

dr inż. ZYGMUNT SZYMAŃSKI
Politechnika Śląska, Katedra Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa
mgr inż. ZBIGNIEW GAŁUSZKIEWICZ
Megatech
mgr JAROSŁAW NAPIERAŁA
NT Polska, sp. z o.o.

Nowoczesne układy zasilania i sterowania trakcji elektrycznej dołowej

W artykule opisano budowę, zasadę działania oraz wybrane obwody zasilania i sterowania prostownika górniczego typu: NTP 54A 250/6/0,25DC. Układy sterowania i diagnostyki prostownika współpracują ze mikrokontrolerami i sterownikami programowalnymi PLC. Prostownik NTP 54A 250/6/0,25DC jest rozwiązaniem alternatywnym w stosunku do obecnie stosowanych prostowników trakcyjnych: APSP oraz APST. Zastosowanie prostownika NTP 54A 250/6/0,25DC w układzie zasilania trakcji przewodowej powinno spowodować znaczną poprawę bezpieczeństwa pracy, zmniejszyć liczbę uszkodzeń lokomotyw przewodowych przez poprawę skuteczności zadziałania zabezpieczeń prostownika. Zastosowanie nowej konstrukcji prostownika do trakcji kopalnianej przyniesie znaczne efekty ekonomiczne i spowoduje poprawę parametrów eksploatacyjnych trakcji przewodowej. W artykule przedstawiono również możliwości zastosowania sterowania rozproszonego w układach zasilania i sterowania trakcji elektrycznej dołowej.

1. WSTĘP

Transport urobku w podziemnych zakładach górniczych jest realizowany przez transport poziomy (szynowy lub przenośnikowy) oraz transport pionowy (szyby wydobywcze – skipowe lub klatkowe). Transport przenośnikowy obejmuje: ciągi przenośników transportowych (zgrzeblowych i taśmowych) oraz stacje załadownicze i wyładownicze w przodkach i na podszybiach. Proces sływu urobku ze ścian kombajnowych lub strugowych do stacji załadowniczych jest nierównomierny i ma charakter stochastyczny, dlatego w stacjach przeładunkowych stosowane są zbiorniki akumulacyjne, w których gromadzony jest urobek dostarczany ze ścian wydobywczych. Do transportu urobku, materiałów oraz przewozu załogi wykorzystuje się również transport szynowy: trakcję elektryczną przewodową lub kolejki podwieszane. Do zasilania sieci trakcyjnej stosowane są prostowniki trakcyjne typu: APSP, lub APST, opracowane

przed 30 laty [1,2]. W artykule przedstawiono budowę oraz obwody zasilania i sterowania nowoczesnego prostownika górniczego typu NTP 54A 250/6/0,25DC, w którym zastosowano układy mikroprocesorowe. Prostownik NTP 54A 250/6/0,25DC posiada nowoczesną budowę kompaktową oraz rozszerzone zakresy parametrów eksploatacyjnych, w stosunku do konstrukcji zasilaczy trakcyjnych: APSP, APST. Nowoczesne układy sterowania, monitoring oraz wizualizacja parametrów eksploatacyjnych, sygnalizacja stanów awaryjnych, zwiększyły pewność i niezawodność pracy oraz bezpieczeństwo eksploatacji transportu szynowego. W artykule przedstawiono analizę możliwości zastosowania sterowania rozproszonego w układach zasilania i sterowania trakcji elektrycznej dołowej. Sterowanie rozproszone zastosowano w układzie sterowania podszybia: samoczynne przemieszczanie wozów z uwzględnieniem sterowania zdalnego i lokalnego oraz sterowanie pracą prostownika zasilającego przewód jezdny. Proponowane rozwiązanie umożliwia monitoring parametrów eksploatacyjnych oraz

wizualizację i diagnostykę stanów pracy systemu. Proponowane rozwiązania były testowane w kilku kopalniach. Prostownik NTP 54A 250/6/0,25DC pracował bezawaryjnie przez 2 miesiące w różnych warunkach eksploatacyjnych.

2. PRZEWOŹNY PROSTOWNIK GÓRNICZY TYPU NTP 54A 250/6/0,25DC

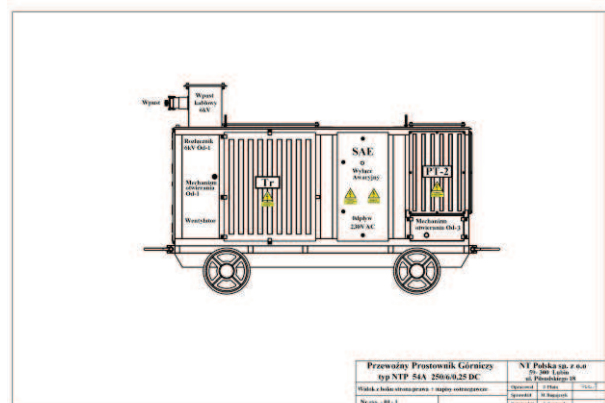
Przewoźny prostownik górniczy typu NTP 54A 250/6/0,25DC [4,5,6] jest przeznaczony do zasilania elektrycznej trakcji przewodowej lub innych odbiorników o napięciu znamionowym 250 V DC, w wyrobiskach podziemnych zakładów górniczych, w pomieszczeniach zaliczanych do stopnia „a” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz do klasy A niebezpieczeństwa wybuchu pyłu węglowego. Prostownik górniczy jest wyposażony w dwa niezależne odpływy prądu stałego: 500 A, 250 V DC i jeden odpływ prądu przemiennego: 230 V AC. Podstawowe parametry techniczne prostownika NTP 54A 250/6/0,25 przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

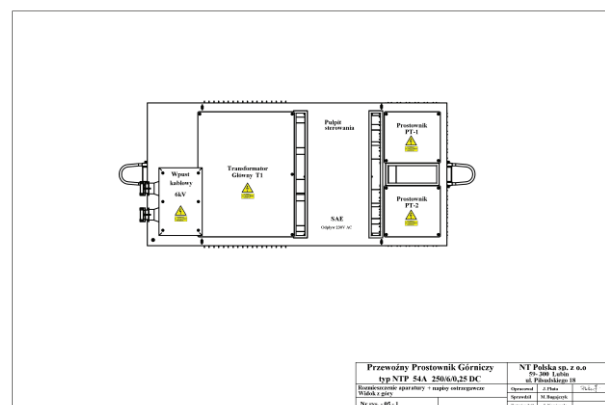
Dane techniczne przewoźnego prostownika górniczego

Moc znamionowa	250 kW
Napięcie znamionowe górne SN	6000 V
Napięcie wyprostowane	250 VDC \pm 10%
Znamionowy prąd wyprostowany ciągły odpływ I	340 A/DC
Znamionowy prąd wyprostowany maksymalny odpływ I	500 A/DC
Maksymalny prąd wyprostowany 1 min. Odpływ I	\leq 750 A/DC
Znamionowy prąd wyprostowany ciągły odpływ II	340 A/DC
Znamionowy prąd wyprostowany maksymalny odpływ II	500 A/DC
Maksymalny prąd wyprostowany 1 min. Odpływ II	\leq 750 A/DC
Znamionowy prąd przewodu powrotnego	680/1000 A/DC
Maksymalny przekrój kabli przyłączeniowych zasilania 6 kV	70 mm ²
Maksymalny przekrój kabli dolnego napięcia	240 mm ²
Prąd znamionowy odłącznika 6 kV AC	630 A
Wytrzymałość zwarciova 1 s odłącznika 6 kV AC	25 kA
Znamionowy prąd ciągły odłącznika DC	2000 A
Znamionowy prąd wytrzymywany 3 s odłącznika DC	60 kA
Sposób chłodzenia transformatora mocy	AN
Moc znamionowa transformatora pomocniczego	3,5 kVA
Napięcie wewnętrznych obwodów pomocniczych AC	230 V, 24 V
Gabaryty przewoźnego prostownika (dł. \times szer. \times wys.)	2576 \times 1226 \times 1780 mm
Stopień ochrony IP	IP 54
Masa przewoźnego prostownika	2200 kg

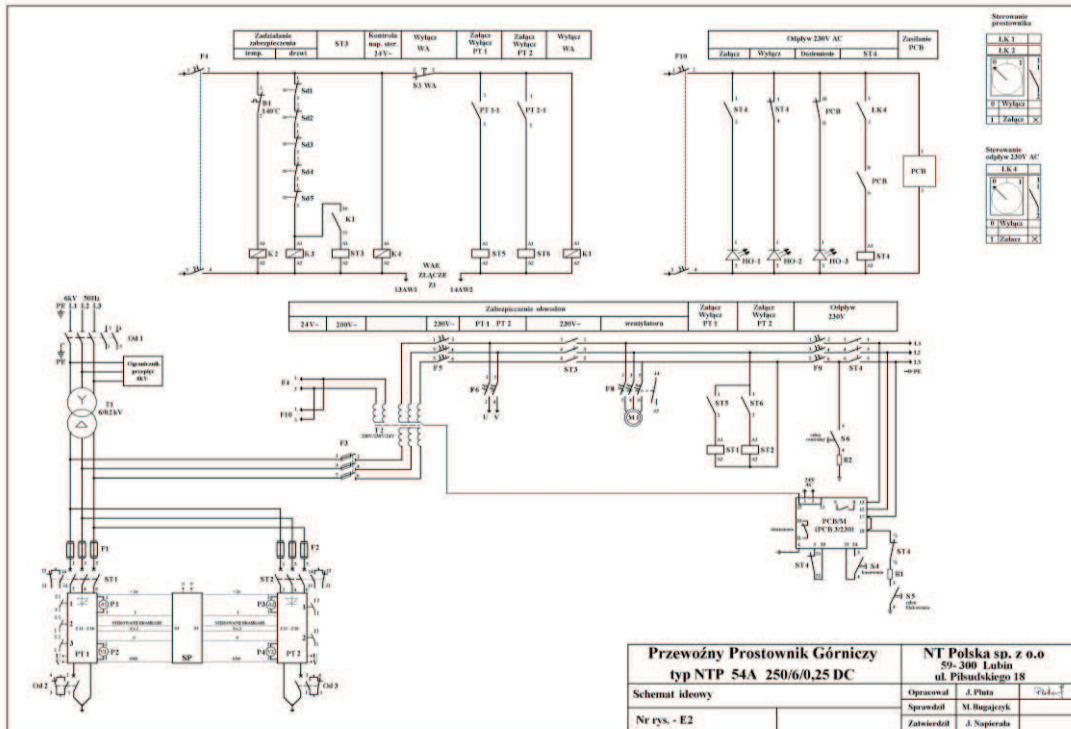
Przewoźny prostownik górniczy wykonany jest w obudowie stalowej z kształtowników stalowych i blachy stalowej, zabezpieczonej antykorozyjnie. Obudowa posiada stopień ochrony nie niższy niż IP-54. Konstrukcja prostownika jest podzielona na następujące części: komora przyłączowa kabli GN, komora rozłącznika Od1 AC, GN (z uziemnikiem), komora wentylatora przewietrzającego i transformatora pomocniczego, komora transformatora głównego, komora modułu przekształtników PT1 i PT2 i odłączników Od2 i Od3 napięcia stałego, komora aparatury sterowniczej i zabezpieczającej dolnego napięcia SAE, komora sterowniczo-pomiarowa. Na rys. 1 przedstawiono widok z przodu prostownika NTP 54A 250/6/0,25DC z zaznaczeniem poszczególnych komór, a na rys. 2 jego widok z góry. Komora przyłączowa kabli GN znajduje się nad komorami: rozłącznika Od1 6 kV oraz wentylatora i transformatora pomocniczego. Obok znajduje się komora transformatora głównego, która oddzielona jest podwójną blachą zapewniającą izolację termiczną transformatora od komory aparatury sterowniczo-zabezpieczającej dolnego napięcia – SAE oraz komory sterowniczo-pomiarowej. Obok znajdują się komory modułów



Rys. 1. Widok prostownika NTP 54A 250/6/0,25DC widok z przodu



Rys. 2. Widok z góry prostownika NTP 54A 250/6/0,25DC



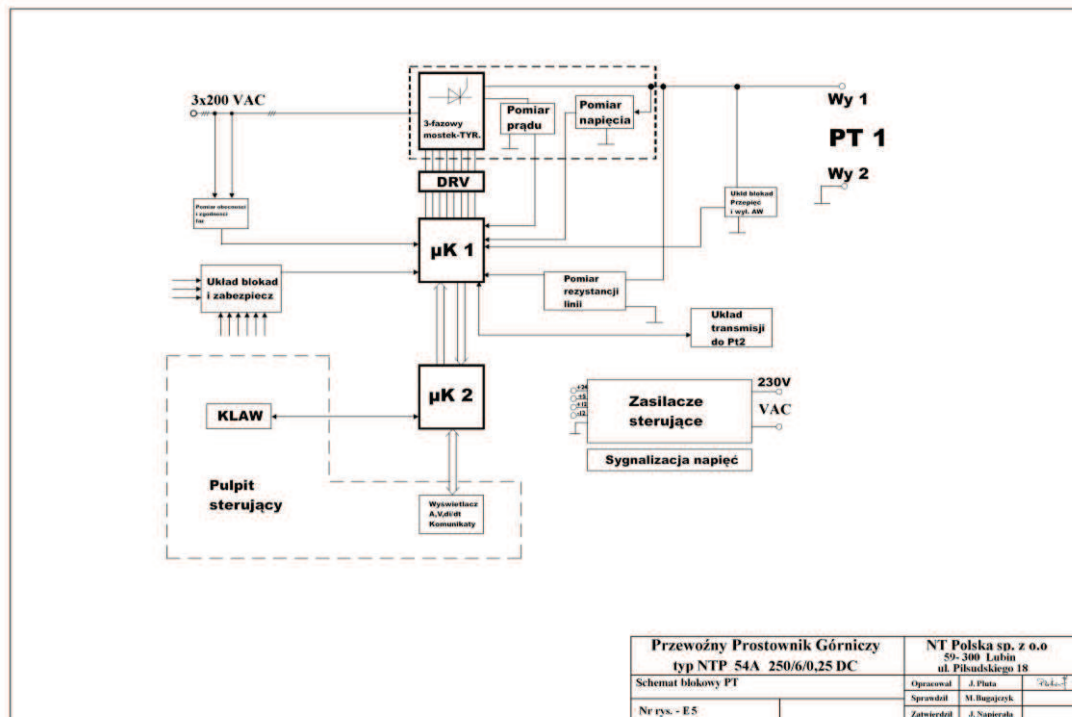
Rys. 3. Schemat ideowy przewoźnego prostownika górniczego

przekształtników PT1 i PT2 oraz komora odłączników napięcia stałego Od2 i Od3, które oddzielone są podwójną blachą zapewniającą izolację termiczną. W ścianie oddzielającej komorę rozłącznika 6 kV od komory wentylatora przewietrzającego wykonano otwór zaślepiiony szczelną membraną. Membrana ulega wyciśnięciu w przypadku wystąpienia zwarcia łukowego w komorze przyłączowej kabli 6 kV. W komorze transformatora głównego znajduje się transformator suchy typu AS3KT/519 6000/200 V o mocy 285 kVA, wykonany w klasie izolacji H. Od strony wewnętrznej dostępne są szyny uzwojenia GN połączone w gwiazdę, umożliwiające nastawę napięcia strony DN w granicach: ($\pm 5\%$, $- 10\%$) U_{2n} . Tor prądowy napięcia dolnego połączony jest przez przewody elastyczne do styczników głównych ST1 i ST2 w komorze SAE. Na ścianie bocznej zabudowane są przepusty kablowe na przewody sterownicze czujników temperatury transformatora mocy. Czujniki mierzą temperaturę kolumn transformatora w sposób ciągły. W dwóch komorach modułów przekształtników zabudowane są prostowniki PT1 i PT2, umieszczone w obudowie stalowej, wraz z zewnętrznymi radiatorami i wewnętrznymi układami połączeń i obwodami chłodzenia. Pod pokrywą górną komory zainstalowane są: wyłączniki krańcowe Sd3 (PT1) i Sd5 (PT2), blokady kontroli i otwarcia pokrywy komór, powodujące wyłączenie napięć 200 V i 230 V. Pod komorą prostowników znajdują się odłączniki prądu stałego Od2 i Od3.

Zabudowane są odłączniki nożowe prądu stałego typu OWD 101 w.02/1, wyposażone w napęd dźwigniowy ręczny. Operacje łączeniowe odłącznika wykonuje się przy użyciu specjalnej dźwigni, nakładanej na tuleję napędu zewnętrznego. Wymaga się, aby w czasie pracy przewoźnego prostownika górniczego dźwignia nie pozostawała stale sprzęgnięta z napędem zewnętrznym odłącznika.

W ścianie komory znajdują się wzierniki, umożliwiające obserwację położenia styków odłącznika. Odłączniki Od2, Od3 posiadają dwie blokady krańcowego położenia, które umożliwiają sterowanie przekształtników tyrystorowych PT1 i PT2. Schemat ideowy połączeń elektrycznych prostownika trakcyjnego przedstawiono na rys. 3.

W komorze sterowniczo-zabezpieczeniowej znajdują się: dwa styczniki główne ST1 i ST2, styczniki pomocnicze-ST3,ST4,ST5,ST6, przekaźniki sterownicze-K1,K2,K3,K4, rozłączniki izolacyjne z bezpiecznikami F3, wyłączniki nadprądowe typu S, F4, F5, F6, F8, F9, F10, przekaźnik kontroli ziemnozwarciowej obwodów 230 VAC A1 typu PCB 3/230. Styki przyłączowe styczników będące pod napięciem są zabezpieczone osłoną przed dotykiem bezpośrednim o stopniu ochrony co najmniej IP30. W komorze zabudowany jest wyłącznik krańcowy Sd1 oraz blokada otwarcia pokrywy komory, powodujące wyłączenie napięcia 230 V w komorze aparatury dolnego napięcia przy próbie otwarcia pokrywy, gdy urządzenia są pod napięciem.



Rys. 4. Schemat blokowy układu sterowania prostownika NTP 54A 250/6/0,25DC

Zespół prostowniczy zawiera trójfazowy, 6-pulsowy symetryczny mostek tyrystorowy. Zastosowany w stacji układ sterowania prostownika nie zapewnia możliwości przejścia w zakres pracy falownikowej. Elektroniczny moduł sterujący (rys. 4) prostownika zawiera następujące podzespoły funkcjonalne: mostek tyrystorowy, układ sterowników bramkowych, układy synchronizacji, mikroprocesorowy sterownik sterujący, układ pomiaru rezystancji linii napięcia stałego, układy pomiarowe prądów i napięć, szybkie zabezpieczenie przeciwzwarciowe, układ wyświetlaczy, układy zasilania mostka prostowniczego, oraz inne układy zabezpieczeń. Układy sterowania prostowników składają się z siedmiu mikrokontrolerów, mikrokontroler $\mu K1$ nadzoruje pracę prostownika, a mikrokontroler $\mu K2$ realizuje obsługę zewnętrznego sterowania. Kontroler $\mu K1$ w połączeniu z kontrolerami μK sterowników bramkowych prostownika generuje impulsy sterujące dla odpowiednich tyrystorów prostownika oraz monitoruje prądy i napięcia prostownika. Mikrokontroler $\mu K2$ zapewnia obsługę całego otoczenia prostownika, do którego należą następujące układy: pomiar rezystancji linii SPZ, kontrola i sygnalizacja otwarcia obudowy, obsługa panelu zdalnego sterowania, obsługa czujników temperatury i wyłączników bezpieczeństwa, obsługa blokad odłącznika SN, odłącznika DC. Natomiast obsługę wyświetlaczy i klawiatury zapewnia sterownik μK w bloku monitora w połączeniu z pozostałymi układami sterującymi.

W komorze sterowniczo-pomiarowej znajduje się pulpity z aparaturą: pomiarową, sterowniczą, sygnalizacyjną, i kontrolną. Są to m.in.: mierniki tablicowe do bezpośredniego odczytu napięcia i prądu; przełączniki krzywkowe ręczne typu ŁK do załączenia odpływów: 1 i 2; przełącznik krzywkowy ręczny ŁK4 do sterowania obwodu $3 \times 230VAC$, lampka kontrolna (załęcz HO1, wyłącz HO2), lampka kontrolna doziemienia HO3, przycisk kasowania zabezpieczenia PCB S4, przycisk próby członu blokowania S5, przycisk próby członu centralnego S6.

Pod przełącznikami znajduje się sześć przycisków funkcyjnych niezależnych po trzy dla każdego z prostowników PT1 i PT2: przycisk funkcyjny oznaczony F/I służy do wybierania kolejnych ekranów i zapisu ustawianych wartości prądowych, natomiast przycisk oznaczony przez U służy do zapisu wartości napięć, przycisk oznaczony jako ZAPIS zatwierdza zapis ustawionych wartości. Do zapisu wartości przyrostów prądowych di/dt służy potencjometr elektroniczny z przyciskiem pod pokrętelem. Po ustawieniu wartości nastawy (również napięcia i prądu) i naciśnięciu gałki potencjometru i przycisku zapis następuje wprowadzenie wartości nastawy do pamięci. W środkowej części znajdują się niezależne zespoły wyświetlaczy, które składają się z dwóch wyświetlaczy – górnego alfanumerycznego wyświetlającego informacje na niebiesko LCD i dolnego typu LED. Na wyświetlaczu LCD można wybrać (przycisk funkcyjny F/I) cztery ekrany:

- podstawowy ekran zawiera informacje o wartościach: napięcia, prądu, di/dt prądu, temperaturach i ewentualnych ograniczeniach,
- ekran z wynikami pomiaru temperatury różnych części stacji,
- ekran błędów występujących w trakcie pracy i przyczynach zatrzymania prostownika,
- ekran z parametrami badań serwisowych prostownika.

Wyświetlacz LED jest podzielony na dwie części: część górna podświetlająca informacje o stanie pracy prostownika (zielone diody), o przekraczaniu parametrów (żółte diody) oraz o błędy i blokady wyświetlane na czerwono. Poniżej znajdują się dwa duże czytelne wyświetlacze: zielony pokazujący wartość napięcia oraz czerwony prezentujący wartość prądu.

Przewoźny prostownik górniczy wyposażony jest w następujące zabezpieczenia:

- zabezpieczenie od skutków zwarć i przeciążeń obwodów dolnego napięcia DN, obwodów sterowania i sygnalizacji przez zastosowanie specjalnych bezpieczników przeznaczonych do pracy z układami półprzewodnikowymi, wyłączników instalacyjnych, rozłączników izolacyjnych z bezpiecznikami, wyłączników typu S, zabezpieczenie od skutków zwarć (kontrola prądu zwarcowego), przeciążeń obwodów prądu stałego (pomiar prądu nominalnego i prądu maksymalnego), zabezpieczenie różniczkujące (szybkie zabezpieczenie zwarcie kontrolujące przyrosty prądów di/dt),
- zabezpieczenia uzwojeń transformatora głównego oraz elementów półprzewodnikowych przekształtników przed przekroczeniem temperatury dopuszczalnej,



Rys. 5. Przykładowy ekran wizualizacyjny prostownika trakcyjnego

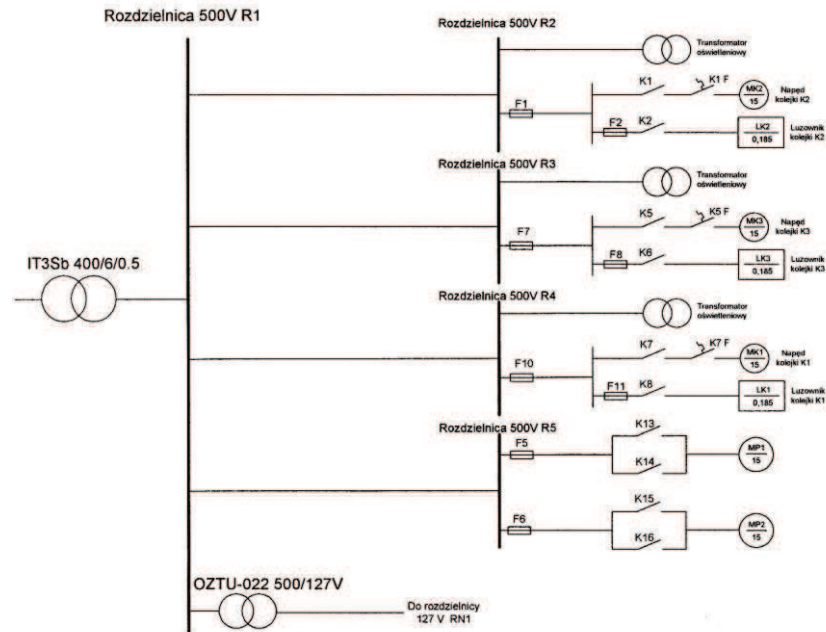
- kontrola próby linii (zwarcie i doziemienie przewodu jezdnego),
- kontrola oporności linii,
- kontrola kolejności faz oraz zaniku i asymetrii napięć,
- kontrola temperatury tyrystorów i innych części prostownika,
- kontrola zamknięcia drzwi i odłączników,
- kontrola błędów transmisji.

Zabezpieczenia po zadziałaniu uniemożliwiają ponowne załączenie prostownika, dopóki nie zostanie usunięta przyczyna zadziałania zabezpieczenia. Układ kontroli sieci trakcji przewodowej przeprowadza próbę linii zasilającej wraz z układem samoczynnego ponownego załączenia. W przypadku stwierdzenia doszynienia i zwarcia w sieci trakcyjnej układ jest blokowany. W układzie **Szybkiego zabezpieczenia zwarcowego** obwody kontrolne wraz ze sterownikiem mikroprocesorowym, realizują kontrolę przyrostu prądu w funkcji czasu w zakresie (15- 400) A/ms. Po przekroczeniu dopuszczalnych przyrostów i braku możliwości ich ograniczenia przez układy regulacyjne, następuje wyłączenie prostownika i przejście w stan czuwania [5]. Układ sterowania prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC zapewnia diagnostykę stanu technicznego oraz monitoring parametrów eksploatacyjnych i awaryjnych. Przykładowe obrazy ekranów wizualizacyjnych, a także parametry eksploatacyjne prostownika: napięcie zadane oraz prąd obciążenia przedstawiono na rysunku nr 5.



Rys. 6. Ekran wizualizacyjny stanów awaryjnych prostownika trakcyjnego

Natomiast na rys. 6 przedstawiono przykładowy ekran wizualizacyjny stanów awaryjnych prostownika trakcyjnego. Prostownik NTP 54A 250/6/0,25DC został sprawdzony w warunkach kopalnianej trakcji dołowej i uzyskał pozytywne wyniki we wszystkich próbach.



Rys. 7. Schemat ideowy obwodów zasilania sieci 500 V AC

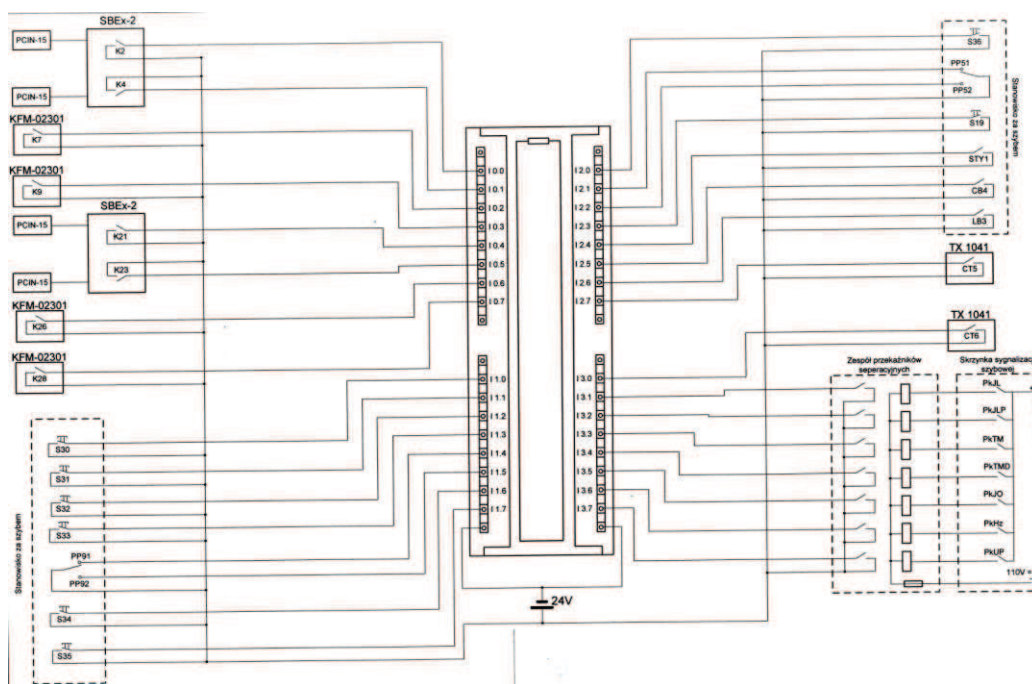
3. UKŁADY STEROWANIA ROZPROSZONEGO KOPALNIANEJ TRAKCJI ELEKTRYCZNEJ

Transport szynowy jest jednym ze sposobów transportu urobku z przodków wydobywczych do podszybia oraz na powierzchnię. Urobek ładowany jest do wozów urobkowych, przewożony trakcją szynową na podszybie, gdzie wozy urobkowe są rozładowywane na stacjach wyładowych, natomiast wagony puste są przesuwane do części torów rezerwowych, gdzie kompletowane są składy wozów pustych, które są kierowane do stacji załadowych. Obieg wozów w rejonie podszybia jest realizowany w sposób półautomatyczny z udziałem lokomotyw lub przy pomocy zapychaków. Przykładowy schemat układu zasilania urządzeń przyszybowych (pomosty wahadłowe, zapychaki oraz kolejki) przedstawiono na rys. 7 [3]. Do sterowania pracą urządzeń podszybia oraz stacji zasilającej NTP 54A 250/6/0,25DC wykorzystano komputery przemysłowe oraz sterowniki PLC. Są to układy sterowania rozproszonego wyposażone w sterowniki Simatic S-7 300 oraz w układy peryferyjne: ET-200M oraz ET2000Ex [6,7].

Konfiguracja sterowników jest zależna od złożoności realizowanych procesów technologicznych: liczby wejść oraz wyjść cyfrowych i analogowych, liczby wyjść przekaźnikowych oraz obecności modułów komunikacyjnych i diagnostycznych. Poszczególne układy sterowania mogą pracować w sposób indywidualny, w układzie sieci komputerowych: Ethernet lub Profibus DP. Schemat poglądowy konfiguracji sprzętowej układu sterowania ze sterownikiem Sima-

tic S7 300 przedstawiono na rys. 8. Sterowanie lokalne może być zrealizowane wykorzystując mikroprocesorowy system sterowniczy ZMP-16 lub sterownik PLC Simatic S7-300 [2,3]. Sterownik ZMP-16 jest częściowo kompatybilny ze sterownikami Simatic S7. Posiada dopuszczenie WUG do stosowania w podziemnych zakładach górniczych. Sterownik mikroprocesorowy ZMP-16 jest iskrobezpiecznym urządzeniem sterującym zbudowanym na bazie procesora 16-bitowego CMOS 80C186. Sterownik jest wyposażony w pamięć operacyjną 336 kB, RAM – 80 kB oraz wymienną pamięć (EPROM lub EEPROM) dla programu roboczego: 64 kB lub 128 kB. W skład systemu sterowania wchodzi: sterownik mikroprocesorowy, zespół zasilaczy oraz zespół modułów programowalnych zawierających: elementy wejściowe i wyjściowe, interfejsy szeregowy, przetworniki A/C i C/A oraz moduły diagnostyczne i specjalne przetworniki pomiarowe.

Dla realizacji układu sterowania urządzeń podszybia można wykorzystać sterownik przemysłowy wyposażony w następujące moduły: karta kontroli cyklu sterowniczego (Watchdog), jednostka centralna, karta interfejsów szeregowych RS 485, karta wejść cyfrowych z kontrolą ciągłości przewodów, karta wyjść przekaźnikowych i parametryzowania, karta wejść częstotliwościowych (5-15) Hz, karta wejść analogowych. Sterownik ten może realizować sterowanie urządzeń wykonawczych oraz współpracować ze sterownikiem nadrzędnym sterującym pracą stacji zasilającej przewód jezdny (jeżeli przesuw wozów jest realizowany przez lokomotywę przewodową).



Rys. 8. Konfiguracja sprzętowa sterownika programowalnego Simatic S 300

4. ZAKOŃCZENIE

Wprowadzenie nowoczesnego zasilacza trakcyjnego do układów zasilania trakcji elektrycznej przewodowej zwiększa możliwości sterowania automatycznego zasilaczy trakcyjnych oraz ograniczy stany awaryjne występujące przy zwarcjach i doszynieniach przewodu jezdnego. Zastosowanie sterowników przemysłowych zapewnia bieżącą kontrolę parametrów eksploatacyjnych zasilacza oraz diagnostykę stanów pracy awaryjnych. Zastosowanie sterowników przemysłowych w układach sterowania trakcji elektrycznej dołowej zwiększa niezawodność pracy układów: zasilania, sterowania oraz zapewnia możliwość znacznej automatyzacji procesu technologicznego (ruch wozów na podszybiu). Ograniczenie awaryjności jest związane przede wszystkim z minimalizacją liczby przekaźników sterujących oraz wprowadzeniem techniki światłowodowej do transmisji sygnałów. Odpowiednie moduły znajdujące się w konfiguracji sterownika zapewniają możliwość transmisji sygnałów (interfejs RS 485), sieć Profibus DP oraz częściową ocenę stanu technicznego poszczególnych elementów zasilaczy trakcyjnych. Zastosowanie sterowania rozproszonego w układach sterowania maszyn górniczych umożliwia wykorzystanie sterowników o prostszych konfiguracjach, ponieważ moduły rozproszone typu ET200M oraz ET2000Ex zapewniają wstępną obróbkę sygnałów,

diagnostykę lokalną oraz transmisję sygnałów przez sieć Profibus DP. Zapewnia to wydłużenie efektywnego czasu pracy oraz stwarza możliwości sterowania w czasie rzeczywistym przy równoczesnej rejestracji stanu aktualnego.

Literatura

1. *Antoniak J.*: Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach. Wyd. Śląsk Katowice 1990 r.
2. *Szymański Z.*: Zastosowanie inteligentnych sterowników programowalnych w układach sterowania maszyn górniczych. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa* 1998, nr 5-6.
3. *Szymański Z.*: Zastosowanie sterowania rozproszonego w układach zasilania i sterowania maszyn transportu poziomego oraz maszyn pomocniczych. *Materiały Konferencyjne, Automatyka, Informatyka i Telekomunikacja* 2008, Szczyrk, czerwiec 2008 r.
4. Instrukcja bezpiecznego użytkowania przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC, NT Polska sp.z o.o Lublin, Lubin 2009 r, niepublikowana.
5. Warunki Techniczne Odbioru przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC, NT Polska sp.z o.o Lublin, Lubin 2009 r, niepublikowana.
6. Dokumentacja Techniczno Ruchowa przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC, NT Polska sp.z o.o Lublin, Lubin 2009 r, niepublikowana.
7. Dokumentacja techniczna sterownika programowalnego Simatic S 300.
8. Dokumentacja techniczna modułów rozproszonych ET200 oraz ET200Ex.