

Nowoczesny prostownik górniczy typu: NTP 54A 250/6/0,25DC do zasilania trakcji elektrycznej przewodowej

Zygmunt Szymański, Zbigniew Gałuszkiewicz, Jarosław Napierała, Janusz Pluta

Wstęp

Odstawa urobku w podziemnych zakładach górniczych jest realizowana 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. Do transportu urobku, materiałów oraz przewozu załogi wykorzystuje się przeważnie transport szynowy: trakcję elektryczną przewodową lub kolejki podwieszane. Do zasilania sieci trakcyjnej są stosowane przeważnie prostowniki trakcyjne typu: APSP lub APST, opracowane w latach osiemdziesiątych XX wieku [1, 2]. W artykule przedstawiono budowę, zasadę działania oraz obwody zasilania i sterowania, zabezpieczeń oraz automatyki nowoczesnego przekształtnikowego prostownika górniczego typu: NTP 54A 250/6/0,25DC. Prostownik NTP 54A 250/6/0,25DC posiada nowoczesną budowę kompaktową oraz zakresy parametrów eksploatacyjnych znacznie rozszerzone w stosunku do tradycyjnych rozwiązań zasilaczy trakcyjnych: APSP, APST. Nowoczesne układy sterowania, monitoring, wizualizacja parametrów eksploatacyjnych, sygnalizacja stanów awaryjnych – zwiększają pewność i niezawodność pracy prostownika oraz bezpieczeństwo eksploatacji transportu szynowego z trakcją przewodową. W artykule przedstawiono przykładowe algorytmy sterowania prostownika oraz wyniki badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych prostownika. Proponowane rozwiązanie systemu zasilania trakcji przewodowej umożliwi bieżącą kontrolę parametrów eksploatacyjnych oraz wizualizację i diagnostykę stanów pracy systemu zasilania przewodowej trakcji elektrycznej. Prostownik przekształtnikowy był testowany w kopalniach węgla kamiennego oraz pracuje bezawaryjnie od roku w jednej z kopalń.

2. Przewoźny przekształtnikowy prostownik górniczy typu NTP 54A 250/6/0,25DC

Przewoźny przekształtnikowy prostownik górniczy typu NTP 54A 250/6/0,25DC [4, 5, 6, 7, 8] 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 250/6/0,25DC przedstawiono w tabeli 1.

Streszczenie: W artykule przedstawiono budowę, zasadę działania oraz opisy obwodów zasilania, sterowania, zabezpieczeń oraz automatyki przekształtnikowego prostownika górniczego typu: NTP 54A 250/6/0,25DC. Prostownik NTP 54A 250/6/0,25DC posiada nowoczesną budowę kompaktową oraz zakresy parametrów eksploatacyjnych znacznie rozszerzone w stosunku do tradycyjnych rozwiązań zasilaczy trakcyjnych: APSP, APST. Nowoczesne układy sterowania, monitoring oraz wizualizacja parametrów eksploatacyjnych, sygnalizacja stanów awaryjnych – zwiększają pewność i niezawodność pracy prostownika oraz bezpieczeństwo eksploatacji transportu szynowego z trakcją przewodową. W artykule przedstawiono przykładowe algorytmy sterowania prostownika oraz wyniki badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych prostownika. Prostownik przekształtnikowy był testowany w kopalniach węgla kamiennego oraz pracuje bezawaryjnie od roku w jednej z KWK.

MODERN MINE RECTIFIER TYPE NTP 54A 250/6/0,25DC TO SUPPLY OF ELECTRIC LINE TRACTION

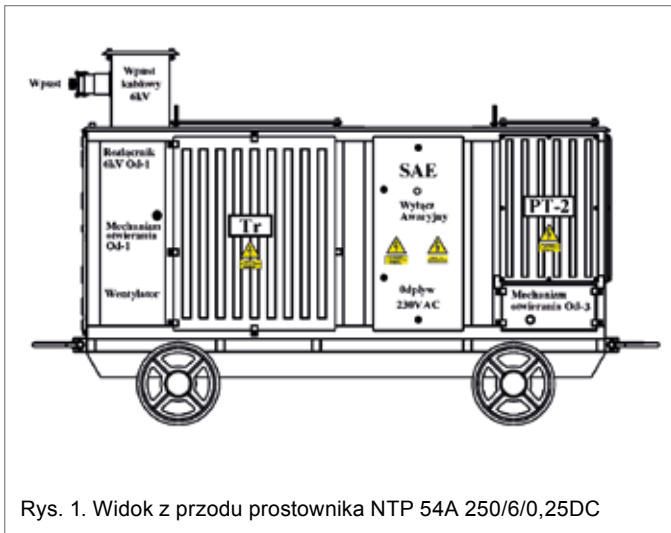
Abstract: In the paper presented construction, rule of activity and description of circuits: power supply circuits, control circuits and protection and automation circuits of the mine rectifier type NTP 54A 250/6/0,25DC. The rectifier NTP 54A 250/6/0,25DC possesses modern compact construction and ranges of exploitive parameters considerably extended with relation to of traditional solutions of traction suppliers: APSP, APST. Modern control systems, monitoring and visualization of exploitive parameters, detection of damage states, enlarged the certainty and the reliability of rectifier work, and exploitation safety of rail transport with the line traction. In the article introduced an example-algorithms of rectifier control, and results of laboratory and exploitive experiments of the rectifier. The rectifier converter was tested in underground mines, and has worked failure-freely through the period of one year in different operating conditions.

Prostownik górniczy jest wykonany w obudowie stalowej z kształtowników stalowych i blachy stalowej, zabezpieczonej antykorozyjnie. Obudowa posiada stopień ochrony nie niższy niż IP54. Konstrukcja prostownika jest podzielona na następujące części: komora przyłączowa kabli GN, komora rozłącznika

Tabela 1. Dane techniczne przewoźnego prostownika górniczego	
Moc obciążenia w czasie 2 h	250 kW
Napięcie znamionowe górne SN	6000 V
Napięcie wyprostowane	250 V DC ±10%
Znamionowy prąd wyprostowany ciągły odpływ I	340 A/DC
Znamionowy prąd wyprostowany 2 h odpływ I	500 A/DC
Maksymalny prąd wyprostowany 1 min. Odpływ I	≤750 A/DC
Znamionowy prąd wyprostowany ciągły odpływ II	340 A/DC
Znamionowy prąd wyprostowany 2 h odpływ II	500 A/DC
Maksymalny prąd wyprostowany 1 min. Odpływ II	≤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 wytrzymały 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. x szer. x wys.)	2576 × 1226 × × 1780 mm
Stopień ochrony IP	IP54
Masa przewoźnego prostownika	2200 kg

reklama

Od1 AC, GN (rozłącznik bez lub z uziemnikiem), komora wentylatora przewietrzającego i transformatora pomocniczego, komora transformatora głównego, komory modułów 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. Komora przyłączowa kabli GN znajduje się nad komorami: rozłącznika Od1 6 kV oraz wentylatora i transformatora pomocniczego. Komora transformatora głównego jest oddzielona od poprzednich komór podwójną blachą zapewniającą izolację termiczną transformatora od komory aparatury sterowniczo-zabezpieczającej dolnego napięcia – SAE oraz komory sterowniczo-pomiarowej. Obok komory transformatorowej znajdują się komory modułów zasilaczy przekształtnikowych: PT1 i PT2 oraz komory odłączników

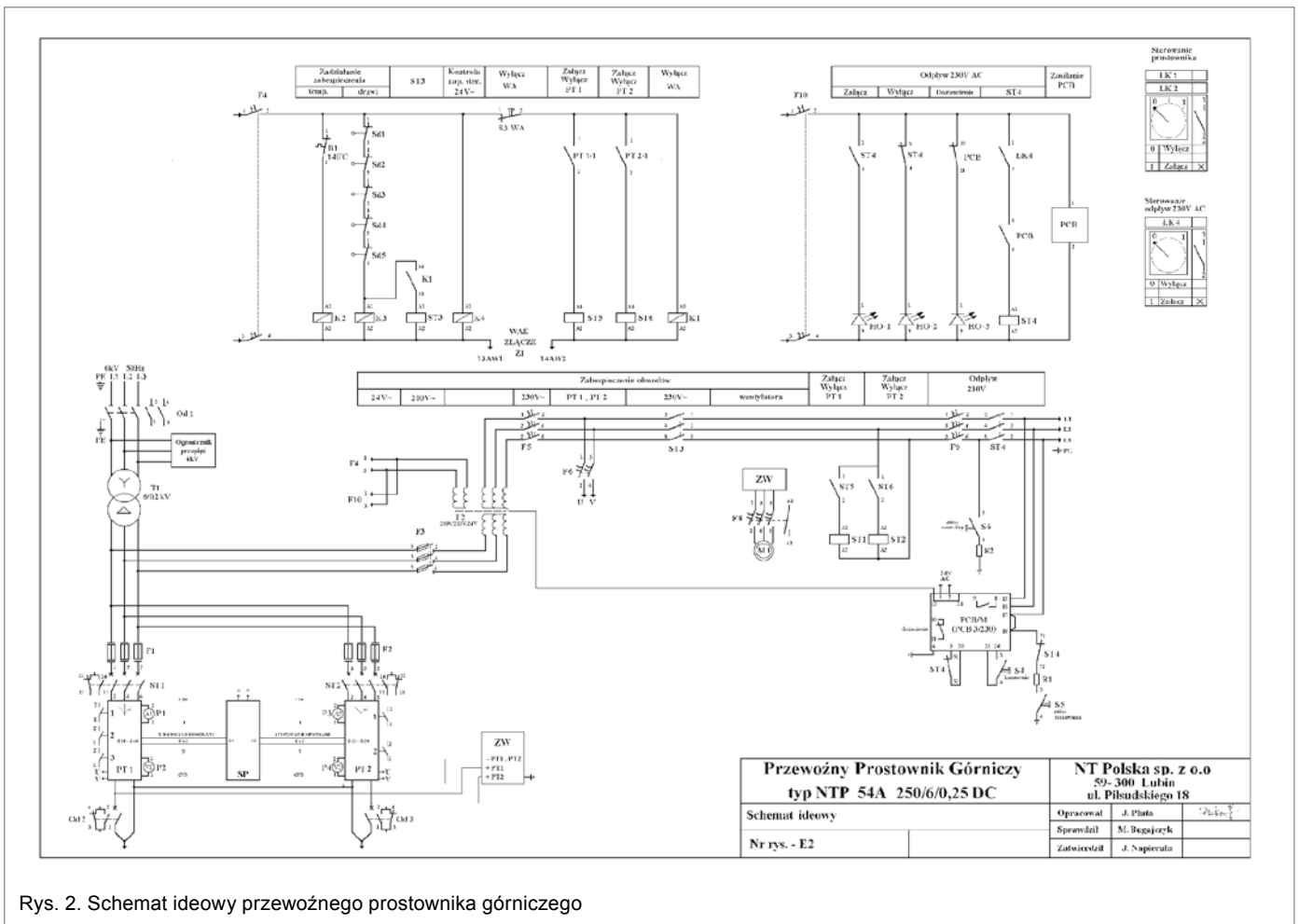


Rys. 1. Widok z przodu prostownika NTP 54A 250/6/0,25DC

napięcia stałego Od2 i Od3. Oddzielone są one podwójną blachą zapewniającą izolację termiczną. W ścianie oddzielającej komorę rozłącznika 6 kV od komory wentylatora przewietrzającego wykonano otwór zaślepiony szczelną membraną. Membrana ta 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 styčników głównych ST1 i ST2 w komorze SAE. Na ścianie bocznej zabudowane są przepusty kablowe na przewody sterownicze czujników temperatury transformatora mocy. Czujniki pomiarowe mierzą temperaturę kolumn transformatora w sposób ciągły. W dwóch komorach modułów zasilaczy przekształtnikowych są zamontowane zasilacze prostownikowe: PT1 i PT2, umieszczone w obudowie stalowej wraz z zewnętrznymi radiatorami i wewnętrznymi układami połączeń oraz obwodami wspomagającymi chłodzenie. Pod pokrywą górną komory zainstalowano: 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. W stacji prostownikowej zastosowano odłączniki nożowe prądu stałego typu OWD 101 w.02/1, wyposażone w ręczny napęd dźwigniowy. 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 uniemożliwiają sterowanie przekształtników tyrystorowych PT1 i PT2. Schemat ideowy połączeń elektrycznych prostownika trakcyjnego przedstawiono na



Rys. 2. Schemat ideowy przewoźnego prostownika górniczego

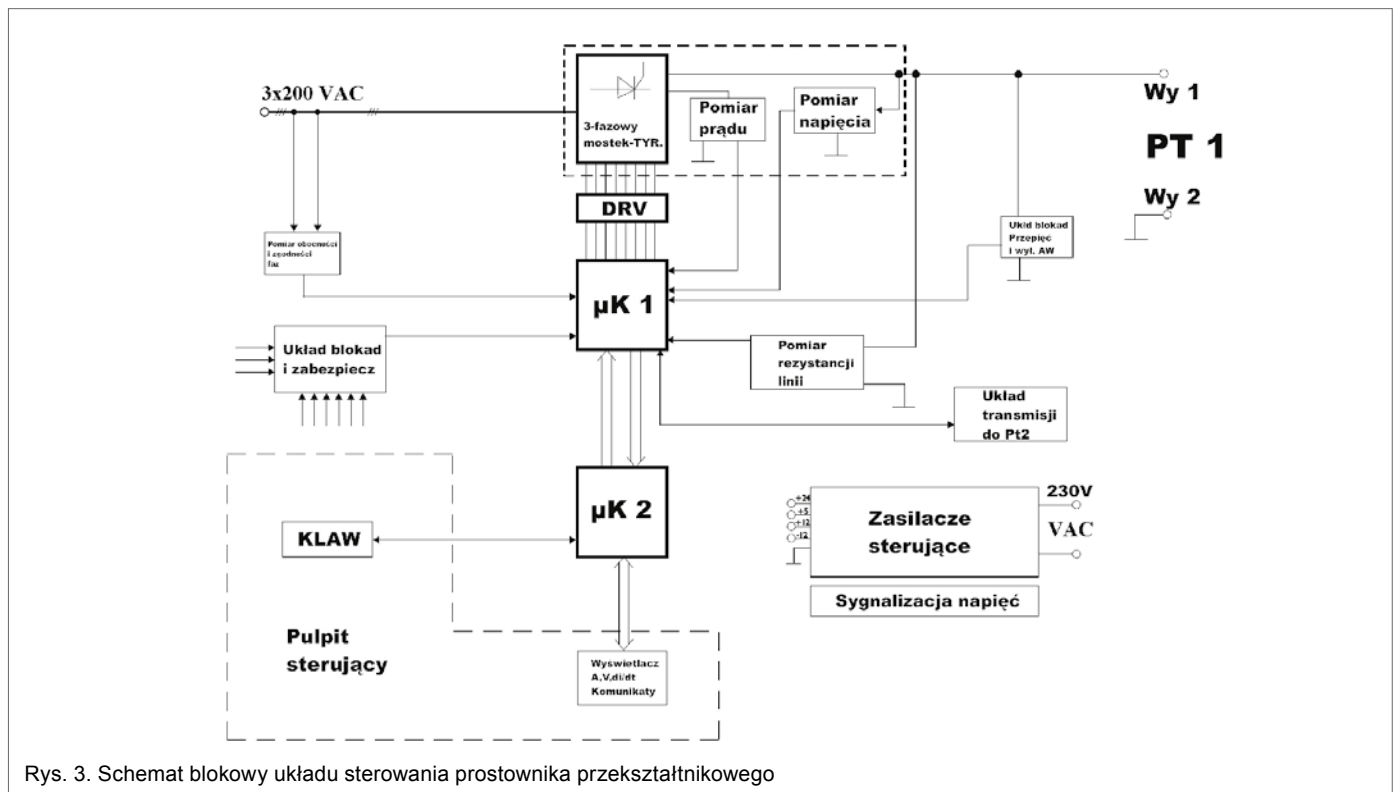
rys. 2. W komorze sterowniczo-zabezpieczeniowej znajdują się: dwa styczniki główne ST1 i ST2, styczniki pomocnicze – ST3, ST4, ST5, ST6, przekaźniki sterownicze – K1, K2, K3, K4, rozłączniki izolacyjne z bezpiecznikami F3, wyłączniki nadprądowe typu S, F4, F5, F6, F8, F9, F10 przekaźnik kontroli ziemnozwarciowej obwodów 230 V AC 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 AC i 250 V DC w komorze aparatury dolnego napięcia przy próbie otwarcia pokrywy, gdy urządzenia są pod napięciem. Zespół prostowniczy zawiera trójfazowy, sześciopulsowy symetryczny mostek tyrystorowy. Układ sterowania prostownika zastosowany w stacji nie zapewnia możliwości przejścia w zakres pracy falownikowej. Elektroniczny moduł sterujący (rys. 3) 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.

reklama

3. Sterowniki mikroprocesorowe w układach sterowania, zabezpieczeń, i diagnostyki prostownika przekształtnikowego

W obwodach: sterowania, zabezpieczeń oraz diagnostyki prostownika przekształtnikowego wykorzystano 7 układów mikroprocesorowych typu: ATmega664P oraz AT90PWM3B firmy Atmel. Mikrokontroler $\mu K1$ nadzoruje pracę prostownika, natomiast mikrokontroler $\mu K2$ realizuje obsługę zewnętrznego sterowania, pozostałe mikrokontrolery są wykorzystywane do sterowania, zabezpieczenia i diagnostyki prostownika. Stacja prostownikowa składa się z dwóch mostków tyrystorowych. Każdy mostek posiada własny zestaw modułów MON-BCC, które współpracują z pojedynczym modułem I/O odpowiedzialnym za zbieranie sygnałów z urządzeń peryferyjnych. Wszystkie moduły są połączone magistralą RS485, którą zarządza moduł mikroprocesorowy MON1. Aby zastosować zdalne sterowanie podczas eksploatacji prostownika górniczego, moduł MON1 może zostać wyposażony w drugi port RS485. Moduł monitora MON jest odpowiedzialny za komunikację z użytkownikiem.

Moduł ten zapewnia transmisję sygnałów do wyświetlaczy LCD i LED, kontrolki sygnalizacyjnych LED, przełącznika, przycisków klawiatury oraz potencjometru cyfrowego. Układ sterowania zapewnia generowanie i wyświetlanie komunikatów informacyjnych, pomiar w czasie rzeczywistym i wyświetlanie aktualnych wartości mierzonych wielkości (prądu obciążenia, napięcia wyjściowego, temperatury itd.), umożliwia także ustawianie parametrów eksploatacyjnych i progowych pracy prostownika. Jednocześnie zarządza pracą prostownika górniczego, wysyłając do podległego mu modułu BCC sygnały zezwolenia na pracę prostownika i zmiany wartości nastaw, a na podstawie informacji zwrotnej z modułów BCC i I/O wykrywa stany alarmowe prostownika. Moduł BCC jest przeznaczony do sterowania zaworów prostownika tyrystorowego. Moduł generuje niezbędną sekwencję impulsów sterujących do obwodów bramkowych mostka oraz odpowiada za synchronizację pracy zaworów mostka z siecią zasilającą. Synchronicznie kontrolu-



Rys. 3. Schemat blokowy układu sterowania prostownika przekształtnikowego

je i archiwizuje sygnały pomiarowe wielkości prądu i napięcia z prostownika, umożliwiając przeprowadzenie pomiaru rezystancji linii (próba linii) i bezwzględne wykrywanie przekroczenia dopuszczalnych wartości wielkości mierzonych oraz ich stromości narastania (di/dt). Moduł BCC pracuje na potencjale ujemnego bieguna napięcia wyprostowanego i jest odseparowany galwanicznie od modułów MON i I/O i służy do końcowego formowania impulsów bramkowych wraz z układem DRV. Moduł I/O jest wyposażony w szereg wejść i wyjść dwustanowych oraz układy pomiarowe temperatury wybranych elementów stacji. Moduł ten zbiera sygnały pomiarowe z urządzeń współpracujących z mostkami tyrystorowymi: kontrola stanu odłączników, kontrola zamknięcia drzwi, kontrola detektorów stanu faz sieci zasilającej, wentylatora, przycisku stopu awaryjnego, temperatury. Umożliwia jednocześnie sterowanie stycznikami pomocniczymi oraz generuje sygnał natychmiastowej blokady modułu BCC (z pominięciem modułu MON), w przypadku wykrycia stanów wymagających natychmiastowego odłączenia napięcia wyjściowego. Kontroler µK1 w połączeniu z kontrolerami DRV sterowników bramkowych prostownika generuje impulsy sterujące dla odpowiednich tyrystorów prostownika oraz monitoruje prądy i napięcia prostownika. Mikrokontroler µK2 zapewnia obsługę całego otoczenia prostownika, do którego należą następujące układy: pomiar rezystancji linii SPZ, kontrola i sygnalizacja otwarcia obudowy, obsługa czujników temperatury i wyłączników bezpieczeństwa, obsługa blokady odłącznika SN, odłączników DC. Natomiast obsługę wyświetlaczy i klawiatury zapewnia sterownik µK1 w bloku monitora w połączeniu z pozostałymi układami sterującymi.

4. Układy zabezpieczeń i diagnostyki przekształtnikowego mostka tyrystorowego

W komorze sterowniczo-pomiarowej znajduje się pulpit wyposażony w aparaturę pomiarową, sterowniczą, sygnalizacyjną

oraz 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 × 230 V AC; lampka kontrolna (załącz HO1, wyłącz HO2); lampka kontrolna doziemienia HO3; przycisk kasowania zabezpieczeń 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 U służy do zapisu wartości napięć, przycisk oznaczony jako ZAPIS zatwierdza zapis ustawionych wartości. Do zapisu wartości przyrostów prądowych di/dt



Rys. 4. Przykładowy ekran wizualizacyjny prostownika trakcyjnego w KWK w czasie pracy

służy potencjometr elektroniczny z przyciskiem pod pokrętelem. Po ustawieniu wartości nastawy (również napięcia i prądu) oraz 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:

- ekran podstawowy zawiera informacje o wartościach: napięcia, prądu, di/dt prądu obciążenia zasilacza, temperaturach poszczególnych elementów prostownika i ewentualnych ograniczeniach eksploatacyjnych;
- ekran z wynikami pomiarów temperatury różnych części stacji prostownikowej;
- ekran błędów występujących w trakcie eksploatacji prostownika oraz przyczyny wyłączeń prostownika;
- ekran z parametrami pomiarów 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 błędach i blokadach (wyświetlane na czerwono). Poniżej znajdują się dwa duże, czytelne wyświetlacze: lewy pokazujący wartość napięcia oraz prawy 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

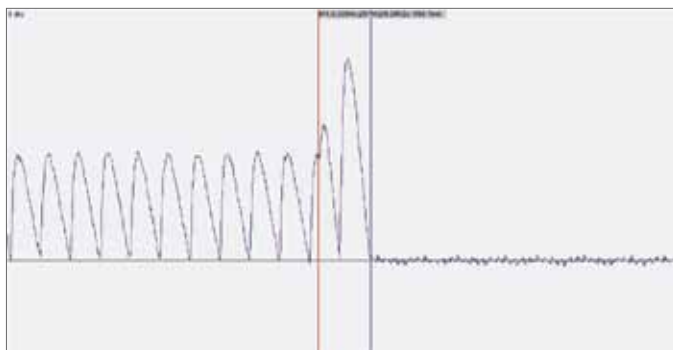
zastosowanie specjalnych bezpieczników przeznaczonych do pracy z układami półprzewodnikowymi, wyłączników instalacyjnych, rozłączników izolacyjnych z bezpiecznikami, wyłączników typu S, zabezpieczenie od skutków zwarć (kontrola prądu zwarciovego), przeciążeń obwodów prądu stałego (pomiar prądu nominalnego i prądu maksymalnego), zabezpieczenie różniczkujące (szybkie zabezpieczenie zwarciove kontrolujące przyrosty prądów di/dt poszczególnych zasilaczy);

- zabezpieczenia uzwojeń transformatora głównego oraz elementów półprzewodnikowych przekształtników przed przekroczeniem temperatury dopuszczalnej;
- kontrola próby linii (zwarcie i doziemienie przewodu jeźdźnego);
- kontrola rezystancji linii;
- kontrola kolejności faz oraz zaniku i asymetrii napięć;
- kontrola temperatury tyrystorów i innych części prostownika;
- kontrola zamknięcia drzwi i odłączników;
- kontrola błędów transmisji, kod dostępu do nastaw.

Wszystkie próby uzyskały wynik pozytywny. Próby zwarciove były wykonywane również podczas badań atestacyjnych w ITI EMAG Katowice. Przykładowy przebieg czasowy procesu wyłączania prądu zwarciovego przedstawiono na rys. 6. Podczas przeprowadzania prób zwarciovych i eksploatacyjnych nie nastąpiło nigdy uszkodzenie prostownika, a wyłączenia następowały zgodnie z procedurą. Prostownik NTP54A 250/6/0,25DC zainstalowano w KWK „Ziemowit”, w komorze rozdzielni 6 kV CS-1, na poziomie III, w grudniu 2010 r. Obecnie prostownik zasila trakcję przewodową 250 V DC w przeko-



Rys. 5. Ekran wizualizacyjny stanów awaryjnych prostownika trakcyjnego



Rys. 6. Przebieg prądu wyłączenia tyrystorów prostownika po przekroczeniu stromości narastania prądu zwarciovego $d_{i_{max}}/dt$



Rys. 7. Widok prostownika górniczego typu NTP 54A 250/6/0,25DC

pie kołowym wschodnim „930” do szybu „Szewczyk” o łącznej długości ok. 780 m. W wyrobisku tym prowadzi się transport szynowy materiałów, w tym materiałów o dużych ciężarach i gabarytach (przekop posiada połączenie z głównym szybem materiałowo-zjazdowym kopalni), natomiast nie prowadzi się w tym przekopie przewozu załogi. W krótkim okresie eksploatacji nowego prostownika pracującego w różnych warunkach eksploatacyjnych uwidoczniły się istotne zalety nowej konstrukcji. Zabezpieczenia kontrolne, po zadziałaniu i trzykrotnej próbie uruchomienia, uniemożliwiają ponowne załączenie prostownika, dopóki nie zostanie usunięta przyczyna zadziałania zabezpieczenia. Układ kontroli trakcji przewodowej przeprowadza próbę linii zasilającej wraz z układem samoczynnego ponownego załączenia. W przypadku stwierdzenia „doszynienia” lub zwarcia galwanicznego w sieci trakcyjnej układ jest blokowany. W układzie szybkiego zabezpieczenia zwarciovego 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]. Mikroprocesorowy układ sterowania prostownika górniczego NTP



Rys. 8. Widok prostownika w podziemiu KWK



Rys. 9. Prace serwisowe na prostowniku górniczym w KWK

54 A 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 i prąd obciążenia przedstawiono na rys. 4. Natomiast na rys. 5 przedstawiono przykładowy ekran wizualizacyjny stanów awaryjnych prostownika trakcyjnego. Prostownik NTP 54A 250/6/0,25DC był sprawdzany i testowany w ekstremalnych warunkach kopalni jako zasilacz kopalnianej dołowej trakcji przewodowej, gdzie uzyskiwał pozytywne wyniki we wszystkich próbach normalnej i awaryjnej eksploatacji [4, 5].

5. Badania przemysłowe prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC

Przewoźny przekształtnikowy prostownik górniczy typu NTP 54A 250/6/0,25DC był poddany badaniom atestacyjnym w ITI EMAG Katowice i uzyskał pozytywną opinię atestacyjną. Natomiast w kopalni KWK „Ziemowit” poddano go próbom ruchowym, które przeprowadzone były zgodnie z programem zaakceptowanym przez Centrum Badań i Certyfikacji EMAG. Prostownik przeszedł je z wynikiem pozytywnym. Próby zwarciovie przeprowadzane podczas badań atestacyjnych w ITI EMAG Katowice również wypadły pomyślnie. Przykładowy przebieg czasowy wyłączenia prądu zwarciovego zasilacza prostownika przedstawiono na rys. 6. Podczas przeprowadzania prób zwarciovych i eksploatacyjnych nie nastąpiło nigdy uszkodzenie prostownika, a wyłączenia następowały zgodnie z procedurą.

Na rys. 7 przedstawiono widok prostownika górniczego typu NTP 54A 250/6/0,25DC, natomiast na rys. 8 sposób lokalizacji prostownika w chodniku kopalnianym. Na rys. 9 pokazano proces ustawiania wartości granicznych w układzie sterowa-

nia prostownika z wykorzystaniem pulpitu sterowniczego.

Prostownik NTP 54A 250/6/0,25DC zainstalowano w KWK „Ziemowit”, w komorze rozdzielni 6 kV CS-1, na poziomie III, w grudniu 2010 r. Prostownik ten zasila trakcję przewodową 250 V DC w przekopie kołowym wschodnim „930” do szybu „Szewczyk” o łącznej długości ok. 780 m. W wyrobisku tym prowadzi się transport szynowy materiałów, w tym materiałów o dużych ciężarach i gabarytach (przekop posiada połączenie z głównym szybem materiałowo-zjazdowym kopalni), natomiast nie prowadzi się w tym przekopie przewozu załogi. W rocznym okresie eksploatacji nowego prostownika typu NTP 54A 250/6/0,25DC w kopalni „Ziemowit” uwidoczniły się istotne zalety nowej konstrukcji prostownika, pracującego w różnych warunkach eksploatacyjnych:

- pulpit z aparaturą pomiarową, sterowniczą, sygnalizacyjną oraz kontrolną zabudowany jest na zewnętrznej elewacji prostownika i został zabezpieczony przed ingerencją osób niepowołanych drzwiami z materiału przezroczystego, dzięki czemu możliwa jest obserwacja parametrów pracy bez konieczności otwierania drzwi komory;
- dodatkowym udogodnieniem w przypadku wystąpienia stanów awaryjnych urządzenia lub współpracującej sieci trakcyjnej jest zastosowany w stacji rejestrator zdarzeń, który pozwala prześledzić historię występujących zakłóceń;
- stacja posiada szereg blokad drzwiowych, które powodują wyłączenie stacji w przypadku próby otwarcia stacji (lub brak możliwości załączenia przy otwartych drzwiach), co znacząco wpływa na poprawę bezpieczeństwa obsługujących;
- urządzenie jest wyposażone w szereg czujników, zlokalizowanych w różnych komorach stacji, które na bieżąco kontrolują kluczowe elementy i zabezpieczają je przed przegrzaniem;
- zastosowanie w stacji pomocniczego odpływu 230 V AC umożliwiło zasilenie lamp oświetleniowych lub innych odbiorów bez konieczności stosowania dodatkowych urządzeń;
- dzięki zastosowanym rozwiązaniom technicznym, a w szczególności konstrukcji obudowy urządzenia, ograniczono do minimum czynności obsługowe związane z kontrolami okresowymi i przeglądami stacji.

Zakończenie

Wprowadzenie nowoczesnego zasilacza trakcyjnego do układów zasilania trakcji elektrycznej przewodowej zwiększa możliwości sterowania automatycznego zasilacza trakcyjnych oraz ograniczy stany awaryjne występujące przy

zwarczeniach i doszynieniach przewodu jezdnego. Zastosowanie sterowników przemysłowych zapewnia bieżącą kontrolę parametrów eksploatacyjnych zasilacza oraz diagnostykę stanów pracy awaryjnej. Zarejestrowane stany awaryjne pozwalają po czasie uzyskać informację o rzeczywistym powodzie wyłączenia stacji. Ograniczenie awaryjności jest związane przede wszystkim z minimalizacją liczby przekaźników elektromechanicznych sterujących i zastąpienie ich układami półprzewodnikowymi. Odpowiednie moduły związane z transmisją, znajdujące się w konfiguracji sterownika jako opcja, zapewniają możliwość transmisji sygnałów (interfejs RS485) oraz częściową ocenę stanu technicznego poszczególnych elementów zasilacza trakcyjnych.

Literatura

- [1] ANTONIAK J.: *Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach*. Wyd. Śląsk, Katowice 1990.
- [2] SZYMAŃSKI Z.: *Zastosowanie inteligentnych sterowników programowalnych w układach sterowania maszyn górniczych*. „Mechanizacja i Automatyza Górnictwa”, nr 5–6/1998.
- [3] SZYMAŃSKI Z., GAŁUSZKIEWICZ Z., NAPIERAŁA J.: *Nowoczesne układy zasilania i sterowania trakcji elektrycznej dolowej*. „Mechanizacja i Automatyza Górnictwa”, nr 8/2010.
- [4] SZYMAŃSKI Z., GAŁUSZKIEWICZ Z., NAPIERAŁA J., PLUTA J.: *Nowoczesny przekształtnikowy prostownik górniczy ze sterownikiem mikroprocesorowym*. Zeszyty Naukowe BOBRME Komel, Katowice, czerwiec 2011.
- [5] SZYMAŃSKI Z., GAŁUSZKIEWICZ Z., NAPIERAŁA J., PLUTA J., BIOLIK L.: *Badania przemysłowe nowoczesnego przekształtnikowego prostownika górniczego*. Zeszyty Naukowe BOBRME Komel, Katowice, czerwiec 2011.
- [6] Instrukcja bezpiecznego użytkowania przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 50/6/0,25DC. NT Polska Sp. z o.o., Lublin, Lubin 2009, niepublikowana.
- [7] Warunki techniczne odbioru przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC. NT Polska Sp. z o.o., Lublin, Lubin 2009, niepublikowana.
- [8] Dokumentacja techniczno-ruchowa przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC, NT Polska Sp. z o.o., Lublin, Lubin 2009, niepublikowana.

dr inż. Zygmunt Szymański – Politechnika Śląska, Gliwice;
Zbigniew Gałuszkiewicz – MEGATECH, Kalety;
Jarosław Napierała, Janusz Pluta – NT Polska Sp. z o.o.

artykuł recenzowany