

Zygmunt Szymański, Politechnika Śląska, Gliwice
Zbigniew Gałuszkiewicz, MEGATECH, Kalety
Jarosław Napierała, Janusz Pluta, NT Polska, sp. z o.o., Lubin
Leszek Biolik, Kompania Węglowa S.A., KWK „Ziemowit”, Łędziny

BADANIA PRZEMYSŁOWE PRZEKSZTAŁNIKOWEGO PROSTOWNIKA GÓRNICZEGO TYPU NTP 54A 250/6/0,25DC

INDUSTRIAL INVESTIGATION OF THE MINE CONVERTER RECTIFIER TYPE NTP 54A 250/6/0,25DC

Abstract: In the paper presented descriptions of control protections and diagnostics circuits of the mining converter rectifier type: NTP 54A 250/6/0,25DC. One described of control procedures of thyristor rectifier in normal operating conditions and in damage states, during galvanic short-circuits and "short rail" of the trolley wire with the rail. In paper introduced results of laboratory and industrial investigations of the mine rectifier for typical bootable tests exploitive normal and for states of the damage (the short-circuit, short rail) work conditions. Exploitation investigations were realized on two mines: The Katowice Coal-Holding Company: Mine Murcki-Staszic, and the Coal-Company S.A.: Mine Ziemowit. Results of exploitive confirmed the rightness of worked out procedures control system and diagnostics procedures of mine rectifier

1. Wstęp

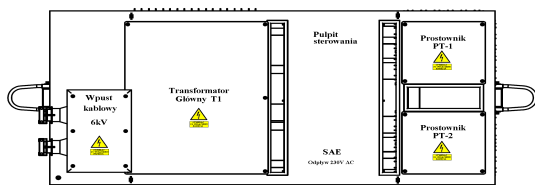
Odstawa urobku w podziemnych zakładach górniczych jest realizowana przez transport poziomy (szynowy lub przenośnikowy) oraz transport pionowy (szyby wydobywcze - skipowe lub klatkowe). Do transportu urobku, materiałów oraz przewozu załogi wykorzystuje się przede wszystkim transport szynowy: trakcja elektryczna przewodowa, lub akumulatorowa, albo kolejki podwieszane lub spągowe. Do zasilania sieci trakcyjnej zaproponowano w miejsce stosowanych dotychczas prostowników trakcyjnych typu: APSP, lub APST, opracowanych przed 30 laty, nowoczesny przekształtnikowy prostownik górniczego typu: NTP 54A 250/6/0,25DC, z obwodami sterowania wyposażonymi w układy mikroprocesorowe. Prostownik NTP 54A 250/6/0,25DC, posiada nowoczesną budowę kompaktową (IP 54 bez wentylatorów i filtrów zewnętrznego powietrza) oraz rozszerzone zakresy parametrów eksploatacyjnych pozwalające w prosty sposób ustawiać prąd ograniczenia czy di/dt, w stosunku do dotychczasowych 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 zamieszczono opisy obwodów sterowania zabezpieczeń i diagnostyki przekształtnikowego prostownika górniczego

typu: NTP 54A 250/6/0,25DC. Opisano procedury sterowania prostownika tyrystorowego w normalnych warunkach eksploatacyjnych oraz w stanach zwarciovych, podczas zwarć galwanicznych i "doszynienia" przewodu jezdnego z szyną. W referacie przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych i przemysłowych prostownika górniczego dla typowych prób rozruchowych, normalnych stanów eksploatacyjnych oraz dla stanów pracy awaryjnej (zwarcie, doszynienie). Badania eksploatacyjne przeprowadzono w dwóch kopalniach: Katowickiego Holdingu Węglowego: KWK Murcki-Staszic oraz Kompanii Węglowej S.A.: KWK Ziemowit. Wyniki badań eksploatacyjnych potwierdziły słuszność opracowanych procedur sterowania i diagnostyki prostownika.

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

Przewoźny przekształtnikowy prostownik górniczy typu NTP 54A 250/6/0,25DC [2, 3, 4] jest przeznaczony do zasilania elektrycznej trakcji przewodowej lub innych odbiorników o napięciu znamionowym 250V 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 nie-

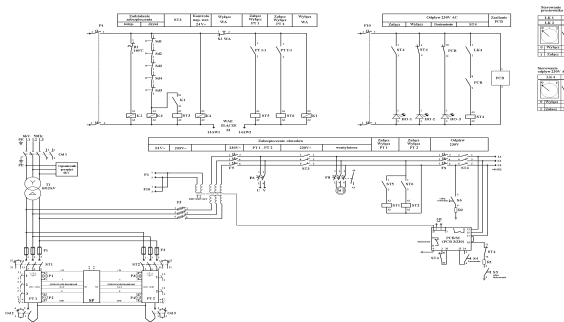
zależne odpływy prądu stałego: 500A, 250V DC, i jeden odpływ prądu przemiennego: 230V AC. Prostownik jest wykonany w obudowie stalowej z kształtowników stalowych i blachy stalowej, zabezpieczonej antykorozyjnie. Obudowa posiada stopień ochrony nie niższy niż IP-54. Konstrukcja prostownika jest podzielona na następujące części: komora przyłączowa kabli GN, komora rozłącznika Od1 AC, GN (OKR 6/6-1 lub EDJAN 562 z uziemnikiem), komora wentylatora przewietrzającego i transformatora pomocniczego, komora transformatora głównego, komory modułów przekształtników PT1 i PT2 i odłączników Od2 i Od3 napięcia stałego, komory aparatury sterowniczej i zabezpieczającej dolnego napięcia SAE, komory sterowniczo-pomiarowej (MPSS-250/500-1). Na rys. 1 przedstawiono widok z góry prostownika NTP 54A 250/6/0,25DC z zaznaczeniem poszczególnych komór. Komora przyłączowa kabli GN, znajduje się nad komorami: rozłącznika Od1 6kV 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 przekształtników PT1 i PT2 (MTS-2K-250/500-1) oraz komora odłączników napięcia stałego Od2 i Od3, które oddzielone są podwójną blachą zapewniającą izolację termiczną.



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

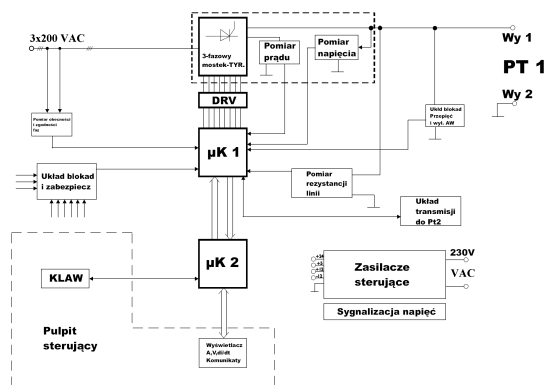
W ścianie oddzielającej komorę rozłącznika 6kV od komory wentylatora przewietrzającego wykonano otwór zaślepiiony szczelną membraną. Membrana ulega wyciśnięciu w przypadku wystąpienia zwarcia łukowego w komorze przyłączowej kabli 6kV. Gazy rozprężają się (przez wykonane otwory rozprężeniowe w blaszce pomiędzy komorą przyłączową a komorą rozłącznika 6kV) do komory rozłącznika 6kV, a następnie przez otwór membranowy do komory wentylatora i transformatora pomocniczego i poprzez otwór wentylatora docierają do

komory transformatora głównego. Membrana ulega wyciśnięciu w przypadku wystąpienia zwarcia łukowego w komorze przyłączowej kabli 6kV. W komorze transformatora głównego znajduje się transformator suchy typu AS3KT/519 6000/200V o mocy 285kVA, 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 czujnika temperatury transformatora mocy. Czujnik mierzy 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: 200V i 230V. 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.



Rys. 2. Schemat ideowy przewoźnego prostownika górniczego

Schemat ideowy połączeń elektrycznych prostownika trakcyjnego przedstawiono na 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 230VAC 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 230V w komorze aparatury dolnego napięcia przy próbie otwarcia pokrywy, gdy urządzenia są pod napięciem. Zespół prostowniczy zawiera trójfazowy, 6 pulsowy symetryczny mostek tyrystorowy. 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.

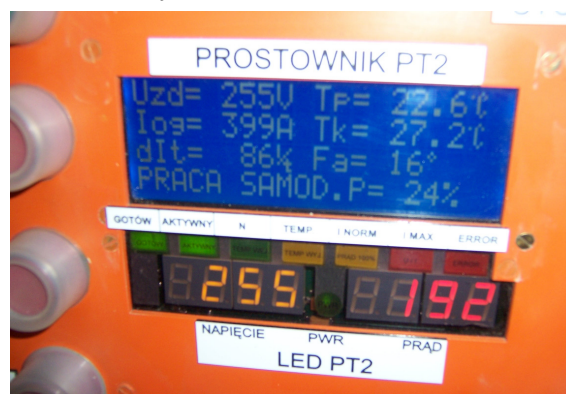


Rys. 3. Schemat blokowy układu sterowania prostownika przekształtnikowego

3. Procedury sterowania prostownika tyrystorowego

Zespół prostownika górniczego zawiera 6 pulsowy mostek tyrystorowy, który nie ma możliwości przejścia w zakres pracy falownikowej. Elektroniczny moduł sterujący prostownika (rys.3) 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. Układ sterowania przewiduje następującą kolejność działania zabezpieczeń: testowanie napięć zasilających, testowanie zabezpieczeń działających w sposób ciągły - testowanie kolejności faz, automatyczna próba linii. Po próbie linii i uruchomieniu prostownika następuje wyłączenie w każdym momencie po przekroczeniu nastawionej wartości di/dt , po przekroczeniu wartości maksymalnej, po przekroczeniu nastawionej wartości prądu +50% przez 1 min, ograniczenie nastawionej wartości prądu do wartości nastawionej, ograniczenie sumarycznej wartości prądu lub prądu zwarcia dla obydwu prostowników do wartości 1000A (750A-jeden prostownik, + 250A drugi prostownik), włączenie wyłączników głównych (styczników), przepalenie specjalnych bezpieczników do ochrony układów półprzewodnikowych. Zabezpieczenia działają także w sposób ciągły, kontrolując: testowanie kolejności faz, zanik fazy, asymetrię faz, napięcia sterujące, ochronę przepięciową tyrystorów, ochronę tyrystorów przed nadmiernym przyrostem du/dt , temperaturę tyrystorów i ich radiatorów, komorę elektroniki i komorę styczników oraz transformatora, blokady krańcowe drzwi i pokrywy, wyłączniki awaryjne, transmisję między układami wewnętrznymi, zadziałanie odłączników Od1 do Od3, błędy sterowania.



Rys. 4. Widok ekranu podstawowego wyświetlacza

Na wyświetlaczu alfanumerycznym (niebieskim), wyświetlane są następujące informacje:

Pierwsza górna linijka: napięcie zadane $U_{zd} = 255V$ -wartość nastawiona na wyjściu

prostownika. Wartość maksymalna nastawy wynosi 255V. $T_p = xx,x$ °C wartość temperatury prostownika TP1 (górny prawy róg wyświetlacza).

Druga linijka: prąd ograniczenia $I_{og} = xxxA$ – nastawa ograniczająca prąd wyjściowy prostownika. Wartość maksymalna nastawy wynosi 500A. Wartość prądu możliwa do pobrania z prostownika, wynosi w tym przypadku do 750A, w ciągu 1 minuty. Po przekroczeniu wartości 750A, następuje wyłączenie prostownika. Natomiast przy poborze prądu między 500 a 750A i przekroczeniu czasu 1 minuty następuje automatyczne ograniczenie prądu do wartości mniejszej niż 500A. Po upływie kolejnej minuty prostownik ponownie powraca do wartości nastawionego napięcia. Jeśli w dalszym ciągu pobierany prąd nadal znajduje się w zakresie 500 a 750A, to po upływie kolejnej minuty nastąpi ponowne ograniczenie prądu do wartości 500A. $T_k = xx,x$ °C –wartość pokazywana „na żywo”, w tym miejscu jest pokazywana wartość temperatury komory styrczyków.

Trzecia linijka: $d=400A/s$, wartość nastawialna szybkiego zabezpieczenia prądowego. Wartość ta może być dowolnie dobierana do potrzeb zabezpieczenia, rzeczywistego obciążenia, co przy przyroście prądu typu zwarciovego powoduje wyłączenie prostownika w czasie krótszym niż 6, 66 ms (w praktyce nie przekracza 4ms). Drugi parametr w trzeciej linijce $F_a=xxx$ oznacza kąt wyzwiania tyristorów i ma związek z wartością napięcia, minimalna wartość fazy odpowiada maksymalnej wartości napięcia.

Czwarta linijka: określa stan prostownika: gotowość, praca samodzielna, praca równoległa, Error xx/xx oraz po prawej stronie wartość potencjometru np. W0550 (POT). Zapis B0550 oznaczać będzie blokadę dostępu do zmiany zapisanych wartości. Odblokowanie pozwalające na zmianę parametrów będzie trwało 240s. Odblokowania dokonujemy: przyciskiem funkcyjnym. potencjometrem ustawiamy numer kodu, wciskamy przyciski oznaczone jako „U” i „STOP” jednocześnie, -zmieniamy ekran na pierwszy podstawowy, przy wartości potencjometru powinna pojawić się litera W, mamy 240s na zmianę parametrów, a po upływie tego czasu sterownik przejdzie automatycznie w stan blokady i litera W zmieni się na B. Wartość nastawy tego potencjometru jest przepisywana, jako wartość napięcia, prądu, hasło oraz inne parametry. Wyświetlacz LED składa się z dwóch części: górnej podświetlającej informacje o sta-

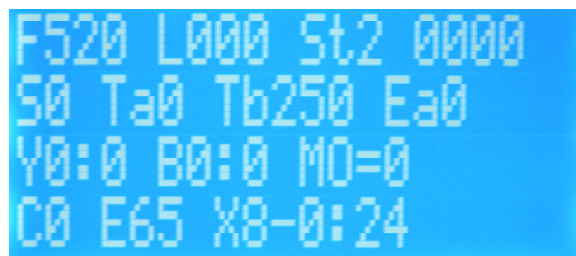
nie prostownika (zielone diody), o przekraczaniu parametrów (żółte diody) oraz błędy i blokady wyświetlane na czerwono. Poniżej znajdują się dwa duże czytelne wyświetlacze: zielony pokazujący wartość napięcia oraz czerwony prezentujący wartość prądu. Na rys.(4, 5, 6) przedstawiono ekrany wyświetlaczy: z pomiarami temperatury (rys.5), z pomiarami kontrolnymi (serwisowymi) (rys.6) oraz z wykrytymi błędami w pracy prostownika (rys.7).



Rys. 5. Widok ekranu wyświetlacza z temperaturami

Przewoźny prostownik górniczy wyposażony jest w następujące zabezpieczenia:

- zabezpieczenie od skutków zwarć i przeciążeń obwodów dolnego napięcia, obwodów sterowania i sygnalizacji przez zastosowanie specjalnych bezpieczników przeznaczonych do pracy z układami półprzewodnikowymi, wyłączników instalacyjnych, rozłączników izolacyjnych z bezpiecznikami, wyłączników typu S,



Rys. 6. Widok ekranu wyświetlacza z pomiarami kontrolnymi



Rys. 7. Wynik badań diagnostycznych prostownika

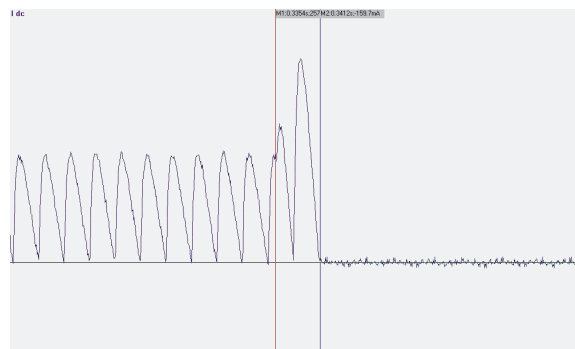
- zabezpieczenie od skutków zwarc, poprzez kontrolę prądu zwarcowego, przeciążeń obwodów prądu stałego, poprzez pomiar prądu nominalnego i prądu maksymalnego,
- szybkie zabezpieczenie przeciwzwarciowe, kontrolujące przyrosty prądów di/dt ,
- kontroli zwarcia i doziemienia,
- kontroli oporności linii,
- kontroli kolejności zaniku i nierówności faz
- kontroli temperatury tyrystorów i innych części prostownika,
- kontroli zamknięcia drzwi i odłączników,
- kontroli błędów transmisji.

Zabezpieczenia po zadziałaniu uniemożliwiają pracę prostownika dopóki nie zostanie usunięta przyczyna zadziałania zabezpieczenia. Układ kontroli sieci trakcyjnej przewodowej przeprowadza próbę linii zasilającej wraz z układem samoczynnego ponownego załączenia, W przypadku stwierdzenia doszyczenia i zwarcia w sieci trakcyjnej układ jest blokowany. Szybkie zabezpieczenie przeciwzwarciowe jest jednym z podstawowych zabezpieczeń prostownika. Układy wraz ze sterownikiem mikroprocesorowym, umożliwiają kontrolę, a następnie wyłączenie prostownika i przejście w stan czuwania [3]. Układ sterowania prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC zapewnia diagnostykę stanu technicznego oraz monitoring parametrów eksploatacyjnych i awaryjnych.

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

Przewoźny przekształtnikowy prostownik górniczy typu NTP54A250/6/0,25DC był poddany badaniom atestacyjnym w ITI EMAG Katowice i uzyskał pozytywną opinię atestacyjną oraz próbom ruchowym w KWK „Murcki-Staszic”. Próby ruchowe przeprowadzone były zgodnie z programem zaakceptowanym przez Centrum Badań i Certyfikacji EMAG. Prostownik przeszedł je z wynikiem pozytywnym. Zakres prób obejmował m.in.: sprawdzenie zabezpieczeń prostownika, uruchomienie prostownika, sprawdzenie poprawności pracy blokad elektrycznych, przeprowadzenie próby linii, kontrola pracy członu di/dt , kontrola zadziałania w stanach przeciążeniowych i zwarcowych. Wszystkie próby uzyskały wynik pozytywny. Próby zwarcowe były wykonywane również podczas badań atestacyjnych w ITI EMAG Katowice. Przykładowy przebieg czasowy procesu

wyłączenia prądu zwarcowego przedstawiono na rys.8.



Rys. 8. Przykładowy przebieg wyłączenia prostownika

Podczas przeprowadzania prób zwarcowych i eksploatacyjnych nie nastąpiło przepalenie bezpiecznika, czy uszkodzenie tyrystora. Od grudnia 2010 r., prostownik NTP54A 250/6/0,25DC jest zainstalowany w KWK „Ziemowit”, w komorze rozdzielni 6kV CS-1 na poziomie III. W wyrobisku prowadzi się transport szynowy materiałów, w tym materiałów o dużych ciężarach i gabarytach, natomiast nie prowadzi się w tym przekopie przewozu załogi. Na rys.9 przedstawiono widok prostownika w chodniku kopalnianym, a na rys.10 widok prac uruchomieniowych prostownika w przekopie KWK.



Rys. 9. Widok prostownika w podziemiu KWK



Rys. 10. Prace serwisowe na prostowniku w KWK

KWK „Ziemowit” eksploatuje pod ziemią elektryczną trakcję przewodową w przekopach o łącznej długości ok. 35 km, zasilaną dotychczas z 42 stacji prostownikowych typu APSPa i APST. Prostownik NTP 54A jest pierwszym urządzeniem nowej generacji, eksploatowanym w dołowych wyrobiskach kopalnianych. W krótkim okresie eksploatacji nowego prostownika uwidoczniły się następujące zalety nowej konstrukcji, istotne z punktu widzenia użytkownika:

- Stacja posiada stopień ochrony obudowy IP-54 i tym samym spełnia wymogi § 610 rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych z czerwca 2002r. Obudowy stacji APSPa i APST o stopniu IP-21 nie spełniają tego warunku, dlatego nie mogą być użyte do zasilania nowych instalacji.
- Chłodzenie stacji w systemie zamkniętym, bez przepływu wewnątrz obudowy powietrza czerpanego z zewnątrz urządzenia, eliminuje największą wadę dotychczasowych rozwiązań. Dzięki takiemu rozwiązaniu w znacznym stopniu wyeliminowano wnikanie i osiadanie pyłu kopalnianego na zabudowanej aparaturze elektrycznej i energoelektronicznej. Ograniczono do minimum czasochłonne i niebezpieczne prace związane z usuwaniem pyłu z wnętrza urządzenia.
- Obszerna komora przyłączeniowa dopływu 6kV umożliwia zabudowę dwóch dodatkowych głowic kablowych umożliwiających przelotowe zasilanie innych stacji prostownikowych lub transformatorowych.
- W komorze rozłącznika 6kV, na górnych i dolnych zaciskach rozłącznika zabudowano zaciski dostosowane do powszechnie stosowanego uziemiacza tulipanowego dla uziemienia kabla zasilającego i strony górnej transformatora na czas prowadzonych prac konserwacyjnych lub naprawczych.
- Stacja posiada odłączniki nożowe na każdym odpływie 250V DC i wyposażona jest we wzorniki umożliwiające wzrokową kontrolę położenia styków. Odłączniki można przestawiać bez otwierania drzwi stacji – za pomocą demontowanej dźwigni.
- Pulpit z aparaturą pomiarową, sterowniczą, sygnalizacyjną oraz kontrolną zabudowany jest w komorze sterowniczo pomiarowej

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 (lub brak możliwości załączenia przy otwartych drzwiach), co znacząco wpływa na poprawę bezpieczeństwa obsługujących.
- Urządzenie jest wyposażone w szereg czujników temperaturowych, zlokalizowanych w różnych komorach stacji, które na bieżąco kontrolują kluczowe elementy i zabezpieczają je przed przegrzaniem.
- Zastosowanie w stacji pomocniczego odpływu 230V AC umożliwiło zasilanie 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.

5. Zakończenie

Wprowadzenie nowoczesnego zasilacza trakcyjnego do układów zasilania trakcji elektrycznej przewodowej zwiększa możliwości sterowania automatycznego zasilaczy trakcyjnych oraz ograniczy stany awaryjne występujące przy zwarciach i doszynieniach przewodu jezdnego. Badania przemysłowe i laboratoryjne przeprowadzone podczas prób dopuszczeniowych potwierdziły zalety prostownika. Przewoźny przekształtnikowy prostownik górniczy typu NTP 54A 250/6/0,25DC posiada dopuszczenie WUG i może być stosowany w podziemnych zakładach górniczych. Dotychczasowe badania eksploatacyjne w pełni potwierdziły zalety prostownika.

6. Literatura

[1]. Szymański Z, Gałuszkiewicz Zb., Napierała J.: *Nowoczesne układy zasilania i sterowania trakcji elektrycznej dołowej. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 8, 2010r.*

- [2]. *Instrukcja bezpiecznego użytkowania przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC*, NT Polska sp. z o.o Lubin, Lubin 2009r, niepublikowana.
- [3]. *Warunki Techniczne Odbioru przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC*, NT Polska sp. z o.o Lubin, Lubin 2009r, niepublikowana.
- [4]. *Dokumentacja Techniczno Ruchowa przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC*, NT Polska sp. z o.o. Lubin, Lubin 2009r, niepublikowana.