

ROMAN GAŚKA
ZBIGNIEW WOLNY
MARIUSZ MYRLAK
MARCIN KRUK
TOMASZ KARPIEL

Poprawa bezpieczeństwa pracy i zwiększenie funkcjonalności prowadzenia ruchu w górniczym wyciągu szybowym (Tauron Wydobyć S.A. Z.G. Sobieski)

W artykule przedstawiono informację na temat zmian górniczego wyciągu szybowego w przedziale klatkowym szybu „Sobieski III” Tauron Wydobyć S.A. Z.G. Sobieski. W układzie wzbudzenia silnika napędowego oraz prądnic sterujących zainstalowano wyodrębniony zespół sterowniczy oparty na przekształtnikach tyrystorowych MENTOR, co pozwoliło zastąpić układy kłopotliwe w eksploatacji, m.in. wzmacniacz elektromaszynowy (amplidyna) oraz wzbudnicę maszynową silnika wyciągowego. Dodatkowo w celu zapewnienia stabilizacji prędkości (szczególnie podczas prac rewizyjnych w szybie), został zmodyfikowany układ zadawania poziomów prędkości maszyny wyciągowej. Regulacja prędkości jest zrealizowana przez nadążny układ regulacji prędkości zbudowany w oparciu o cyfrowo sterowany przekształtnik rewersyjny MENTOR.

Słowa kluczowe: górnicze wyciągi szybowe, modernizacja, maszyna wyciągowa, bezpieczeństwo, układ sterowania

1. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA

Prezentowana maszyna wyciągowa jest elementem górniczego wyciągu szybowego: dwunaczyniowego, klatkowego, przeznaczonego do jazdy ludzi, transportu materiałów i wydobywania, zainstalowana w pomieszczeniu na zrębie. Maszyna wyciągowa sterowana jest ręcznie, współpracuje z urządzeniem sygnalizacji i łączności szybowej. Napęd maszyny wyciągowej stanowi obcowzbudny silnik prądu stałego, zasilany z elektromaszynowej prądnicy sterującej, pracującej w układzie Leonarda. Zmianę kierunku obrotów silnika uzyskuje się przez zmianę kierunku prądu wzbudzenia prądnicy sterującej [1].

Drażek sterowniczy na stanowisku sterowniczym maszyny wyciągowej jest połączony z mechanicznym regulatorem jazdy, wskaźnikiem głębokości – szybowskazem i zadajnikiem indukcyjnym. Kąt wychylenia steru jazdy jest ograniczony mechanicznie krzywkami

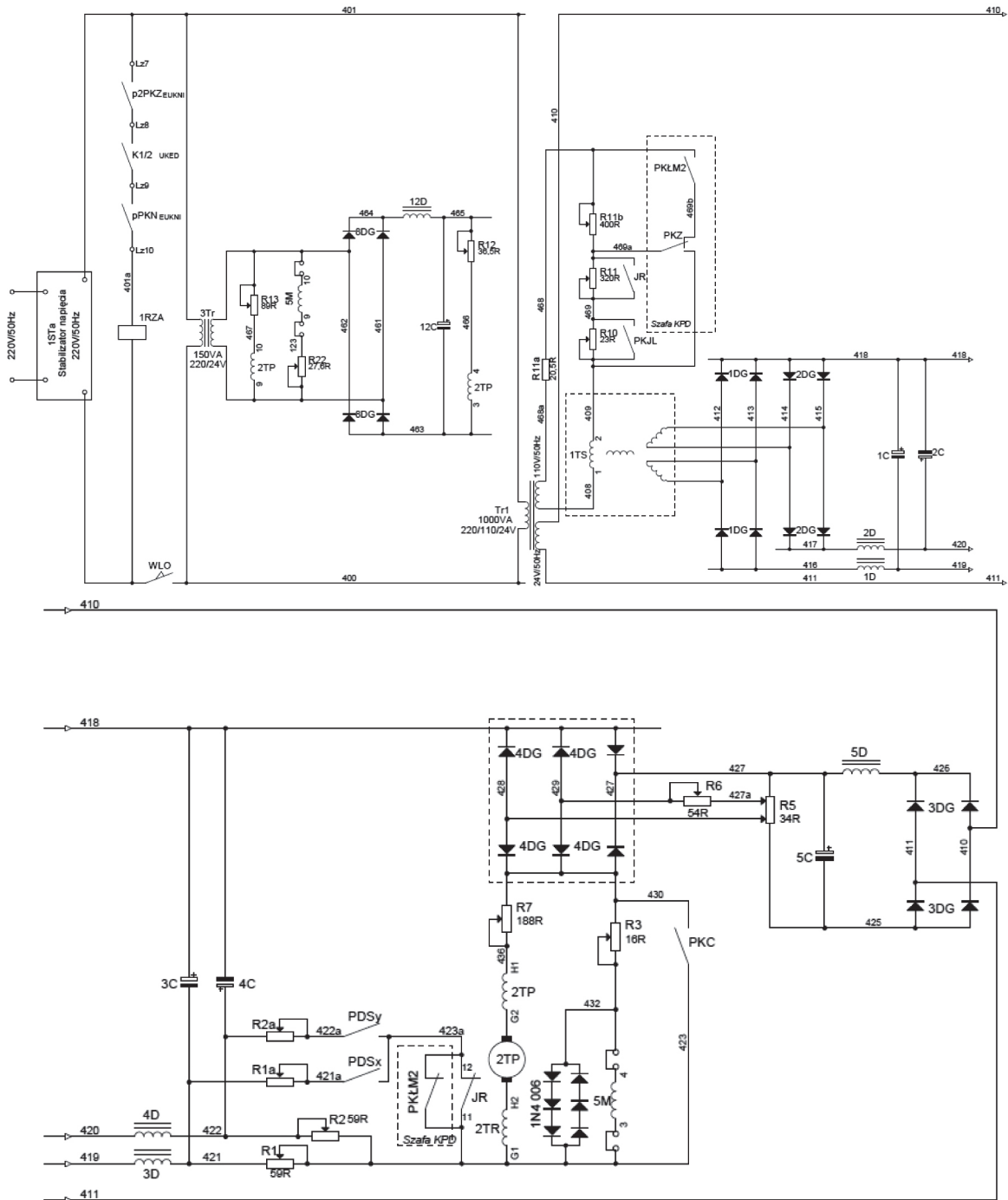
w funkcji położenia naczyń wyciągowych [2]. Całościowy schemat układu zadawania prędkości został przedstawiony na rysunku 1.

Nieregularne zmiany rezystancji w układzie wyboru prędkości, wskutek oddziaływania temperatury zewnętrznej (wynik starzenia się elementów), powodowały zmianę sygnału zadającego, co w połączeniu z inercyjnym charakterem układu regulacji skutkowało:

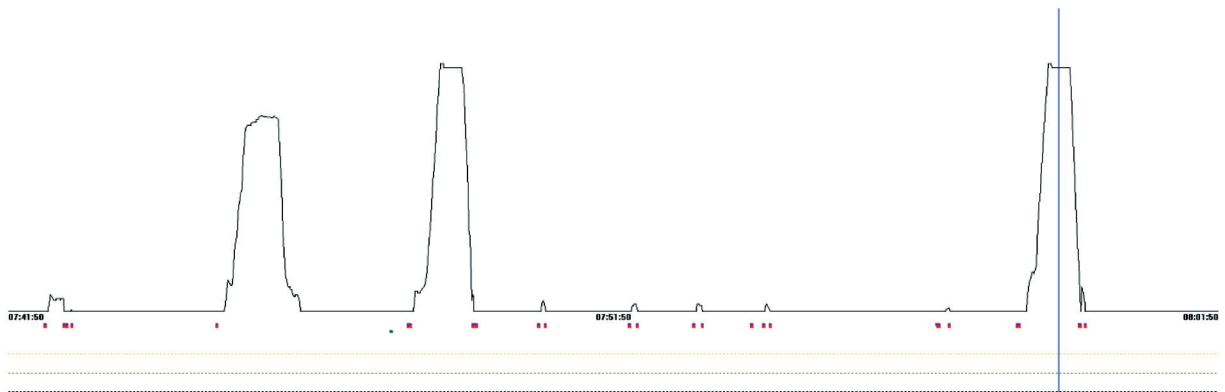
- niestabilną pracą,
- przeregulowaniem prędkości,
- nieliniowością diagramu jazdy.

To wszystko spowodowało, że parametry jazdy były niższe od koncesyjnych, co wydłużyło czas trwania cyklu jazdy. Skutek ekonomiczny takiego stanu był zauważalny ze względu na zmniejszenie wydobywania.

Na rysunku 2 przedstawiono przykładową, losowo wybraną, rejestrację pracy maszyny. Widoczne są stany niestabilnej pracy polegające na przeregulowaniach oraz nieliniowym diagramie jazdy.



Rys. 1. Schemat zasadniczy układu zadawania prędkości wraz z układem wyboru prędkości maksymalnej [2]



Rys. 2. Losowo wybrana rejestracja prędkości jazdy – nieprawidłowa praca maszyny wyciągowej

2. WPROWADZONE ZMIANY

2.1. Charakterystyka ogólna

W górniczym wyciągu szybowym zainstalowano wyodrębniony zespół sterowniczy oparty na przekształtnikach tyrystorowych MENTOR (rys. 3) [3].

Zakres prac:

- modernizacja układu wzbudzenia prądnicy sterującej polegająca na zastąpieniu amplidyny przez rewersyjny przekształtnik tyrystorowy zabudowany w szafie SWG (rys. 4),
- modernizacja układu wzbudzenia silnika napędowego maszyny wyciągowej polegająca na zastąpieniu wzbudnicy elektromaszynowej przez przekształtnik tyrystorowy zabudowany w szafie SWM (rys. 5).

Dodatkowo w celu zapewnienia stabilizacji prędkości (szczególnie podczas prac rewizyjnych w szybie) został zmodyfikowany układ zadawania poziomów

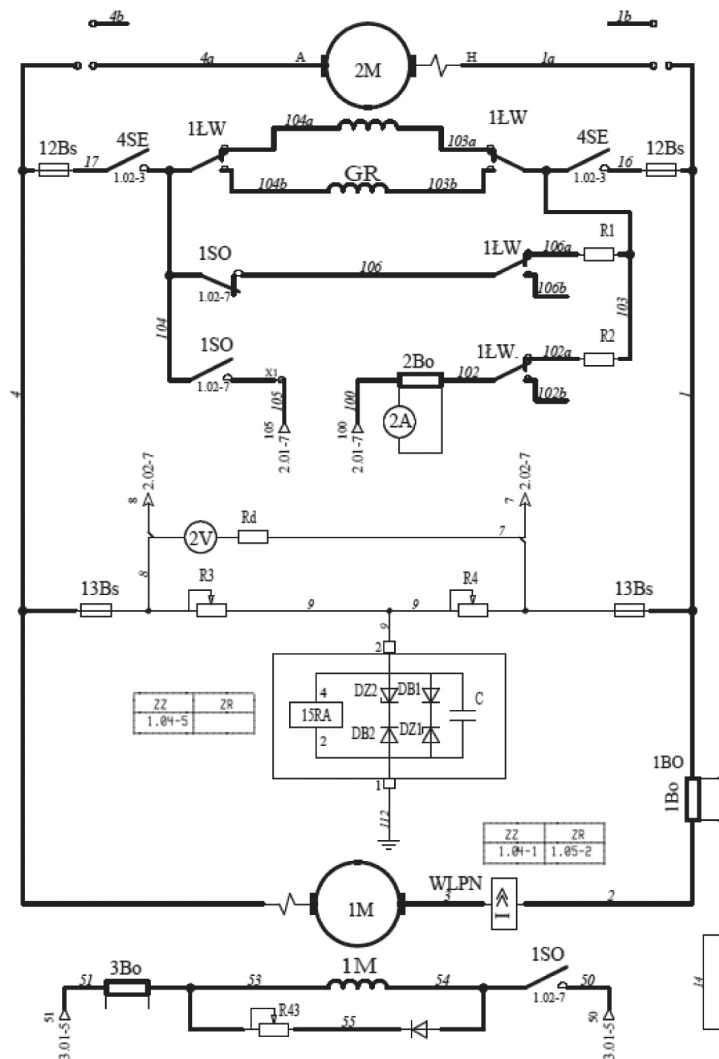
prędkości maszyny wyciągowej. Regulację prędkości zrealizowano przez nadany układ regulacji prędkości z wykorzystaniem cyfrowo sterowanego przekształtnika rewersyjnego MENTOR.

2.2. Układ tyrystorowego wzbudzenia prądnicy sterującej

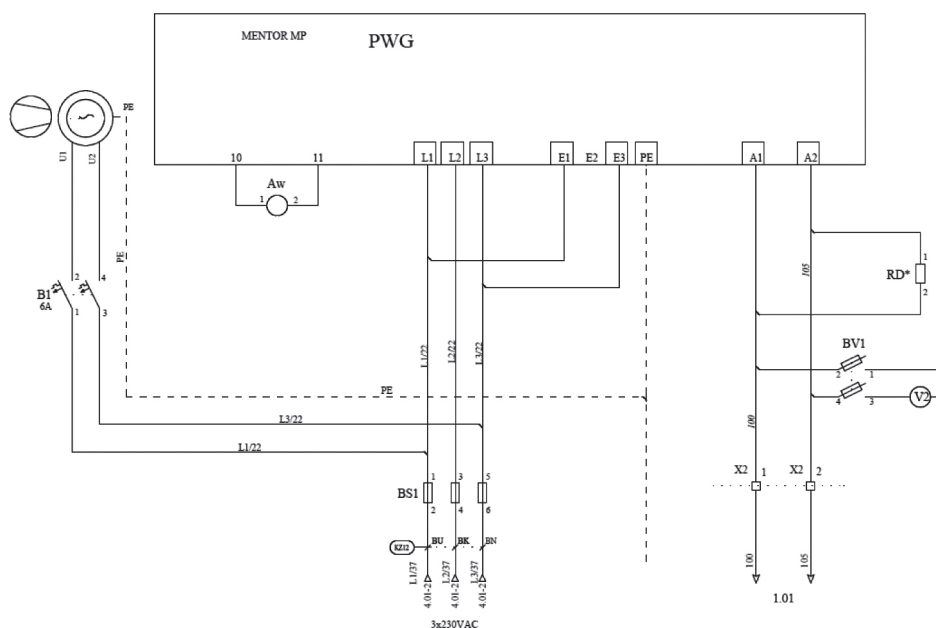
Do zasilania uzwojeń wzbudzenia prądnicy sterującej wykorzystano cyfrową wzbudnicę tyrystorową MENTOR pracującą w układzie nawrotnym (PWG). Wzbudnica wyposażona jest w moduł SM Applications Plus zawierający procesor.

Analogowymi sygnałami wejściowymi dla wzbudnicy MENTOR MP są:

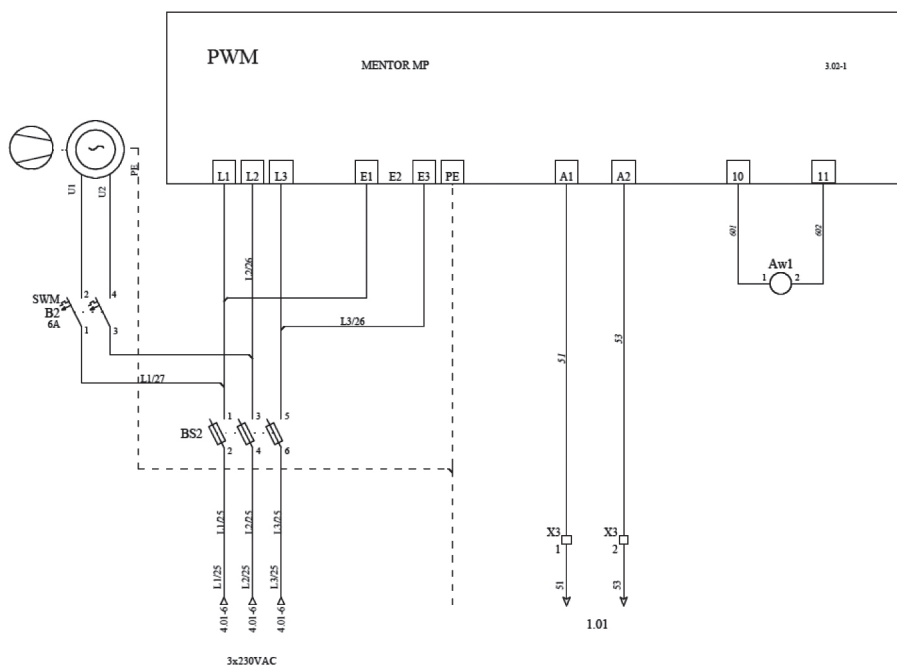
- prędkość zadana ze steru jazdy w kierunku X,
- prędkość zadana ze steru jazdy w kierunku Y,
- prąd obwodu głównego (przez separator SEJ),
- napięcie obwodu głównego proporcjonalne do prędkości jazdy (przez separator SENV).



Rys. 3. Schemat ideowy napędu maszyny wyciągowej po wprowadzonych zmianach [4]



Rys. 4. Wzbudzenie prądnicy sterującej [4]



Rys. 5. Wzbudzenie silnika napędowego maszyny wyciągowej [4]

Binarnymi sygnałami wejściowymi dla wzbudnicy MENTOR MP są:

- sygnały o wyborze prędkości maksymalnej,
- sygnał o załączeniu obwodu bezpieczeństwa (PPHB),
- sygnał o zahamowaniu maszyny wyciągowej (KCZ),
- sygnał kasowania pamięci zabezpieczeń przekształtnika (KSWG),
- sygnał o zwiększeniu pułapu prądu startowego przy zatrzymanej maszynie (ŁZP).

Wykonanie wzbudzenia prądnicy sterującej z wykorzystaniem przekształtnika tyrystorowego typu MENTOR

MP75A4R oraz modułu procesora SM Applications Plus umożliwi realizację takich funkcji, jak:

- zadawanie prędkości maszyny wyciągowej przez maszynistę wyciągowego z wykorzystaniem istniejącego zadajnika oraz istniejącego regulatora jazdy,
- oparta na sprzężeniu prędkościowym realizacja regulatora prędkości, który na podstawie różnicy między prędkością zadaną a rzeczywistą tworzy sygnał wejściowy dla regulatora prądu obwodu głównego – regulator ten może być proporcjonalny lub proporcjonalno-całkujący,

- ograniczenie maksymalnej prędkości jazdy w zależności od załączonego rodzaju pracy w urządzeniu sygnalizacji i łączności szybowej,
- ograniczenie maksymalnych przyspieszeń i opóźnień zadawanych przez układ regulacji w sposób niezależny od położenia naczyń w szybie,
- realizacja regulatora prądu obwodu głównego oparta na sprzężeniu prądowym od rzeczywistego prądu obwodu głównego, który na podstawie różnicy między prądem zadany a rzeczywistym tworzy sygnał wejściowy dla regulatora prądu wzbudzenia prądnicy sterującej.

Oprogramowanie przekształtnika MENTOR MP umożliwia wprowadzenie skokowej zmiany sygnału na wejścia zadające prędkość jazdy. Są to wejścia z tzw. rampą, co umożliwia stopniowy narost wartości zadanej dla regulatora prędkości oraz ograniczenie maksymalnych przyspieszeń i opóźnień zadawanych przez układ regulacji. Układ też umożliwia ograniczenie wartości prędkości jazdy w zależności od załączonego rodzaju pracy urządzenia wyciągowego.

Regulator prędkości zrealizowany we wzbudnicy może być regulatorem proporcjonalnym P lub regulatorem proporcjonalno-całkującym PI. Przy zadawaniu prędkości, zaraz po odhamowaniu, regulator prędkości jest regulatorem proporcjonalnym P, który umożliwia precyzyjne zadawanie prądu obwodu głównego przez maszynistę wyciągowego wprost proporcjonalnie do kąta wychylenia drążka dźwigni steru. Po przekroczeniu zadanego progu prędkości regulator jest adaptowany na regulator PI, który redukuje błąd prędkości do zera. Praca z regulatorem PI zapewnia zachowanie tych samych dróg dojazdowych i prędkości dojazdowych niezależnie od transportowanego ciężaru, co znacznie poprawia bezpieczeństwo wyciągu podczas awaryjnego zatrzymania [1].

Pomiar prędkości jest realizowany w sposób pośredni przez pomiar napięcia obwodu głównego. Napięcie to jest praktycznie proporcjonalne do prędkości obrotowej silnika napędowego i z wykorzystaniem możliwości procesora wzbudnicy tyrystorowej jest w sposób ciągły przeliczane na prędkość wyciągu. Napięcie obwodu głównego przez separator SENV jest wprowadzane na wejście analogowe wzbudnicy.

2.3. Układ zadawania prędkości

Układ zadawania prędkości został oparty na istniejącym mechaniczno-krzywkowym drążku sterowni-

czym 1TS. Sygnał wyjściowy ze steru jazdy 1TS jest wprowadzony niezależnie dla każdego kierunku jazdy na dwa separatory napięciowe SEN1 i SEN2, a następnie na dwa wejścia analogowe wzbudnicy PWG. Sygnał prędkości zadanej uwzględnia działanie istniejącego w maszynie mechanicznego regulatora jazdy. Układ wyboru prędkości maksymalnej służy do ograniczenia wartości prędkości maksymalnej zadawanej sterem jazdy w zależności od rodzaju pracy załączonego w urządzeniu sygnalizacji i łączności szybowej, co zostało przedstawione na rysunku 1.

2.4. Układ tyrystorowego wzbudzenia silnika napędowego

Do zasilania uzwojenia wzbudzenia silnika napędowego maszyny wyciągowej służy cyfrowa wzbudnica tyrystorowa MENTOR pracująca w układzie jednokierunkowym, oznaczona symbolem PWM. Na podstawie sygnałów wejściowych w momencie odhamowania maszyny wyciągowej prąd wzbudzenia narasta do wartości znamionowej. Maksymalną prędkość narostu prądu wzbudzenia zapewnia odpowiedni współczynnik forsowania. Po zahamowaniu maszyny prąd wzbudzenia jest zmniejszany w celu ograniczenia strat mocy czynnej [4].

3. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA PRZEKSZTAŁTNIKA TYRYSTOROWEGO MENTOR MP

Mentor MP stanowi najnowszą wersję nowoczesnego cyfrowego prostownika prądu stałego o przebiegu wyjściowym sześciopulsowym (konfiguracja opcjonalna, szeregową, daje przebieg dwunastopulsowy). W pełni programowalny prostownik zapewnia dużą elastyczność podczas integracji systemu sterowania. Zawiera mnóstwo funkcji zapewniających szybkość i prostą konfigurację nastaw systemu. Łatwe w użyciu funkcje systemu obejmują między innymi programowane wejścia/wyjścia analogowe i cyfrowe, cyfrowe sterowane nadrzędne oraz zależne ograniczenia prądowe. Inne funkcje zaawansowane obejmują komunikację szeregową oraz programowanie wartości progowych. Stosowany jest w aplikacjach wymagających zwrotu energii do sieci, wysokiej dynamiki systemu oraz stałej wartości momentu lub mocy w szerokim zakresie prędkości [3].

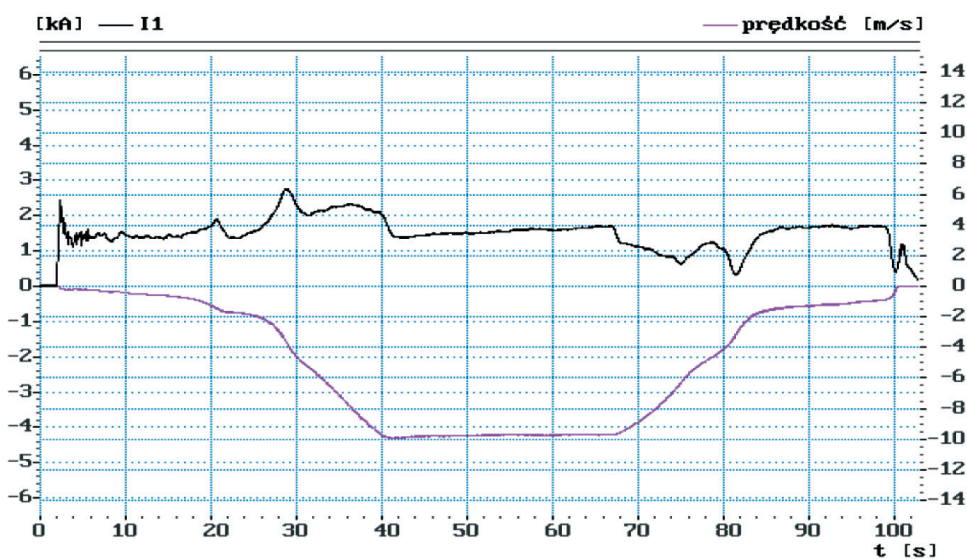
4. WNIOSKI

Przedstawiony przykład rozwiązania pozwolił na zwiększenie pewności ruchowej i niezawodności górniczego wyciągu szybowego.

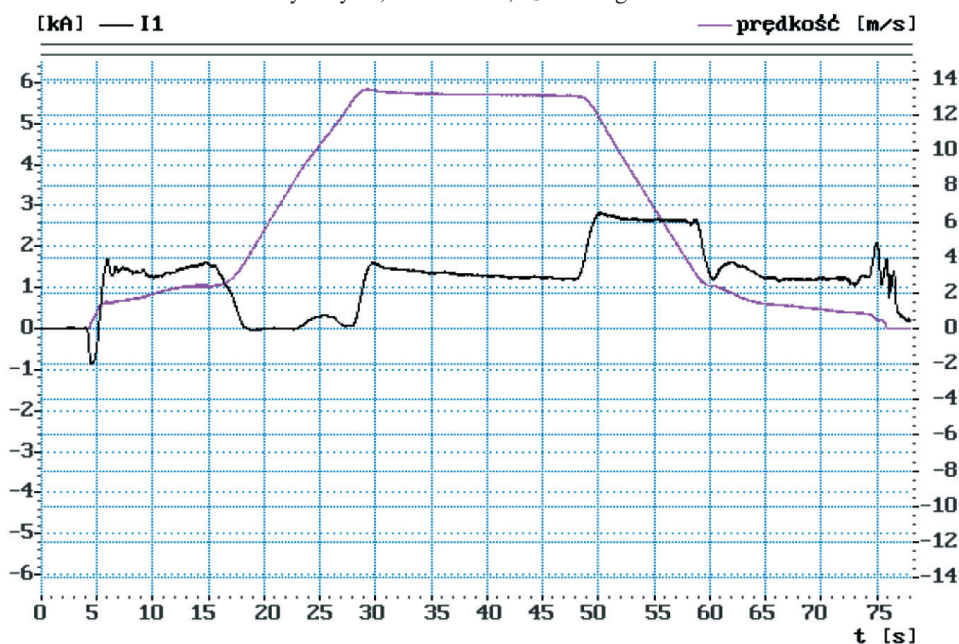
W związku z remontem układu sterowania maszyny wyciągowej górniczego wyciągu szybowego w przedziale klatkowym szybu „Sobieski III” Tauron Wydobyte S.A. Z.G. Sobieski uzyskano następujące korzyści:

- przeprowadzona modernizacja nie zakłóciła normalnego toku pracy szybu, regularna jazda ludzi, wydobyte i prace rewizyjne odbywały się zgodnie z harmonogramem pracy szybu,
- zaproponowany układ poprawił dynamikę napędu, co pozwoliło wyeliminować przeregulowania (rys. 6),
- umożliwiono pracę maszyny z prędkościami koncesyjnymi, co pozwoliło skrócić czas trwania cykli i zwiększyć wydobyte,
- wyłączono z pracy silniki napędzające wzbudnicę i amplitudę, co umożliwiło osiągnięcie oszczędności energetycznych,
- zmniejszono nakłady na remonty i obsługę bieżącą (szczotki, komutator, łożyska, przeglądy wykonywane przez wyspecjalizowane firmy).

Jazda ludzi, kierunek X, Q = 6 Mg w górę



Wydobyte, kierunek Y, Q = 6 Mg w dół



Rys. 6. Losowo wybrane rejestracje prędkości jazdy – prawidłowa praca maszyny wyciągowej po wprowadzonych zmianach

Literatura

- [1] Szklarski L., Zarudzki J.: *Elektryczne maszyny wyciągowe*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Kraków 1998.
- [2] Dokumentacja techniczno-ruchowa prezentowanej maszyny wyciągowej [niepublikowane].
- [3] Podręcznik użytkownika, Wersja podstawowa, Mentor MP, Tyristorowy cyfrowy napęd dla silników prądu stałego, Numer katalogowy; 0476-0003-02, wyd. 2 [wersja testowa].
- [4] Dokumentacja udostępniona przez firmę PPUH „ELCAM” Sp. z o.o. w Świętochłowicach [niepublikowane].

mgr inż. ROMAN GAŚKA
mgr inż. ZBIGNIEW WOLNY
mgr inż. MARIUSZ MYRLAK
mgr inż. MARCIN KRUK
dr inż. TOMASZ KARPIEL
Tauron Wydobycie S.A. Z.G. Sobieski
ul. Sulińskiego 2, 43-600 Jaworzno
tomasz.karpiel@tauron-wydobycie.pl