

Marek Morawiec, JSW S. A. KWK Zofiówka, Jastrzębie-Zdrój
Tadeusz Jędrus, Dariusz Macierzyński, ELGÓR+ HANSEN Sp. z o. o., Chorzów

APARATURA BUDOWY PRZECIWWYBUCHOWEJ DEDYKOWANA DO ZASILANIA WYSOKOWYDAJNYCH SYSTEMÓW ODSTAWY UROBKU W PODZIEMNYCH ZAKŁADACH GÓRNICZYCH WYDOBYWAJĄCYCH WĘGIEL KAMIENNY

ELECTRIC POWER SUPPLYING AND SWITCHING EQUIPMENT OF EXPLOSION-PROOF DESIGN DEDICATED TO HIGHLY PRODUCTIVE SYSTEMS OF R.O.M. HAULAGE IN UNDERGROUND MINING ENTERPRISES DEALING WITH EXTRACTION OF HARD COAL

Abstract: The paper presents power supplying and switching equipment with explosion-proof design dedicated to high-performance belt conveyors of the main haulage system in an underground mining enterprise dealing with extraction of hard coal. The acquired experience and suitability of the solutions are presented on the example of the system operated at the Hard Coal Mine 'Borynia-Zofiówka' where two-speed motors are used to drive belt conveyors designed for regional haulage systems of the colliery.

1. Wstęp

Wyposażenie elektryczne jest jednym z najważniejszych czynników decydującym o sprawności ruchowej, poprawności działania oraz bezpieczeństwie obsługi i eksploatacji maszyn górniczych w warunkach wprowadzonej koncentracji wydobycia urobku i polityki ekonomicznej. Niezbędnym warunkiem do osiągnięcia powyższych celów staje się zastosowanie niezawodnych i jednorodnych urządzeń. Ważnym czynnikiem są możliwie niskie koszty ich pozyskania i eksploatacji z jednoczesnym zapewnieniem bezawaryjnej pracy [1]. Tylko takie urządzenia w tym przenośniki taśmowe odpowiedzialne za odprowadzenie urobku z oddziału wydobywczego mogą zagwarantować wzrost wydajności zakładów górniczych. Ograniczenie awaryjnych przestojów zbyt częstych przeglądów, umożliwia ograniczenie ilości zatrudnionych pracowników co pozwala na określenie wymiernych korzyści [7].

Zasadnicze problemy związane z eksploatacją przenośników taśmowych dotyczą [2]:

- nadmiernych spadków napięcia sieci zasilającej w czasie rozruchu,
- oporów statycznych związanych długością przenośnika taśmowego i/lub koniecznością rozruchu załadowanego przenośnika,
- odstawy urobku przy zróżnicowanym załadunku przenośnika,
- zbyt wysokiego naciągu górnej taśmy przenośnika,

Najnowsze rozwiązania techniczne umożliwiają zastosowanie regulacji prędkości, w tym ograniczenie prądu rozruchu, w czasie rozruchu maszyny lub ciągłą regulację prędkości w zależności od nadawy urobku. Niestety, polskie zakłady górnicze wydobywające węgiel kamienny w układzie swoich wyrobisk odstawczych wielokrotnie spotykają się z takim układem chodników odstawczych, w których nie sposób wprost zastosować rozbudowanych lub jednorodnie długich ciągów odstawy. Są oczywiście zakłady, które pracują nad strategią systemów odstawczych i tam można stosować układy zasilania np. z przekształtnikami częstotliwości.

Ale czasem zamiast podejmowania stosunkowo drogich inwestycji w postaci wyrobisk dedykowanych do wykonania odstawy zbiorczej, rejonowej (przyjmowany koszt wydrążenia 1mb wyrobiska w obudowie ŁP-9 wynosi od 5 000 do 20 000 zł zależnie od warunków górniczych), warto zaadoptować istniejące wyrobiska udostępniając je do funkcji odstawczych rejonowych bez ponoszenia znaczących nakładów na drażenie specjalnych, oddzielnych wyrobisk odstawczych. Należy jednak wówczas przyjąć do realizacji stosunkowo skomplikowany układ budowy przenośników taśmowych w krótkich wyrobiskach o zróżnicowanym stopniu nachylenia – czyli wymagających budowy wielu niewielkich przenośników taśmowych.

W każdym przypadku przyjęcie określonego rozwiązania wymaga przeprowadzenia szczegółowej analizy techniczno- ekonomicznej w określonych warunkach zakładu górniczego. Określone szczegółowe przypadki mogą powodować konieczność udziału jednostek naukowych lub badawczo rozwojowych. Z tych analiz można wnioskować, że należy wyodrębnić określoną ilość wyrobisk do przygotowania odstawy zbiorczej i zabudować w nich wysokowydajne przenośniki taśmowe napędzane poprzez przekształtniki częstotliwości, czy też dobudować fragment wyrobisk z zabudowaniem w nich niewiele większej ilości przenośników taśmowych, w których funkcja łagodnego rozruchu realizowana będzie z wykorzystaniem sprzęgieł Voitha, rozruszników tyrystorowych czy też może być wystarczające będzie zastosowanie silników dwubiegowych [6].

2. Aparatura budowy przeciwybuchowej do współpracy z przenośnikami taśmowymi

Praktycznie wszyscy wiodący producenci aparatury budowy przeciwybuchowej posiadają w swojej ofercie wiele propozycji do zastosowania do przenośników taśmowych. Wymagania rynku są takie, że nawet najprostsze przenośniki wymagają przygotowania aparatury zasilającej na wymiar.

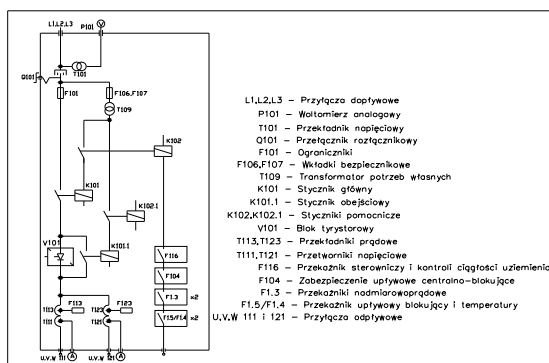
Nie dziwi więc fakt, iż praktycznie od powstania w 1991 roku dopracowano się w firmie Elgór+ Hansen z Chorzowa całej szerokiej i rozbudowanej palety urządzeń przeznaczonych do współpracy z napędami przenośników taśmowych stosowanych w odstawie oddziałowej, rejonowej oraz odstawach głównych zakładów górniczych i to zarówno w Polsce, jaki i poza jej granicami [6]. W 1999 roku Elgór + Hansen skoncentrował się na zaprojektowaniu i wdrożeniu rozruszników tyrystorowych na napięcie 500V i 1000V zarówno do zasilania przenośników taśmowych, jak i zgrzeblowych z powodzeniem wdrażając je w zakładach górniczych. Z kolei doświadczenia zdobyte na tym polu pozwoliły firmie na opracowanie i wdrożenie rozruszników tyrystorowych na napięcie 3,3kV do zasilania i sterowania przenośników zgrzeblowych ścianowych i podścianowych w wysokowydajnych kompleksach ścianowych zasilanych napięciem 3,3kV oraz pozwoliły na opracowanie i wdrożenie rozruszników tyrystorowych na napięcie 6kV, które znalazły zastosowanie do zasilania napędów przenośników ta-

śmowych w kopalniach koncernu Workuta Ugol w Federacji Rosyjskiej. Rozruszniki tyrystorowe budowy przeciwybuchowej, z uwagi na rozwój energoelektroniki i systemów sterowania mikroprocesorowego, są obecnie bardzo interesującą propozycją dla wysokowydajnych przenośników taśmowych nie generującą zbędnych kosztów, a ich użytkownicy stawiają im coraz to nowe zadania do realizacji zróżnicowanych przedsięwzięć. Standardem staje się wymóg monitorowania i transmisji danych o pracy maszyny na powierzchnię kopalni w dowolnym systemie transmisji stosowanym w zakładzie górniczym. Rozruszniki muszą zapewniać wysoki poziom niezawodności nawet w ekstremalnych sytuacjach przeciążeń napędów głównych przenośników taśmowych. Szeroko rozumiana niezawodność to realizacja wielokrotnych łagodnych rozruchów silników napędów głównych przenośników taśmowych. Systemy zasilania przenośników muszą zapewniać absolutną odporność na zakłócenia sieciowe, a same rozruszniki nie powinny generować nadmiernych zakłóceń do sieci elektroenergetycznej, z której są zasilane. Wszystkie bez wyjątku produkowane przez Elgór+ Hansen, rozruszniki tyrystorowe są wyposażone w separator transmisji danych typu EH-O/03/02, który przekazuje na zewnątrz urządzenia sygnały iskrobezpieczne w standardzie RS 485 o pracy urządzenia, w szczególności: stan pracy podstawowych podzespołów, stan pracy zabezpieczeń oraz wartości parametrów napięcia i prądów obciążeń poszczególnych odpyłów. Tak zaproponowany system umożliwia dostosowanie się do dowolnego – stosowanego w zakładzie górniczym systemu transmisji danych na powierzchnię. Dzięki temu można dowolnie realizować wizualizację maszyn według systemu wybranego przez zakład górniczy.

2.1. Rozruszniki tyrystorowe budowy przeciwybuchowej

Obecnie w ofercie firm około górniczych znajduje się cała gama niskonapięciowych rozwiązań rozruszników tyrystorowych. Oferta Elgór+ Hansen jest także w tym zakresie szeroka:

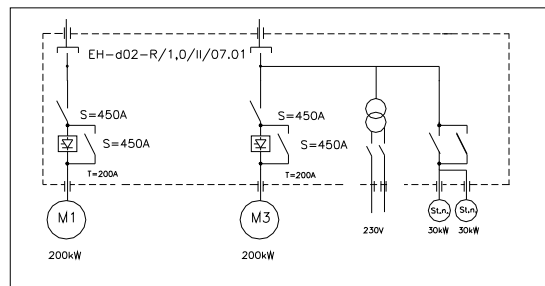
- a) małogabarytowy rozrusznik tyrystorowy typu EH-KK A1(rys. 2.1.1) z jednym blokiem tyrystorowym o prądzie znamionowym 450A, który zapewnia realizację łagodnego rozruchu dwóch silników napędu głównego przenośnika taśmowego.



Rys. 2.1.1. Schemat ideowy rozrusznika tyrystorowego typu EH-KK A1

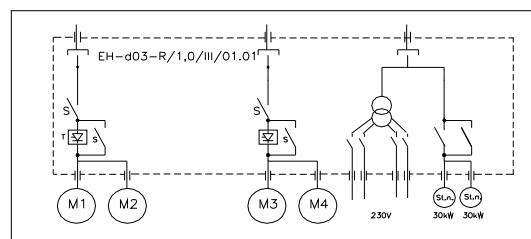
- b) rozruszniki tyrystorowe niskiego napięcia z dwoma blokami tyrystorowymi o prądzie znamionowym 450A lub 630A, z których każdy zapewnia realizację łagodnego rozruchu tyrystorowego dwóch silników napędu głównego przenośnika taśmowego. Jest to rozrusznik tyrystorowy w obudowie średniej typu EH-d02-R/1,0/II/02.01 oraz EH-d02-R/1,0/II/03.01 [3],
- c) zintegrowany rozrusznik tyrystorowy niskiego napięcia typu EH-d02-W/1,0/II/04.01 (rys.2.1.3) przeznaczony do współpracy z czterema silnikami napędu głównego przenośnika taśmowego o łącznym prądzie znamionowym 450A oraz EH-d02-W/1,0/II/05.01 przeznaczony do współpracy z czterema silnikami napędu głównego przenośnika taśmowego o łącznym prądzie znamionowym 630A, każdy z nich wyposażony w układ do współpracy z rewersyjną dwusilnikową stacją napinającą przenośnika oraz układem zasilania hamulców i instalacji oświetleniowej przenośnika. Rozruszniki te są rozrusznikami dwutorowymi, gdzie w jednym torze umieszczono układ dla napędów głównych przenośnika, a drugi tor przeznaczony jest dla stacji napinającej, hamulców i oświetlenia,
- d) rozrusznik tyrystorowy typu EH-d02-R/1,0/II/07.01 wyposażony w dwa bloki tyrystorowe o prądzie znamionowym 200A każdy oraz w układ zapewniający rewersyjną pracę stacji napinającej napędzanej dwoma silnikami o mocy 30kW każdy. Rozrusznik ten zastosowano do zasilania przenośnika rewersyjnego w ciągu odstawy pomiędzy połączonymi kopalniami Zofiówka i Borynia. Przełączanie napędów przenośnika jest zależne od warunków wydobyw-

czych kopalni połączonej. Jest to typowy, dedykowany do realizacji określonych działań rozrusznik tyrystorowy, eksploatowany od marca 2010 roku. (rys.2.1.2),

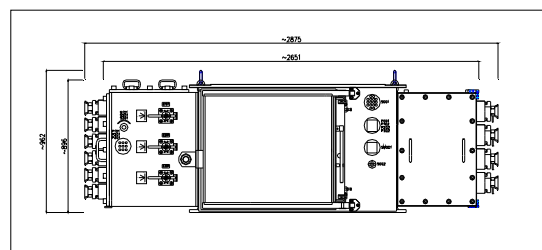


Rys. 2.1.2. Schemat ideowy rozrusznika tyrystorowego typu EH-d02-W/1,0/II/07.01

- e) rozrusznik tyrystorowy typu EH-d03-R/1,0/III/01.01 wyposażony jest w układ dwóch bloków tyrystorowych o prądzie znamionowym 630A, styczników próżniowych HR-VS 630A umożliwiających połączenie z jednym bloku 2 silników 400kW każdy, wyposażony jest także w układ z możliwością rewersji stacji napinającej napędzanej dwoma silnikami, czterech hamulców oraz jest on wyposażony w dwa niezależne obwody 42V do zasilania systemu automatyki i podtrzymania systemu hamulców przenośnika. Na rys 2.1.3 oraz 2.1.4 przedstawiono schemat ideowy oraz wymiary rozrusznika typu EH-d03-R/1,0/III/01.01.



Rys. 2.1.3. Schemat ideowy rozrusznika tyrystorowego typu EH-d03-R/1,0/III/01.01



Rys. 2.1.4. Wymiary gabarytowe rozrusznika typu EH-d03-R/1,0/III/01.01

f) w ofercie Elgór+ Hansen znajdują się też rozruszniki tyrystorowe przeznaczone do współpracy z napędami głównymi przenośników taśmowych wyposażonymi w silniki na napięcie 6kV, rozruszniki te z powodzeniem pracują w ciągach odstawy głównej w kopalniach koncernu Workuta Ugoł w Federacji Rosyjskiej.

W rozrusznikach serii d02 oraz d03 niskiego napięcia zastosowano na każdym torze przełącznik rozłącznikowy- aparat, który z uwagi na parametry techniczne zapewnia wyjątkową pewność ruchową urządzenia oraz zabezpieczenia elektroenergetyczne, które pozwalają na ich parametryzację spoza urządzenia- w sposób zdalny.

2.2. Zestawy manewrowe dla współpracy z napędami przenośników taśmowych

Jak wspomniano we wstępie nie zawsze konieczne jest wykonanie układu odstawczego przenośników taśmowych z zaawansowanymi układami łączeniowymi, nie wszystkie nowe odstawy oddziałowe czy nawet główne w podziemiach kopalń wymagają zastosowania przekształtników. Istnieją zakłady górnicze, w których po dokonaniu analizy ekonomiczno-technicznej budowane są układy odstawy urobku z wykorzystaniem silników dwubiegowych. Przenośniki taśmowe wyposażone w silniki dwubiegowe są w tych zakładach górniczych urządzeniami odpowiedzialnymi za wynik ekonomiczny.

Prostota budowy i działania w tym niezawodność pracy przenośnika taśmowego z napędami wyposażonymi w silniki dwubiegowe przy rzeczywistym wymiernym ograniczeniu kadry technicznej obsługującej odstawę, możliwość wydłużenia częstości przeglądów skutkuje utrzymaniem standardów, które spełniają określony poziom nowoczesności. Nowej generacji układy posiadają szeroką możliwość uzyskania szybkiej i pełnej informacji tak niezbędnej dla reakcji w przypadku stanów zakłóceń. Przenośniki taśmowe z zastosowanymi do ich napędu silnikami dwubiegowymi w znaczącym stopniu realizują zadania stawiane z jakimi należy się zmierzyć w systemach odstawy urobku. Dzięki swojej prostocie czas przestojów jest ograniczony do absolutnego minimum, służby techniczne mają możliwość ciągłego, zdalnego monitorowania pracy odstawy oraz zdalnego jej parametryzowania. Stąd istotnym jest posiadanie w ofercie firmy- producenta

aparatury elektrycznej budowy przeciw-wybuchowej zestawów manewrowych, które by w pełni spełniły wymagania do współpracy z przenośnikami taśmowymi. Podobnie jak ma to miejsce w przypadku rozruszników tyrystorowych, także tutaj oferta firm około górniczych jest bardzo szeroka. W ofercie Elgór+ Hansen należy wymienić:

- a) wyłącznik stycznikowy typu EH-KK A4, o prądzie znamionowym 500A wyposażony w układ dla dwóch silników jednobiegowych oraz układ do realizacji rewersji załączania stacji napinającej. Schemat ideowy wyłącznika przedstawiono na rys 2.3.1. Znaczącą zaletą prezentowanego wyłącznika są jego wymiary gabarytowe.
- b) zestaw manewrowy typu EH-d02-W/1,0/II/06.01, umożliwiający łączenie dwóch silników dwubiegowych napędów głównych przenośnika taśmowego, łączenie z możliwością rewersji dwusilnikowej stacji napinającej przenośnika. Zestaw jest wyposażony w transformator pomocniczy o napięciach dolnych 230V oraz 42V dla zasilania urządzeń pomocniczych i układu automatyzacji przenośnika taśmowego [4].

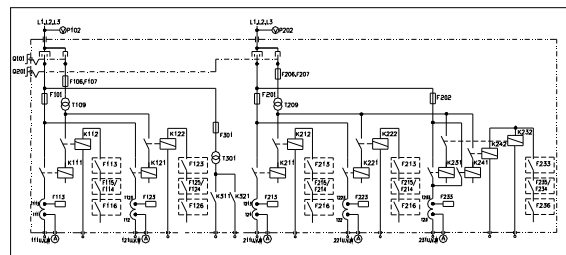
3. Zestaw manewrowy typu EH-d02-W/1,0/II/06.01 zastosowany dla przenośników taśmowych odstawy zbiorczej w JSW S. A. KWK Borynia – Zofiówka

1 stycznia 2011r. nastąpiło połączenie kopalń węgla kamiennego Borynia i Zofiówka w kopalnię zespólną KWK Borynia – Zofiówka, powodując tym samym zwiększenie obszaru górniczego. Warunki górniczo - geologiczne zalegania złoża występujące w JSW S.A. KWK Borynia- Zofiówka skutkują koniecznością prowadzenia bardzo zmiennych pod względem upadów i wzniosów oraz długości wyrobisk udostępniających. Kopalnia obecnie jest obecnie zakładem górniczym z dwoma ruchami z podziemnym połączeniem wyrobisk od dnia połączenia możliwe jest kierowanie części urobku, w zależności od uwarunkowań na ruch Zofiówka lub ruch Borynia. Zadania stawiane przed odstawą urobku, poprzedzone szczegółową i wnikliwą analizą techniczno-ekonomiczną wymuszają projektowanie i budowę odstaw opartych o różnorodne rozwiązania konstrukcyjne zarówno co do długości, jak i mocy jednostek napędowych stosowanych przenośników taśmowych.

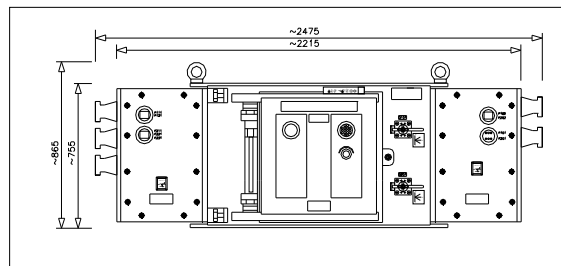
Po przeprowadzeniu wielu analiz wspólnie z przedstawicielami kopalni firma Elgór+ Hansen zaproponowała w 2007 roku zarówno dla krótkich, jak i długich, napędzanych silnikami dwubiegowymi przenośników taśmowych zestaw manewrowy typu EH-d02-W/1,0/II/06.01. Tego typu rozwiązania z powodzeniem zostały zastosowane do budowy wspomnianej już odstawy zbiorczej pomiędzy ruchem Zofiówka i ruchem Borynia, odstaw z wysokowydajnych kompleksów ścianowych w tym także kompleksu strugowego, oraz odstawy przodkowej. Z perspektywy prawie 4 lat opisywany zestaw manewrowy w pełni spełnił wymagania podane w założeniach zapewniając różnorodność rozwiązań, bezawaryjną pracę, a poprzez zmianę prędkości przenośnika zmniejszenie zużycia taśmy i elementów mechanicznych. Dotychczas dostarczono dla kopalni Borynia- Zofiówka 15 sztuk zestawów, a kolejne 4 sztuki zostaną uruchomione w ciągu odstawy w roku 2012 oraz 2012. Poza kopalnią Borynia-Zofiówka zestaw manewrowy typu EH-d02-W/1,0/II/06.01 zastosowany został w innej kopalni JSW S. A. KWK Jas-Mos, a także w Południowym Koncernie Węglowym w ZG Sobieski. Ognioszczelny zestaw manewrowy typu EH-d02-W/1,0/II/06.01 jest zestawem opracowanym na bazie obudowy średniej serii EH-d02.

Dane techniczne zestawu są następujące:

Znamionowe napięcie izolacji	- 1000V
Znamionowe napięcie łączeniowe	- 1kV/500V
Znamionowy prąd ciągły	- 1200A
Znamionowy prąd ciągły toru rozłącznikowego	- 600A
Maksymalny prąd ciągły odpływów	
odpływ 111	- do 200A
odpływ 121	- do 200A
odpływ 211	- do 200A
odpływ 221	- do 200A
odpływ 231	- do 50A / 500V lub do 30A/1kV
odpływ 311, 321	- do 12A
Ilość odpływów głównych	- 5
Ilość odpływów obwodów 230V	- 2
Max. moc odbiornika zewnętrznego obwodu 42V	- 2x 125VA
Zwarciowa zdolność łączeniowa	- 25kA, $\cos\phi = 0,2$
Masa	- 1600kg



Rys. 3.1. Schemat ideowy zestawu manewrowego typu EH-d02-W/1,0/II/06.01



Rys. 3.2. Wymiary gabarytowe zestawu manewrowego typu EH-d02-W/1,0/II/06.01

4. Wnioski

Wyzwania jakie stawia ekonomika przedsiębiorstw przemysłowych, a w szczególności zakładów górniczych wymuszają wielokrotnie działania ponadstandardowe [5]. Obecnie użytkownicy coraz częściej oczekują urządzeń ściśle dedykowanych spełniających wszelkie wymagania zamawiającego. Jednocześnie warunkiem powodzenia przedsięwzięcia dla wykonawcy jest maksymalne spełnienie oczekiwanych rozwiązań technicznych. Obowiązujące przepisy górnicze i system obowiązkowej certyfikacji urządzeń nie sprzyjają szybkim działaniom dostosowania opracowanych wcześniej rozwiązań do oczekiwań potencjalnego klienta. Wymagania rynkowe dedykowanych urządzeń w tym konieczność utrzymania konkurencyjnej ceny urządzenia wymuszając obniżenie kosztów bez obniżenia jakości wyrobów jest związane w znaczącym stopniu z unifikacją podzespołów. Gdy do tego doliczyć ilość płaszczyzn, na których należy przygotować te dedykowane i jednocześnie produkowane w ilościach jednostkowych wyroby to można stwierdzić, że wykonawcy maszyn i urządzeń dla przemysłu wydobywczego stoją przed nie lada wyzwaniem. Taka sytuacja pozwala jednak rozwijać się z powodzeniem w głównej mierze producentom – liderom, a nie niewielkim firmom, z małym doświadczeniem, bez zaplecza finansowego, które to zaplecze zapewnia chociażby

gwarancję właściwej jakości usług serwisu gwarancyjnego i pogwarancyjnego. Tylko firmy z dobrym zapleczem inżynierskim, technicznym, finansowym, firmy z doświadczeniem w branży mogą stabilnie działać na rynku także pozyskać zaufanie zakładów górniczych. Standardem jest przedstawienie oferty do nawet najbardziej wyrafinowanego przedsięwzięcia, ale i zaoferowanie urządzenia stosunkowo prostego rozwiązania gwarantującego sukces ekonomiczny. Wydaje się, że firma Elgór+ Hansen w całej rozciągłości spełnia aktualne wymagania swoich partnerów handlowych.

Należy tutaj podkreślić, że każde z rozwiązań proponowanych dla zakładów górniczych spełnia wszelkie obostrzenia i kryteria doboru związane nie tylko w zakresie spełnienia parametrów technicznych z monitorowaniem i zdalną parametryzacją parametrów pracy, ale również w zakresie szkolenia obsługi i serwisu.

Prowadzone w Elgór + Hansen prace rozwojowe dotyczące funkcjonowania odstawy urobku powinny pozwolić na realne wprowadzenie układów z ciągłą regulacją prędkości przenośników. Jednakże warunkiem koniecznym wprowadzenia takich układów musi być wymierność ceny systemów w przeliczeniu na osiągnięte zyski. Wydaje się, że w obecnej sytuacji rynkowej prowadzenie kolejnych rozwiązań doświadczalnych jest z pewnością zbyt ryzykowne.

Literatura

- [1]. Antoniak J.: *Porównanie napędów ścianowych przenośników zgrzeblowych*. Maszyny górnicze 3 (65) czerwiec 1997.
- [2]. Kubański R., Chodakowski A.: *Wybrane zagadnienia sterowania maszyn górniczych za pomocą rozruszników kopalnianych nowej generacji*. Mechanizacja i automatyzacja górnictwa 10/ 348 1999.
- [3]. ELGÓR+ HANSEN Sp. z o. o. : IO rozrusznika tyrystorowego typu EH-d02-R/1,0/II/02.01, EH-d02-R/1,0/II/03.01, EH-d02-R/1,0/II/04.01, EH-d02-R/1,0/II/07.01.
- [4]. ELGÓR+ HANSEN Sp. z o. o. : IO zestawu manewrowego EH-d02-W/1,0/II/06.01.
- [5]. Czechowski A., Macierzyński D. *Nowoczesne układy sterowania i zasilania przenośników taśmowych i zgrzeblowych w górnictwie węglowym. Rozruszniki tyrystorowe w układach zasilania przenośników. Mikroprocesorowy układ automatyzacji ciągu przenośników z wizualizacją procesu typu EH-APD I*. (KKEG Szczyrk 2001).
- [6]. Mrukwa M., Jędrus T., Macierzyński D. *Zasilanie i sterowanie przenośników taśmowych w zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny*

z wykorzystaniem nowej generacji łączników (Kom-Tech 2009 Szczyrk) październik 2009.

- [7]. Serafin R., Jędrus T., Macierzyński D. *Zasilanie i sterowanie przenośników taśmowych w zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny z wykorzystaniem nowej generacji łączników*. (Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych KOMEL 2010 Rytro) maj 2010.