszynisty. Ponowne załączenie wyłączzonego agregatu sprężarkowego, który osiągnął 100 °C, następuje po jego ostygnięciu do temperatury około 70 °C. Fakt ten jest przekazywany do systemu diagnostycznego pojazdu oraz wyświetlany jest na pulpicie sterującym maszynisty. Niemniej dzięki takiemu rozwiązaniu możliwa jest awaryjna eksploatacja pojazdu (brak konieczności natychmiastowego wyłączenia pojazdu z ruchu), gdyż mimo to zapewnione jest sprężone powietrze na pojeździe. Wzrost temperatury do poziomu 100 °C nie jest normalną sytuacją eksploatacyjną i jest wynikiem dużego zanieczyszczenia chłodnicy lub awarii wentylatora chłodnicy. Przyczyna przegrzewania się agregatu sprężarkowego musi być zdiagnozowana i usunięta w najbliższym czasie przez obsługę serwisową pojazdu.

Optymalną temperaturą pracy agregatu sprężarkowego (ze względu na żywotność agregatu, żywotność oleju, parametry smarne i antykorozyjne oleju oraz jakość sprężanego powietrza) jest temperatura oleju sprężarki 60÷80 °C.

Gdy temperatura oleju jest niższa niż ok. 70 °C zawór termostatyczny sprężarki jest zamknięty i olej w agregacie przepływa w tzw. krótkim obiegu, tzn. z pominięciem chłodnicy.

Termostat zamykając i otwierając się, zapewnia we współpracy z chłodnicą, właściwą (optymalną) temperaturę pracy agregatu sprężarkowego. Gdy temperatura oleju jest większa niż 70 °C otwiera się płynnie zawór termostatyczny i olej płynie do chłodnicy, skąd po schłodzeniu i przejściu przez filtr oleju kierowany jest z powrotem do zbiornika oleju agregatu sprężarkowego.

W celu osiągnięcia optymalnych parametrów pracy sprężarki, sterownik, tak płynnie steruje silnikiem, wentylatorem chłodnicy, ogrzewaniem i zaworem ssącym (sterowanym elektropneumatycznie), by jak najszybciej osiągnąć i utrzymywać właściwe parametry pracy agregatu sprężarkowego.

Jeżeli temperatura oleju po uruchomieniu sprężarki nie osiągnęła 60 stopni a ciśnienie w zbiorniku głównym wynosi już 850 kPa, następuje zamknięcie zaworu ssania, przejście na średnie uzyskać wzrost temperatury do poziomu optymalnego. Silnik w tym trybie pracuje do momentu osiągnięcia przez olej 60 stopni lub przez czas 10 minut. Po spełnieniu tych warunków następuje otwarcie zaworu ssania, odblokowanie pracy chłodnicy, załączanie zaworów i tłoczenie sprężonego powietrza do zbiornika głównego do poziomu ciśnienia 850 kPa. Podczas

sytuacji opisanej wyżej, gdy zawór ssania jest zamknięty i wystąpi szybki spadek ciśnienia w zbiorniku głównym pojazdu (poniżej progu 700 kPa), następuje otwarcie zaworu ssania.

Sprężarka główna działająca jako „dodatkowa” na pojeździe WKD, pracuje analogicznie jak sprężarka „podstawowa” z tym, że zakres ciśnień w którym podejmuje pracę wynosi 0-750 kPa. Wyłączenie następuje po osiągnięciu na zbiorniku głównym ciśnienia 750 kPa. Ponowne załączenie sprężarki dodatkowej wystąpi jeśli na zbiorniku głównym ciśnienie spadnie poniżej 650 kPa.

Agregat sprężarkowy wyposażony jest w grzałkę zanurzoną w zbiorniku oleju i matę grzewczą zamontowaną na zewnętrznej powierzchni korpusu filtra oleju. Jeśli sterownik 114ZE wykryje zbyt niską ujemną temperaturę oleju następuje założenie czasowej blokady na start silnika sprężarki i załączenie grzałek. Gdy temperatura oleju wynosi poniżej -30°C, załączana jest grzałka oleju i mata grzewcza na filtrze. Po upływie 15 minut następuje wyłączenie grzałki oleju oraz maty grzewczej i następuje zezwolenie na uruchomienie silnika sprężarki. Gdy temperatura oleju mieści się w przedziale od -30°C do -15°C załączana jest również grzałka oleju i mata grzewcza na filtrze a po upływie 7 minut następuje wyłączenie grzałki oleju oraz maty grzewczej i następuje zezwolenie na uruchomienie sprężarki. W wyższych temperaturach (powyżej -15°C) nie zostaje założona blokada na start silnika sprężarki oraz nie zostają załączone grzałki i uruchomienie sprężarki następuje od razu. Blokada startu silnika sprężarki i podgrzewanie oleju sygnalizowane jest na panelu operatorskim sterownika oraz informacja ta jest wysyłana po magistrali danych do sterownika pojazdu.

W układzie zastosowano dwa czujniki pomiarowe ciśnienia. Jeden mierzy ciśnienie w separatorze oleju sprężarki, drugi ciśnienie w zbiorniku głównym pojazdu. Na podstawie tych ciśnień sterownik diagnozuje stan zanieczyszczenia separatora i filtrów oraz dobiera wydatek sprężarki na takim poziomie, że umożliwi warunkową eksploatację układu. Pomiar temperatury oleju, dokonywany jest dwoma niezależnymi torami pomiarowymi przy pomocy podwójnego czujnika Pt100, który mierzy temperaturę oleju w zbiorniku oleju (redundancja: sprężarka może normalnie pracować z jednym uszkodzonym torem pomiarowym czujnika temperatury oleju).

O parametrach pracy sprężarki i awariach czujników informuje sterownik na swoim wyświetlaczu lub wyświetlacz na pulpicie, który otrzyma te informacje od sterownika 114ZE przez magistralę danych pojazdu.

Chłodnica

Załączenie wentylatora chłodnicy podczas pracy sprężarki następuje w określonych warunkach:

- gdy temperatura otoczenia jest dodatnia oraz temperatura oleju wynosi powyżej 50 stopni
- gdy temperatura otoczenia jest ujemna i temperatura oleju wynosi powyżej 60 stopni

W celu dopasowania wydajności cieplnej zespołu chłodnicy do obciążenia sprężarki, napęd wentylatora chłodnicy odbywa się ze zmienną prędkością obrotową. Realizowane jest przez falownik silnika wentylatora sterowany przez sterownik na podstawie mierzonych temperatur.

Kanał, na którym jest zabudowana chłodnica posiada otwierany na czas zimy upust, dzięki czemu wentylator nie pobiera zimnego powietrza bezpośrednio z zewnątrz. Zapewnia to dodatkowo podgrzewanie przedziału maszynowego w okresie zimy co stwarza lepsze warunki pracy sprężarki szczególnie w przypadku pracy przerywanej.

Separator cyklonowy

Z separatora cyklonowego kondensat jest cyklicznie usuwany przez zabudowany na nim normalnie otwarty elektrozawór (w pracy przerywanej sprężarki po zatrzymaniu pracy sprężarki, a podczas pracy ciągłej sprężarki w określonych interwałach czasowych). Zawór ten sterowany jest przez sterownik. Zawór wyposażony jest w podgrzewacz, który w przypadku temperatury zewnętrznej mniejszej niż 4 °C zostaje automatycznie włączony chroniąc zawór przed zamarzaniem i utratą drożności.

Filtry

Normalnie otwarte zawory spustu kondensatu z filtrów wstępnego i dokładnego uruchamiane są przez sterownik. Zawory również wyposażone są w podgrzewacz, który w przypadku temperatury zewnętrznej mniejszej niż 4 °C zostaje automatycznie włączony chroniąc zawór przed zamarzaniem i utratą drożności.

Wyłączenie (zdjęcie napięcia z cewek) zaworów cyklonu i filtrów następuje po około 30 sekundach od momentu wyłączenia silnika sprężarki. Po tym czasie uruchamiana jest sekwencja załączania i wyłączenia zaworów w celu wydalenia z nich kondensatu.

Osuszacz

Oczyszczone ale wilgotne sprężone powietrze (bez oleju, wody i cząsteczek stałych) wpływa do pokrywy wlotu. Powietrze przepływa przez pory włókien polimerowych. Wskutek różnicy w ciśnieniu cząsteczkowym, molekuly pary wodnej przenikają przez polimer. Suche powietrze przepływa dalej i wypływa przez pokrywę wylotu.

Niewielka ilość osuszonego już powietrza (10÷15 %) jest zawracana i wykorzystywana w charakterze powietrza regenerującego (osuszającego), wytwarzającego różnicę w ciśnieniu cząsteczkowym na włóknach polimerowych. Przepływa ono przez dyszę wewnątrz kanału powietrznego i opływa włókna

z zewnątrz. Suche powietrze regenerujące, zabiera cząstki pary zebrane z zewnętrznych powierzchni włókien, przepływa w kierunku przeciwnym do strumienia osuszającego i wilgotne wypływa do atmosfery z osuszacza membranowego przez otwory odpowietrzające usytuowane w dolnej części obudowy.

Osuszacz membranowy jest wyposażony w zawór elektropneumatyczny do załączenia przepływu powietrza regenerującego. Gdy sprężarka zaczyna pracować, zawór elektropneumatyczny jest zasilany i następuje jego otwarcie, co umożliwia przepływanie powietrza regenerującego przez zawór i dalej przez zewnętrzne powierzchnie włókien osuszających. W przypadku zatrzymania sprężarki zasilanie zaworu zostaje przerwane a przepływ powietrza odcięty.

Sterownik

Praca układu wytwarzania i uzdatniania sprężonego powietrza jest inteligentnie sterowana mikroprocesorowym sterownikiem na podstawie wykonywanych przez niego pomiarów wielu parametrów. Sterowanie parametrami pracy układu uzdatniania sprężonego powietrza i agregatu sprężarkowego realizuje opracowany w IPS Tabor sterownik 114ZE (H). Sterownik również realizuje eksploatacyjne za- i wyłączenia agregatu sprężarkowego zgodnie z algorytmem sterowania układem wytwarzania i uzdatniania. Sterownik działa na podstawie pomierzonych parametrów zewnętrznych (ciśnień i temperatur) i steruje zewnętrznymi urządzeniami wykonawczymi układu (falowniki, styczniki, silniki, zawory elektropneumatyczne, grzałki, siłowniki pneumatyczne). Dzięki temu samoczynnie układ dostosowuje się do zmieniających się warunków eksploatacji zapewniając optymalne warunki pracy całego układu, jego bezawaryjną pracę oraz diagnostykę dostępną z wyświetlacza sterownika jak również z poziomu panelu operatorskiego maszynisty.

Na przykład, jeżeli temperatura wewnątrz skrzynki falowników spadnie poniżej +10°C następuje załączenie grzałki zabudowanej wewnątrz skrzynki falowników, grzanie trwa tak długo aż temperatura wzrośnie powyżej +10°C. W sytuacji skrajnej gdy temperatura wewnątrz skrzynki falowników spadnie poniżej -20°C następuje zablokowanie startu silnika sprężarki na okres 7 minut załączana jest grzałka, która grzeje wnętrze do temperatury powyżej +10°C.

Użytkownik komunikuje się z sterownikiem całego układu za pomocą panelu wyświetlacza LCD, zabudowanego w obudowie sterownika: wyświetlane są informacje o parametrach pracy układu sprężarki i o ewentualnych jego nieprawidłowościach w działaniu.

W celu osiągnięcia optymalnych parametrów pracy, sterownik, płynnie steruje silnikiem, wentylatorem chłodnicy, ogrzewaniem i zaworem ssącym sprężarki (sterowanym elektropneumatycznie), by jak najszybciej osiągnąć i utrzymać w czasie eksploatacji wła-

ściwe parametry pracy agregatu sprężarkowego.

Ujemna temperatura otoczenia

Jeśli temperatura otoczenia spadnie poniżej 4°C stopni następuje załączenie grzałek rezystancyjnych cyklonu, filtra wstępnego i dokładnego oraz załączenia grzałki zbiornika skroplin w celu nie dopuszczenia do zamarznięcia kondensatu. Wyłączenie grzania zaworów i zbiornika skroplin następuje powyżej 4°C temperatury otoczenia.

Praca wentylatora przedziału maszynowego

Wentylator przedziału maszynowego załączany jest wówczas gdy temperatura otoczenia (przedziału) jest większa od +30°C lub temperatura skrzynki falowników wzrosła powyżej +40°C. Wentylator wyłączany jest gdy temperatura otoczenia spadnie poniżej 30°C lub temperatura skrzynki falowników spadnie poniżej +40°C.

Zakończenie

Zaprezentowany wyżej układ wytwarzania i uzdatniania sprężonego powietrza spełnił wymagania stawiane układom zasilania pojazdów trakcyjnych w sprężone powietrze.

Osiągnięto to dzięki zastosowaniu sprężarki o regulowanym wydatku sprężanego powietrza i innych elementów układu, sterowanych sterownikiem mikroprocesorowym 114 ZE działającym wg opracowanego algorytmu na podstawie mierzonych parametrów zewnętrznych przez sterownik. Wyżej przedstawiony układ w pełni zabezpiecza zasilanie pojazdu w wymaganą ilość sprężonego powietrza o określonej klasie czystości, niezależnie od szerokiego zakresu warunków zewnętrznych i temperatur otoczenia.

Układ ten (sprężarka wraz z układem sterowania) został poddany badaniom na stanowiskach badawczych w IPS pod kątem pomiaru regulowanego wydatku sprężarki przy różnych parametrach zasilania i w całym zakresie spodziewanych parametrów eksploatacyjnych, w tym także w skrajnych temperaturach - 35°C i +40°C w komorze termicznej .

Po uzyskaniu pomyślnych wyników układ został zabudowany w elektrycznych zespołach trakcyjnych 33WE (typu EN97) wykonanych przez Pesę Bydgoszcz dla WKD, gdzie również pomyślnie przeszedł próby eksploatacyjne. Również w nowobudowanej przez Pesę Bydgoszcz lokomotywie 111E zastosowano wypróbowany na 33WE inteligentny system sterowania wytwarzaniem i uzdatnianiem sprężonego powietrza.