

Eligiusz MATYJA

## AKTUALNY ROZWÓJ EUROPEJSKIEJ ELEKTROTECHNIKI GÓRNICZEJ

Streszczenie. Przedstawiono czynniki górnicze i mechanizacyjne warunkujące aktualny rozwój elektrotechniki górniczej. Dokonano przeglądu nowych urządzeń i rozwiązań z zakresu elektrotechniki górniczej, jakie w ostatnich kilku latach pojawiły się w górnictwie europejskim.

### 1. WSTĘP

Rozwój elektrotechniki górniczej wyznaczony jest w jednej strony przez zmieniające się z czasem wymagania technologii eksploatacji górniczej i mechanizacji, z drugiej - przez nowe osiągnięcia elektrotechniki, które można wykorzystać w podziemiach kopalń.

Mimo, że w ostatnich latach systemy eksploatacji węgla i drażenia chodników nie uległy zasadniczej zmianie, rozwój elektrotechniki górniczej wyznaczony jest obecnie przede wszystkim przez następujące czynniki górniczo-mechanizacyjne:

- urabianie węgla w coraz to cieńszych pokładach,
- zwiększanie głębokości eksploatacji,
- dążenie do urabiania strugami coraz twardszych węgli.

Tym wymaganiom można przyporządkować następujące nowsze urządzenia i rozwiązania elektrotechniki górniczej:

- statyczne przetwornice częstotliwości z ciągłą jej regulacją,
- ciągła regulacja obrotów klatkowych silników asynchronicznych,
- obniżenie wysokości wyposażenia elektrycznego,
- silniki 2-biegowe,
- zmiany mocy maszyn górniczych i podwyższanie napięć ich zasilania,
- szerokie stosowanie tyrystorów,
- elektronizacja i komputeryzacja układów zabezpieczeń, sterowania, kontroli i sygnalizacji,
- intensyfikacja chłodzenia urządzeń elektrycznych,
- urządzenia do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej,
- szybkie ładowanie baterii lokomotyw akumulatorów,
- kable światłowodowe,
- szersze stosowanie silników synchronicznych.

## 2. EKSPLOATACJA NISKICH ŚCIAN

Skupmy się na rozwoju związanym z eksploatacją ścian wydobywczych. Drążenie chodników odbywa się bowiem niepełnym przekrojem gąsienicowymi kombajnami i tutaj nie obserwuje się znaczących zmian mechanizacyjnych. Wprawdzie próbuje się zastosowania pełnoprzekrojowych kombajnów jak przy drążeniu tuneli, ale próby takie nie zapowiadają się przełomowo zarówno technicznie, jak i ekonomicznie.

Urabianie węgla w ścianach kombajnowych z pokładami o miąższości rzędu 0,8 - 1,2 m stawia nowe wymagania. Przy takich miąższościach nadążanie kombajnisty za kombajnem jest praktycznie niemożliwe. Stosowanie struga w takim przypadku możliwe jest tylko przy bardziej miękkim węglu. Próby stosowania do twardszych węgli strugów o napędach zwiększonych mocy nawet do 2x315 kW nie dały jak dotąd wyraźnie zadowolających wyników. W tej sytuacji rozpoczęto eksploatację takich ścian kombajnami, przy czym kombajnista pozostaje na końcu ściany i steruje posuwem kombajnu, śledząc pobór prądu przez silnik na amperomierzu i wskaźniku położenia głowicy struga w ścianie [1]. Prędkość posuwu kombajnu reguluje kombajnista przez regulowanie częstotliwości prądu klatkowego silnika asynchronicznego ciągnika, umieszczonego również w końcu ściany i ciągnącego kombajn łańcuchem. Silnik ten zasilany jest z tyrystorowej przetwornicy częstotliwości.

## 3. CIĄGŁA REGULACJA OBROTÓW KLATKOWYCH SILNIKÓW ASYNCHRONICZNYCH

Dalszym zastosowaniem takiej regulacji jest napęd kolejek szynowych.

Taka regulacja stwarza możliwość przyszłego stosowania w elektrycznych lokomotywach kopalnianych klatkowych silników asynchronicznych zamiast dotychczasowych szeregowych silników prądu stałego, które z trudem wytrzymują warunki pracy w podziemiach kopalń, wskutek czego ich żywotność pozostawia wiele do życzenia. Wydaje się, że silnik asynchroniczny będzie w tym zastosowaniu wytrzymałszy.

## 4. OBNIŻANIE WYSOKOŚCI URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH

Udostępnianie cieńszych pokładów odbywa się chodnikami o z reguły mniejszym przekroju od chodników wiodących do ścian o większej miąższości, jeśli tylko względy przewietrzania na to pozwalają. Pociąga to za sobą konieczność obniżania wysokości urządzeń elektrycznych, gdyż dotychczasowe konstrukcje nie zawsze mieszczą się w nowych chodnikach. Produkcenci przechodzą więc na niższe konstrukcje. Oferuje się np. stacje

transformatorowe o obniżonej wysokości. Zmniejszenie wysokości wyposażenia osiąga się przez wydłużanie lub poszerzenie wyrobu.

#### 5. SKOKOWA REGULACJA OBROTÓW KLATKOWYCH SILNIKÓW ASYNCHRONICZNYCH

Początkowo stosowano asynchroniczne silniki 2-biegowe tylko do napędu głowic strugów węglowych, aby umożliwić operatorowi zmianę prędkości głowicy na trudniejszych odcinkach urabiania oraz w rejonie krańców ściany.

Szybko jednak okazało się, że silniki 2-biegowe są przydatne również w innych maszynach górniczych. Stosowanie ich np. w przenośnikach daje:

- możliwość szybkiego dostosowania przenośnika do jazdy ludzi,
- możliwość zwolnienia prędkości przenośnika przy transporcie materiałów,
- możliwość zwolnienia prędkości przenośnika przy zmniejszonym obciążeniu przenośnika urobkiem,
- łatwiejsze spinanie zerwanych łańcuchów w przenośniku zgrzeblowym.

W rezultacie - w tych kopalniach, gdzie się je w ogóle stosuje, rozpowszechniają się one szybko.

#### 6. ZMIANY MOCY MASZYN GÓRNICZYCH I PODWYŻSZANIE NAPIĘĆ ICH ZASILANIA

Przez powojenne dziesięciolecie obserwowano systematyczny wzrost mocy maszyn górniczych. Główną przyczyną tej tendencji była chęć podwyższania wydobywania kopalni. W rezultacie moce dzisiejszych maszyn są około 10 razy większe od mocy analogicznych maszyn z lat pięćdziesiątych. Jak się zdaje, ta tendencja zwykła zbliża się już do swego maksimum. Przyczyną jest przechodzenie z eksploatacją węgla do cieńszych pokładów, a ponadto dzisiejsze moce maszyn z trudem mogą być powiększone bez równoczesnego podwyższania napięcia zasilania. Z drugiej strony przewiduje się w przyszłości konieczność zmniejszania mocy silników w kopalniach głębokich.

Ale już dzisiaj moce niektórych maszyn górniczych zmuszają do rozwiązania podwyższenia napięcia zasilania powyżej 1000 V. W kilku krajach podjęto próby i później wdrożono pojedynczo szereg maszyn na podwyższone, wysokie napięcie 3300, 5000 i 6000 V. Jak się zdaje, częściej zasilają się wysokim napięciem napędy przenośników i strugów, rzadziej kombajnów, których ruchliwość stwarza dodatkowe trudności w zasilaniu wysokim napięciem. Prawdopodobnie w żadnym kraju europejskim władze górnicze nie zezwoliły na ogólne stosowanie takich napięć; zezwala się tylko każdorazowo na eksploatację ograniczonej liczby napędów i w określonych warunkach.

Należy w tym miejscu przypomnieć o kosztowności ogólnego podwyższania napięcia zasilania. W tym celu należy uruchomić jednocześnie produkcję serijną kompletnego asortymentu wyposażenia na to napięcie.

## 7. APARATURA PRÓŻNIOWA I WYPEŁNIONA SZEŚCIOFLUORKIEM SIARKI SF<sub>6</sub>

Stosowanie tej aparatury w podziemiach kopalń rozpowszechnia się coraz bardziej i wydaje się, że dotychczasowe aparaty łączące w atmosferze powietrza kopalnianego zostaną wyparte przez nowe techniki łączeniowe. Trudno przewidzieć, która z tych dwóch technik przeważy w zastosowaniach, gdyż obie mają szereg zalet i wad.

Zauważmy, że przez zastosowanie łączników próżniowych i hermetycznych styków pomocniczych w aparaturze można otrzymać aparat łączeniowy nie-iskrzący w atmosferze kopalnianej, co może doprowadzić do zmiany wymagań odnośnie do rodzaju przeciwybuchowości obudowy. To samo dotyczy aparatów wypełnionych całkowicie SF<sub>6</sub>, który stosuje się przy nieznacznym nadciśnieniu [2].

Znane jest rozwiązanie aparatury próżniowo-sześćiofluorkowej, gdzie właściwy łącznik jest próżniowy, a cały aparat wypełniony jest SF<sub>6</sub>.

Styczniki 6 kV, wypełnione SF<sub>6</sub>, odznaczają się dużą mocą wyłączalną. Tak np. stycznik 6 kV, 400 A ma moc wyłączalną 125 MV.A, co przy ograniczeniu przepięsowym mocy zwarcia w sieciach podziemnych do 100 MV.A stwarza możliwość zasadniczego zmodernizowania aparatury w podziemnych sieciach 6 kV.

Na szczególną uwagę zasługuje aparatura wysokiego napięcia, wypełniona SF<sub>6</sub> i hermetycznie zaspawana osłoną z blachy nierdzewnej. Teoretycznie może ona być stosowana we wszystkich klimatach i atmosferach [3]. Oczywiście takie rozwiązania są możliwe tylko przy bardzo wysokiej niezawodności wszystkich podzespołów wyposażenia aparatu.

Ostatnio pojawiły się wzmianki o stosowaniu w kopalniach urządzeń przeciwybuchowych w osłonie przewietrzanej sprężonym powietrzem z rurociągu kopalnianego. Dotyczy to zarówno przetwornic częstotliwości, jak również całych pomieszczeń dla wyłączników wysokiego napięcia [4].

## 8. SZEROKIE STOSOWANIE TYRYSTORÓW

Na podkreślenie zasługuje szybkie i szerokie stosowanie tyrystorów w górniczym wyposażeniu elektrycznym. Stosuje się je m.in. w:

- napędach maszyn wyciągowych,
- kaskadach tyrystorowych,
- trakcyjnych stacjach prostownikowych,
- przetwornicach częstotliwości,
- stacjach falownikowych,
- spawarkach statycznych,
- lokomotywach elektrycznych,
- urządzeniach do szybkiego ładowania baterii lokomotyw akumulatorowych.

## 9. ELEKTRONIZACJA I KOMPUTERYZACJA UKŁADÓW ZABEZPIECZEŃ, STEROWANIA KONTROLI I SYGNALIZACJI [5,6] .

Współczesne elementy półprzewodnikowe - wbrew wyrażanym przedtem obawom - wytrzymują zadziwiająco dobrze warunki pracy w podziemiach kopalń. Dotyczy to nie tylko odporności na wilgoć, lecz również odporności na wstrząsy; wystarczy przypomnieć, że są one stosowane w kombajnach, których drgania są znaczne.

W kombajnach stosuje się tzw. układy zdrowia maszyny. Polega to na takim oczujnikowaniu maszyny, które prowadzi do automatycznego jej wyłączenia przy przekroczeniu dopuszczalnego parametru i uniemożliwia załączenie niesprawnej maszyny z równoczesnym wskazaniem miejsca niesprawności. Kombajn wyposażony jest w tablicę rozdzielczą ze świetlnymi wskaźnikami. W niektórych maszynach instaluje się mikrokomputer dla bieżącej rejestracji parametrów pracy maszyny na dyskietce. Wyjęcie dyskietki i odtworzenie jej zawartości na powierzchni kopalni pozwala przeanalizować pracę maszyny, ustalić przyczynę uszkodzenia i wyciągnąć odpowiednie wnioski na przyszłość.

Jeden z producentów silników górniczych stosuje w korpusie silnika komputerowe nadmiarowe zabezpieczenie wyłączające. Rejestruje ono prąd i temperaturę silnika wraz z zapamiętaniem dat i godzin. Dane te można wykorzystać przy analizie uszkodzeń, jak i uwzględnianiu reklamacji [7] .

## 10. INTENSYFIKACJA CHŁODZENIA URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH

Zwiększanie głębokości eksploatacji węgla w kopalniach Europy prowadzi też do utrudnień w skuteczności chłodzenia urządzeń elektrycznych.

Przypomnijmy tutaj, że pomierzona na Górnym Śląsku temperatura górotworu na głębokości 1250 m wynosi od 32° do 58° C.

Na większych głębokościach zauważono silny wpływ ciepła wydzielanego przez urządzenia elektryczne na bilans cieplny w ścianie wydobywczej. Połączone ciepło pochodzące od górotworu i od urządzeń elektrycznych może w istotny sposób utrudnić klimatyzację przodka wydobywczego.

O skali problemu niech świadczy fakt, że w niektórych maszynach chłodzi się wodą korpusy mechanicznych przekładni zębatych [8] .

Od pewnego czasu obserwuje się rozszerzenie chłodzenia wodnego poza silniki kombajnów. Wodą chłodzi się przetwornice częstotliwości, niektóre silniki przenośników ścianowych.

Przy chłodzeniu wodą przetwornic częstotliwości stosuje się różne rozwiązania konstrukcyjne. Chłodzi się bądź osłonę ognioszczelną, bądź doprowadza się wodę do węzownicy wewnątrz osłony, bądź wreszcie omywa się wodą same trystory.

Niektórzy specjaliści utrzymują, że na głębokościach rzędu 1200 m jedynie potrzeba zmniejszenia mocy silników w ścianie celem zmniejszenia ich udziału w podwyższaniu temperatury powietrza w przodku.

#### 11. URZĄDZENIA DO ZMNIEJSZENIA ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Coraz szerzej stosowane są kaskady tyrystorowe do pierścieniowych silników asynchronicznych wentylatorów głównych, maszyn wyciągowych itp., aby umożliwić np. obniżenie obrotów wentylatora lub zmniejszyć straty ciepłe w asynchronicznej maszynie wyciągowej.

Dla poprawy współczynnika mocy w rejonach jak i całej kopalni stosuje się regulowane automatycznie baterie kondensatorów, zarówno na powierzchni, jak i na dole kopalni, zarówno w sieciach niskiego, jak i wysokiego napięcia [9].

#### 12. SZYBKIŁ ŁADOWANIE BATERII LOKOMOTYW

W akumulatorowej trakcji kopalnianej pojawiły się nowe sposoby szybkiego ładowania baterii. Stosowane są:

- programowane ładowanie prądem o przemiennej polaryzacji [10],
- wymuszone chłodzenie wodą ścian ogniw baterii [11],
- specjalne akumulatory o małym wydzielaniu gazów i nie wymagające konserwacji [12].

#### 13. KABELE ŚWIATŁOWODOWE

Na odnotowanie zasługuje specjalny górniczy kabel światłowodowy o dwóch, czterech i sześciu żyłach z włókna szklanego. Kabel ma wytrzymałość wystarczającą do stosowania go również do maszyn ruchomych [11].

#### 14. STOSOWANIE SILNIKÓW SYNCHRONICZNYCH

Pojawienie się przetwornic częstotliwości spowodowało rozszerzenie stosowania silników synchronicznych zarówno do napędów dużych przenośników, jak i do bezpośredniego napędzania maszyn wyciągowych [13,14].

## LITERATURA

- [1] Michalak Z., Szczurek A.: "Napęd posuwu kombajnów górniczych dla niskich ścian z zastosowaniem przemienników częstotliwości", "Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa" nr 4/234/89, s. 21.
- [2] "Mittelspannungs-Lastschaltanlage Typ MINEX-C, SF<sub>6</sub> isoliert", "Elektrotechnische Zeitschrift" nr 14/88, s. 621, reklama.
- [3] "Siemens - SF<sub>6</sub> - isolierte Lastschaltanlage 8DJ10: wartungs frei auf Lebenszeit", "ETZ" nr 7/8/88, s. 311, reklama.
- [4] "Überdruckgekapselte Energieverteilung", "Glückauf" nr 5/86, s. 371.
- [5] "Dickhoff hat im '857 Walzlader mit Mikrocomputer geliefert", "Glückauf" nr 7/85, s. 479.
- [6] "AEG - Kompaktstation MSL 9202 mit integrierter Mikroprozessorsteuerung", "Glückauf" nr 23/86, str. tytułowa.
- [7] "Überwachung von Motoren", "Glückauf" nr 7/8/89, s. 346.
- [8] "Spezialgetriebe EP-25 am Kettenförderer mit der Kühlwasserkammer im Gehäuse", "Glückauf" nr 8/88, s. 420, reklama.
- [9] Jakob K., Milch O., Dillmann N.: "Blindstromkompensation in Niederspannungsnetzen unter Tage", "Glückauf" nr 18/88, s. 981.
- [10] Szczucki F., Matyja E.: "Urządzenie do zasilania trakcji elektrycznej przewodowej i ładowania akumulatorów trakcyjnych", "MIAG" nr 4/234/89, s. 13.
- [11] Rusche J.: "Die Bergbau - Zulieferindustrie auf der Hannover Messe 1989", "Glückauf" nr 15/16/89, s. 917.
- [12] "Wartungsfreie Batterie für Fahrzeugbetriebe", "Glückauf" nr 9/10/89, s. 470.
- [13] "Siemens - frequenzgesteuerte Drehstrom - Synchronmotoren mit Direktumrichterspeisung in Betrieb genommen", "Glückauf" nr 2/87, s. 62.
- [14] "Treibscheibe mit integriertem Synchronmotor", "Glückauf" nr 14/15/88, s. 760.

## АКТУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ГОРНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

## Резюме

В работе представлены горные и механизационные факторы, обуславливающие развитие горной электротехники.

Сделан обзор новых устройств и решений из области горной электротехники, которые появились в течение нескольких последних лет в европейском горном деле.

## ACTUAL DEVELOPMENT OF EUROPEAN MINING ELECTROTECHNICS

## S u m m a r y

In the paper are presented the mining factors, conditioning the development of the mining electrotechnics.

It was accomplished a review of the recent devices and solutions in the mining electrotechnics, appeared in the several last years in the European mining industry.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Florian Krasucki