

Kazimierz Gatnar, Jastrzębska Spółka Węglowa S.A., Jastrzębie Zdrój  
 Stefan Łach, Kopalnia Węgla Kamiennego „BORYNIA”, Jastrzębie Zdrój

## TECHNICZNE I EKONOMICZNE ASPEKTY ZASTOSOWANIA KASKADY PODSYNCHRONICZNEJ DO REGULACJI WYDAJNOŚCI SPRĘŻARKI

### TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECT OF EMPLOY CASCADE UNDERSYNCHRONOUS CONVERTER REGULATING AIR COMPRESSOR OUTPUT

**Abstract:** The paper presents “Borynia” mine, where due to threat of methane the underground compressed air piping is supplied from central compressor station. Any change in the compressed air demand requires regulation of compressor work parameters. One of the possible solutions is the use of undersynchronous cascade for regulation of air compressor output. The paper on the basis of compressor TK-16 modernization, where such a way of rotation regulation has been applied, describes the premises of modernization, course of action, technical aspects and planned economic results of this solution. Final conclusions try to sum up obtained results of modernization of synchronic engine 6kV with 1800 kW output after installation of undersynchronous cascade.

#### 1. Wstęp

Ze względu na zagrożenie metanowe, kopalnia Borynia posiada sieć sprężonego powietrza na dole kopalni, która jest zasilana ze stacji sprężarek. W stacji są zainstalowane dwie duże sprężarki promieniowe typu 6D68 o wydajności 34 000 m<sup>3</sup>/h każda i sprężarka TK-16 o wydajności 16 000 m<sup>3</sup>/h uruchomione w okresie budowy kopalni tj. przełom lat 60 i 70 ubiegłego wieku. Zmniejszające się potrzeby kopalni spowodowały, że w latach 1998 – 2003 zostały zabudowane dwie mniejsze sprężarki śrubowe DZK-255 o wydajności 5 000 m<sup>3</sup>/h oraz CENTAC o wydajności 2 640 m<sup>3</sup>/h. Zmniejszające się systematycznie zapotrzebowanie na sprężone powietrze spowodowało konieczność wydzielenia sieci dla urządzeń przyszybowych, w której jest utrzymywane ciśnienie 0,4 MPa, a zasilanej ze sprężarki CENTAC (zapotrzebowanie powietrza ok. 2 000 m<sup>3</sup>/h). Pozostała sieć ogólnokopalniana pracuje przy ciśnieniu 0,3 MPa, a zapotrzebowanie powietrza wynosi średnio 14 000 m<sup>3</sup>/h., zasilana jest przez sprężarkę TK-16. Zapotrzebowanie powietrza w sieci ogólnokopalnianej cechuje duża zmienność tak godzinowa jak i w poszczególnych dniach tygodnia. W niektórych godzinach dni nieroboczych spada poniżej 10 000 m<sup>3</sup>/h. Możliwości regulacji sprężarki TK-16 kłapą na ssaniu są znacznie ograniczone i nieefektywne energetycznie, stąd kopalnia uznała za celowe zmodernizowanie sprężarki w kierunku zabudowy układu do regulacji prędkości obrotowej.

Sprężarka przed modernizacją była napędzana synchronicznym silnikiem 6 kV o mocy 1800 kW produkcji czeskiej firmy CKD.

#### 2. Założenia do modernizacji

Brano pod uwagę możliwość zastosowania dwóch rozwiązań tj. kaskady podsyncronicznej oraz falownika. Za wyborem rozwiązania z kaskadą przemawiały następujące argumenty: znacznie niższa cena oraz kłopoty z doborem falownika do zasilania silnika synchronicznego. Negatywem zastosowania kaskady podsyncronicznej była utrata właściwości kompensacji mocy biernej, co nie stwarzało większych problemów ponieważ kopalnia posiada jeszcze dużo mocy w maszynach synchronicznych. Analiza możliwości rozwiązań wykazała, że optymalna jest zabudowa kaskady podsyncronicznej. Zakres prac związanych z modernizacją:

- wykonanie nowego wirnika pierścieniowego,
- przewożenia stojana
- zabudowa kaskady podsyncronicznej,
- zabudowa układu stycznikowo-rezystorowego do rozruchu,
- opracowanie i wykonanie nowych szaf sterowniczych,
- zmodernizowanie pola zasilającego 6 kV,
- zabudowa nowego pola 6 kV do odbioru energii z wirnika.

Założyliśmy, że modernizacja pozwoli uzyskać regulację prędkości obrotowej w zakresie 0,6 - 1,0  $n_n$ .

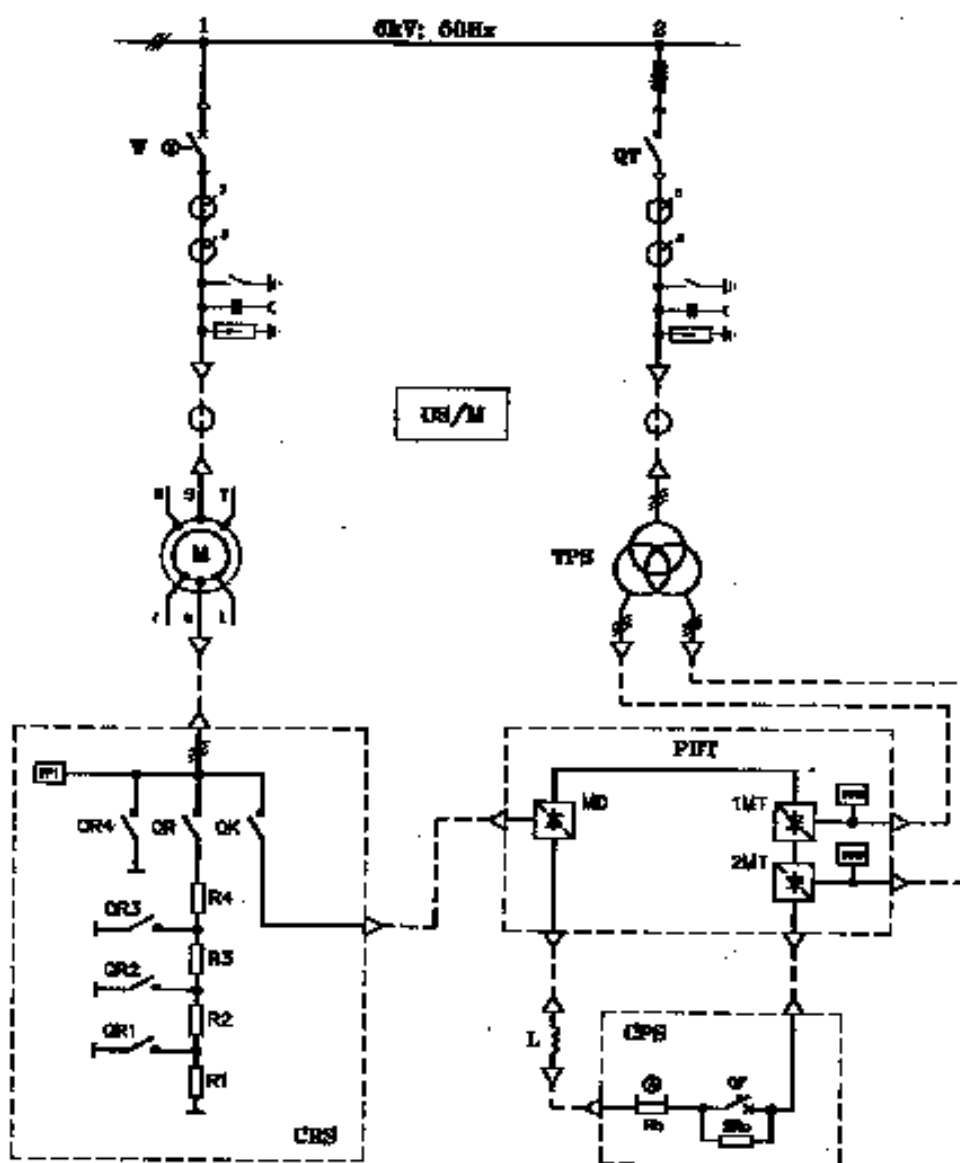
W godzinach małego zapotrzebowania na sprężone powietrze przed modernizacją sprężarka była dławiona na ssaniu oraz nadmiar wyprodukowanego powietrza był upuszczany do atmosfery.

### 3. Przewidywane efekty

Załadaliśmy, że po modernizacji można będzie zredukować prędkość obrotową i produkcję

powietrza dostosować do zapotrzebowania. Przed modernizacją sprężarka pobierała w tych wypadkach ok. 1,5 MW mocy, a po modernizacji nie będzie pobiera nawet 1,0 MW, daje to oszczędności ok. 100 zł/h.

Załadaliśmy poprawę pewności ruchowej maszyny, ze względu na przezwojony stojan, nowy wirnik, nowe wyposażenie pól zasilających oraz całej aparatury zabezpieczającej i sterującej.



Rys.1 Schemat strukturalny kaskady

#### 4. Przebieg prac

W II kwartale 2004 roku uruchomiliśmy procedurę przetargową, która doprowadziła do wyłonienia wykonawcy i podpisania umowy. Na przełomie roku 2004/2005 została wykonana dokumentacja techniczna. Na rysunku 1 przedstawiono schemat strukturalny kaskady podsynchronicznej dla modernizowanej sprężarki.

W połowie kwietnia 2005 zatrzymano sprężarkę i rozpoczęto modernizację.

Zostały wykonane następujące prace:

- został przezwojomy stojan (nowe uzwojenie wykonano w klasie F),
- wykonano u producenta sprężarki nowy wirnik,
- dobudowano szczotkotrzymacze
- zabudowano szafy zasilająco-sterujące (kaskada, opory rozruchowe, styczniki rozruchowe, sterownik itp.),
- zabudowano transformator przekształtnikowy,
- wymieniono aparaturę w polach 6 kV zasilających silnik i przekształtnik,
- wyłożono kable zasilające i sterownicze,
- wykonano montaż całości.

W miesiącu wrześniu 2005 rozpoczęto próby rozruchowe układu. W czasie pierwszego rozruchu wystąpiła awaria łożyska ślizgowego silnika, co spowodowało dalsze opóźnienie rozruchu sprężarki. Po naprawie łożyska przystąpiono do dalszych prób ruchowych.

#### 5. Uzyskane wyniki

Przy pracy sprężarki bez obciążenia uzyskano pełny zakres regulacji obrotów od 0,6 do 1,0  $n_n$ . Do czasu ukończenia niniejszego artykułu nie udało się przeprowadzić pomiarów w pełnym zakresie regulacji prędkości obrotowej sprężarki. Pod obciążeniem sieci przeprowadzono pomiary sprężarki tylko w dniu roboczym w dwóch punktach:

- dla prędkości obrotowej  $n_n$
- dla prędkości obrotowej 85%  $n_n$

Wyniki przedstawia tabela 1.

Tabela 1 Wyniki pomiarów.

prędkość obr. $n_n$ [%]	100	85
ciśnienie w sieci $p$ [MPa]	0,35	0,25
wydajność $Q$ [m <sup>3</sup> /h]	17000	11000
pobór mocy $P$ [kW]	1650	1050

Zmniejszenie prędkości obrotowej w niezmiennych warunkach sieci sprężonego powietrza spowodowało zmniejszenie produkcji, co w

konsekwencji doprowadziło do obniżki ciśnienia przy zmniejszeniu pobieranej mocy o 33%. Przed zabudową kaskady sprężarka w podobnych warunkach pracy pobierała około 1450 kW. Porównując pobory mocy przed modernizacją i po modernizacji przy pracy sprężarki z wydajnością około 11000 m<sup>3</sup>/h i przy obniżonym ciśnieniu zapotrzebowanie mocy spadło o 500 kW. Przy średniej cenie zakupu energii elektrycznej 190 zł/MWh daje oszczędności 95 zł/h. Pełny obraz możliwości regulacyjnych i oszczędności energii elektrycznej poznamy po pewnym okresie eksploatacji zmodernizowanej sprężarki.

#### 6. Podsumowanie

Podsumowując, regulacja wydajności przez zmianę prędkości obrotowej, pozwala na dokładne dopasowanie parametrów maszyny do aktualnych potrzeb i jest jednocześnie źródłem znacznych efektów ekonomicznych. Wynikają one ze zmniejszenia zużycia energii elektrycznej poprzez zastąpienie dotychczasowego sposobu regulacji za pomocą dławienia przepływu, regulacją przez zmianę prędkości obrotowej.

#### Literatura

- [1]. Dudek J., Glimos A., Jarczyk M., Krupiński K., Zdrzałek J. „Efekty ekonomiczno-ruchowe po zastosowaniu kaskady podsynchronicznej w napędzie stacji wentylatorów głównych w ZGE Sobieski-Jaworzno III”, Materiały Szkoły Eksploatacji Poziemnej, Szkoła XII, 2003
- [2]. Hofczyc M., Zdrzałek J. „Regulowane napędy na napięciu 6 kV maszyn przepływowych”, Miesięcznik techniczno-informacyjny „Napędy i Sterowanie” nr 3, 2001
- [3]. Kocurek J., Zdrzałek J. „Zastosowanie kaskad tyrystorowych w napędach maszyn wyciągowych”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Górnictwo z.209, 1993

#### Autorzy

mgr inż. Kazimierz Gatnar  
Jastrzębska Spółka Węglowa S.A.  
44-330 Jastrzębie Zdrój  
ul. Armii Krajowej 56  
tel. 0-32-7454345

mgr inż. Stefan Łach  
Kopalnia Węgla Kamiennego „Borynia“  
44-268 Jastrzębie Zdrój  
ul. Węglowa 4  
tel. 0-32-7451553  
e-mail: te\_borynia@jsw.pl