

Zygmunt Szymański, Politechnika Śląska, Gliwice
Zbigniew Galuszkiewicz, MEGATECH, Kalety
Jarosław Napierała, Janusz Pluta, NT Polska Sp. z o.o., Lubin

NOWOCZESNY PRZEKSZTAŁTNIKOWY PROSTOWNIK GÓRNICZY ZE STEROWNIKIEM MIKROPROCESOROWYM

MODERN CONVERTER MINE SUPPLY SYSTEM WITH MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM

Abstract: In the paper described construction, work system and selected circuits: supply system, control and diagnostic system of the mine converter type NTP 54A 250/6/0,25DC. Control and diagnostic system cooperate with microprocessor controller. Converter NTP 54A 250/6/0,25DC have a modern compact construction. Converter construction contain a system of chambers separated apart with thermal isolation about the degree protection IP 54, the closed cooling system with the air inside chambers of the rectifier without external filters. In chambers „6kV” of the rectifier one used barriers of gas-the blast making possible relaxation of gases from the arched short-circuit inside chambers of the rectifier. The application of the rectifier NTP 54A 250/6/0,25DC in the supply system of the line-traction should cause the considerable improvement of the work safety, diminish the number of damages of line-motors by the improvement of the efficiency of getting down to work of protections of the rectifier. In the article one introduced example-algorithms of the control of the rectifier, and findings of laboratory and exploitive of the rectifier. Proposing solution of the system of the power supply of the line-traction makes possible the running inspection of exploitive parameters, and visualization and the diagnostics of states of the computer run supplied of the line-electric traction. The rectifier was tested in several mines of the pit-coal, and worked failure-freely through the period of 2 months in different operating conditions.

1. 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 załadowcze i wyładowcze w przodkach i na podszybiach. Proces spływu urobku ze ścian kombajnowych lub strugowych do stacji załadowczych 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 przeważnie transport szynowy: trakcja elektryczna przewodowa 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 przekształtnikowego prostownika górniczego typu: NTP 54A 250/6/0,25DC, w którym zastosowano układy mikroprocesorowe. Pro-

stownik 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 przykładowe algorytmy sterowania prostownika oraz wyniki badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych prostownika. Proponowane rozwiązanie systemu zasilania trakcji przewodowej umożliwia bieżącą kontrolę parametrów eksploatacyjnych oraz wizualizację i diagnostykę stanów pracy systemu zasilana przewodowej trakcji elektrycznej. Prostownik przekształtnikowy był testowany w warunkach eksploatacyjnych w kopalniach węgla kamiennego i pracował bezawaryjnie w ekstremalnych warunkach eksploatacyjnych (przeciążenia, zwarcia, doszynienia).

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] jest przeznaczony do zasilania elektrycznej trakcji przewodowej lub innych odbiorników o napięciu znamionowym 250V DC, w wyrobiskach podziemnych zakładów górniczych, w pomiesz-

zeniach 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: 500A, 250V DC, i jeden odpływ prądu przemiennego: 230V AC. Podstawowe parametry techniczne prostownika NTP 54A 250/6/0,25 przedstawiono w tabeli I.

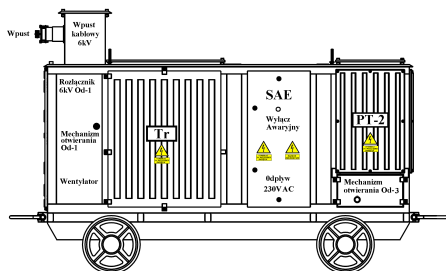
Tabela I. Dane techniczne przewoźnego prostownika górniczego

Moc obciążenia w czasie 2h	250 kW
Napięcie znamionowe górne SN	6000V
Napięcie wyprostowane	250VDC±10%
Znamionowy prąd wyprostowany ciągły odpływ I	340 A/DC
Znamionowy prąd wyprostowany 2h odpływ I	500A/DC
Maksymalny prąd wyprostowany 1 min. Odpływ I	≤750A/DC
Znamionowy prąd wyprostowany ciągły odpływ II	340 A/DC
Znamionowy prąd wyprostowany 2h odpływ II	500A/DC
Maksymalny prąd wyprostowany 1 min. Odpływ II	≤750A/DC
Znamionowy prąd przewodu powrotnego	680/1000 A/DC
Maksymalny przekrój kabli przyłączeniowych zasilania 6kV	70 mm ²
Maksymalny przekrój kabli dolnego napięcia	240 mm ²
Prąd znamionowy odłącznika 6kV AC	630 A
Wytrzymałość zwarciowa 1sek odłącznika 6kV AC	25kA
Znamionowy prąd ciągły odłącznika DC	2000A
Znamionowy prąd wytrzymywany 3 sek odłącznika DC	60kA
Sposób chłodzenia transformatora mocy	AN
Moc znamionowa transformatora pomocniczego	3,5kVA
Napięcie wewnętrznych obwodów pomocniczych AC	230V, 24V
Gabaryty przewoźnego prostownika (dł. x szer. x wys.)	2576x1226x1780mm
Stopień ochrony IP	IP 54
Masa przewoźnego prostownika	2200kg

Prostownik przekształtnikowy 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 (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 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 oraz komory odłączników napięcia stałego Od2 i Od3, które oddzielone są podwójną blachą zapewniającą izolację termiczną. W ścianie oddzielającej komorę rozłącznika 6kV od komory

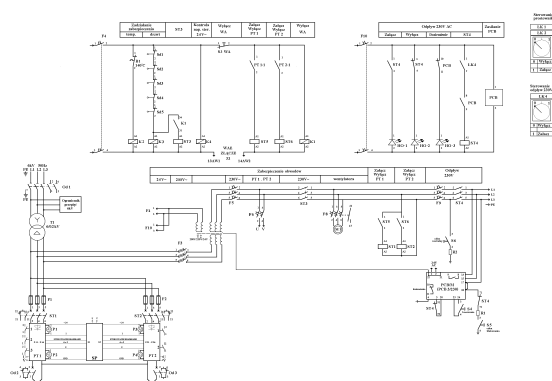
wentylatora przewietrzającego wykonano otwór zaślepiiony szczelną membraną.



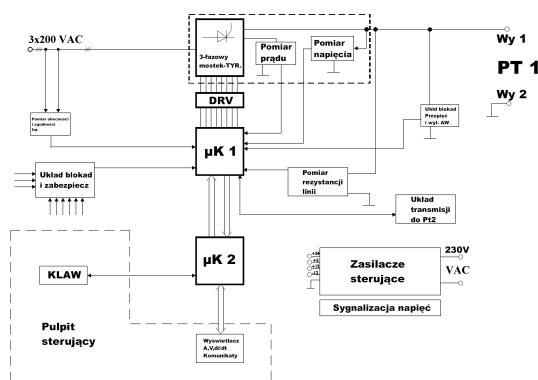
Rys. 1. Widok prostownika NTP 54A 250/6/0,25DC widok z przodu

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 czujników 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 wspomagającymi chłodzenie. 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 uniemożliwiają sterowanie przekształtników ty-

ristorowych PT1 i PT2. 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 230VAC i 250VDC w komorze aparatury dolnego napięcia przy próbie otwarcia pokrywy, gdy urządzenia są pod napięciem. 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.3) prostownika zawiera następujące zespoły 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. 2. Schemat ideowy przewoźnego prostownika górniczego



Rys. 3. Schemat blokowy układu sterowania prostownika przekształtnikowego

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

W skład obwodów sterowania, zabezpieczeń, oraz diagnostyki prostownika przekształtnikowego wchodzi 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 połączone są magistralą RS485, którą zarządza moduł MON1. Aby zastosować zdalny nadzór moduł MON1 może zostać wyposażony w drugi port RS485. Moduł monitora MON jest odpowiedzialny za komunikację z użytkownikiem. Zapewnia transmisję sygnałów do wyświetlaczy LCD i LED, kontrolki LED, przełącznika, przycisków klawiatury i potencjometru cyfrowego. Układ zapewnia generowanie i wyświetlanie komunikatów, wyświetlanie wartości mierzonych wielkości (prądu obciążenia, napięcia wyjściowego, temperatury, itd.), umożliwia ustawianie parametrów pracy prostownika. Jednocześnie zarządza pracą prostownika, wysyłając do podległego mu modułu BCC sygnały zezwolenia na pracę prostownika i wartości nastaw, a na podstawie informacji zwrotnej z modułów BCC i I/O wykrywa stany alarmowe. Moduł BCC jest przeznaczony do sterowania zaworów prostownika tyrystorowego. Moduł generuje niezbędną sekwencję impulsów steru-

jących do obwodów bramkowych mostka, oraz odpowiada za synchronizację pracy zaworów mostka z siecią zasilającą. Synchronicznie kontroluje i archiwizuje sygnały pomiarowe wielkości prądu i napięcia z prostownika umożliwiając przeprowadzenie pomiaru rezystancji linii (próba linii), i bezzwłoczne 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 $\mu K1$ w połączeniu z kontrolerami DRV 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 czujników temperatury i wyłączników bezpieczeństwa, obsługa blokady odłącznika SN, odłączników DC. Natomiast obsługę wyświetlaczy i klawiatury, zapewnia sterownik $\mu K1$ w bloku monitora w połączeniu z pozostałymi układami sterującymi.

4. Układy zabezpieczeń i diagnostyki przekształtnikowego mostka tyrystorowego

W komorze sterowniczo- pomiarowej znajduje się pulpit 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 3x230VAC, lampka kontrolna (załącz

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 pokrętle. 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,



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

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: lewy pokazujący wartość napięcia oraz prawy prezentujący wartość prądu. Przewoźny prostownik górniczy wyposażony jest w następujące zabezpieczenia:

- zabezpieczenie od skutków zwarc 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 zwarc (kontrola prądu zwarcowego), przeciążeń obwodów prądu stałego (pomiar prądu nominalnego i prądu maksymalnego), zabezpieczenie różniczkujące (szybkie zabezpieczenie zwarcowe kontrolujące przyrosty prądów di/dt),
- zabezpieczenia uzwojeń transformatora głównego oraz elementów półprzewodnikowych przekształtników przed przekroczeniem temperatury dopuszczalnej
- 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, kod dostępu do nastaw,

Zabezpieczenia po zadziałaniu i trzykrotnej próbie uruchomienia 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 załączania. W przypadku stwierdzenia „doszynienia” lub zwarcia galwanicznego 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]. Mikroprocesorowy 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, prąd obciążenia przedstawiono na rysunku nr.4. Natomiast na rys.5 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.



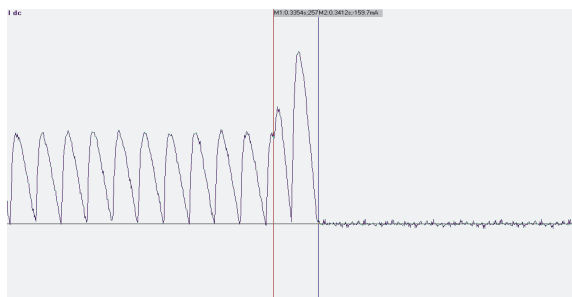
Rys. 5. Ekran wizualizacyjny stanów awaryjnych prostownika trakcyjnego

5. 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 „Ziemowit”. 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 zwarciovych,



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

Wszystkie próby uzyskały wynik pozytywny. Próby zwarciove były wykonywane również podczas badań atestacyjnych w ITI EMAG Katowice. Przykładowy przebieg czasowy procesu wyłączenia 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 6kV CS-1 na poziomie III w grudniu 2010 r. Obecnie prostownik zasila trakcję przewodową 250V 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 szystem materiałowo-zjazdowym kopalni), natomiast nie prowadzi się w tym przekopie przewozu załogi. W krótkim okresie eksploatacji nowego prostownika uwidoczniły się istotne zalety nowej konstrukcji, pracującego w różnych warunkach eksploatacyjnych.

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. Zastosowanie sterowników przemysłowych zapewnia bieżącą kontrolę parametrów eksploatacyjnych zasilacza oraz diagnostykę stanów pracy awaryjnych. Zarejestrowane stany awaryjne

pozwalają po czasie, uzyskać informację o rzeczywistym powodzie wyłączenia stacji. 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 elektromechanicznych sterujących i zastąpienie ich układami półprzewodnikowymi. Odpowiednie moduły związane z transmisją znajdujące się w konfiguracji sterownika jako opcja zapewniają możliwość transmisji sygnałów (interfejs RS 485), oraz częściową ocenę stanu technicznego poszczególnych elementów zasilaczy trakcyjnych.

Literatura

- [1]. Antoniak J.: *Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach*. Wyd. Śląsk Katowice 1990r.
- [2]. Szymański Z.: *Zastosowanie inteligentnych sterowników programowalnych w układach sterowania maszyn górniczych*. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 5-6/1998r.
- [3]. Szymański Z., Gałuszkiewicz Zb., Napierała J.: *Nowoczesne układy zasilania i sterowania trakcji elektrycznej dołowej*. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 8, 2010r.
- [4]. *Instrukcja bezpiecznego użytkowania przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC*, NT Polska sp.z o.o Lublin, Lubin 2009r, niepublikowana.
- [6]. *Warunki Techniczne Odbioru przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC*, NT Polska sp.z o.o Lublin, Lubin 2009r, niepublikowana
- [5]. *Dokumentacja Techniczno Ruchowa przewoźnego prostownika górniczego NTP 54A 250/6/0,25DC*, NT Polska sp.z o.o Lublin, Lubin 2009r, niepublikowana,