

Edward Pacholski, Marek Leśnik
KGHM Polska Miedź SA, Oddział Zakłady Wzbogacania Rud, Polkowice

EKSPLOATACJA SILNIKÓW TYPU SAS W KGHM POLSKA MIEDŹ SA O/ZWR W POLKOWICACH. DOŚWIADCZENIA, PROBLEMY, DZIAŁANIA PRZYSZŁOŚCIOWE

SAS MOTORS EXPLOITATION IN KGHM POLSKA MIEDZ S.A. DIVISION OF CONCENTRATOR. EXPERIENCE, PROBLEMS, PRIORITY ACTIVITIES

Abstract: The motors exploited in KGHM Polska Miedz S.A. Division of Concentrator to drive mills are asynchronous SAS motors synchronized with 6kV with power range 400kW, 630kW and 1250kW at 187,5 rph as well as synchronous DC motors 6kV (former Soviet Union production) with power range 900kW, 1100kW and 1120kW at 166,6 rph.

In all three processing plants there is 93 SAS motors in continuous operate. They have been produced in seventies of 20th century. This should be underlined that Division of Concentrators operates in 24/7 system almost all days a year.

In production areas there is a very high humidity, dust concentration as well as chemicals vapours emission due to production process. The wet and even flood over equipment by industrial water is a real and still present danger.

The open constructed motors supplied by middle voltage of 6kV are particularly sensitive for workplace conditions during operate. The basic problem is to provide a proper state of motors winding insulation. Division of Concentrator has made some efforts to exchange worn-out mill drive units into motors with higher energy efficiency. Unfortunately in present technical infrastructure any motors exchange is possible without expensive modernization the infrastructure. Nowadays Division of Concentrator should make decision on direction of future activity

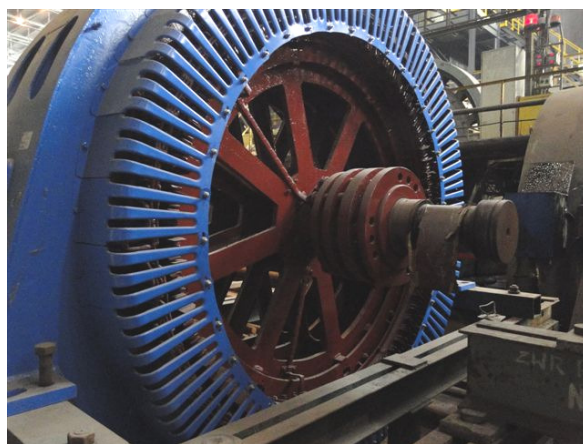
Should we continue exploitation of owned motors after their deep modernization or should we recognize the suppliers market and launch the project of exchanging motors into units of new generation?

1. Wstęp

Oddział Zakłady Wzbogacania Rud w Polkowicach składa się z trzech niezależnych zakładów produkcyjnych: Rejon ZWR Lubin, Rejon ZWR Polkowice, Rejon ZWR Rudna. W ciągłej eksploatacji znajdują się 93 sztuki silników typu SAS i DC. W zdecydowanej większości – 87 sztuk – służy do napędu młynów bębnowych a 6 sztuk napędza kruszarki młotkowe.

W Rejonie Lubin pracują 24 silniki, w Rejonie Polkowice 27 silników, w Rejonie Rudna 42 silniki.

Są to silniki asynchroniczne synchronizowane typu SAS na napięciu 6kV, o mocach 400kW (12 szt.), 630kW (36 szt.) oraz 1250kW (35 szt.). Ich prędkość to 187,5obr/min oraz silniki typu DC (produkcji radzieckiej, o budowie bardzo zbliżonej do SAS), na napięciu 6kV, o mocach 900kW (2 szt.), 1100kW (5 szt.), 1120kW (3 szt.) i prędkości obrotowej 166,6obr/min.



Rys. 1. Silnik SAS po remoncie

Większość z nich została wyprodukowana w latach siedemdziesiątych dwudziestego wieku. Mają one w większości za sobą czterdziestoletni okres eksploatacji. Należy podkreślić, że proces produkcji ZWR jest procesem ciągłym - 24 godziny na dobę, przez niemal wszystkie dni w roku. Postoje poszczególnych urządzeń są najczęściej planowymi postojami

remontowymi i serwisowymi. Dla zobrazowania w Rejonie Rudna na 36 młynów ciągle pracują 32 silniki. W nieodległej przeszłości było, że pracowało ich 35.

Hale młynowni są środowiskiem trudnym eksploatacyjnie, proces mielenia jest procesem na mokro. W budynkach panuje bardzo duża wilgotność, zapylenie, atmosfera zawiera także chemiczne opary będące wynikiem stosowanej technologii produkcji. Występującym stale zagrożeniem jest zalanie (zachlapanie) silnika wodą technologiczną lub nadawą procesu technologicznego. Praktycznie każde zalanie uzwojeń tych silników może skończyć się uszkodzeniem izolacji i koniecznością wymiany całego silnika.



Rys. 2. Silnik w otoczeniu urządzeń technologicznych

Silniki budowy otwartej są szczególnie wrażliwe na warunki środowiskowe podczas eksploatacji. Kilkudziesięcioletnia praca jednostek napędowych w tak trudnych warunkach, pomimo przeprowadzanych napraw i remontów, doprowadziła do poważnego zużycia silników zarówno w części mechanicznej, jak i w obwodach magnetycznym i elektrycznym.

Podstawowym problemem jest utrzymywanie odpowiednich wartości stanu izolacji uzwojeń silników. Słaby stan techniczny przekłada się w wielu przypadkach na bardzo szybki spadek stanu izolacji po zatrzymaniu. Silniki w takich sytuacjach wymagają długotrwałego „suszenia”. W procesie suszenia silników wykorzystywane są różne metody: wbudowanymi grzałkami, prądem wzbudzenia, niskim napięciem 500V podawanym na uzwojenia stojana oraz zewnętrznymi nagrzewnicami. Konsekwencją długotrwałego suszenia izolacji silników są wydłużające się postoje młynów bębnowych

i kruszarek, co negatywnie wpływa na realizację zadań produkcyjnych.

2. Charakterystyka poszczególnych Rejonów

2.1. Rejon ZWR Lubin

W zakładzie zabudowanych jest 24 sztuki silników SAS, w tym 4 sztuki 400kW, 16 sztuk 630kW oraz 4 sztuki 1250kW. Zakład ten posiada najnowsze silniki. W latach 1997-2000 zakupiono 14 nowych napędów, a w latach 2001-2009 zmodernizowano 6 sztuk. W związku z powyższym w Lubinie stan techniczny jest najlepszy. Nowe silniki eksploatowane w tym rejonie posiadają izolację klasy F z utwardzaniem piecowym, wykonaną metodą próżniowo-ciśnieniową. Silniki te wyposażone są w czujniki temperatury uzwojeń typu PT-100, zabudowane grzejniki postojowe antykondensacyjne 230V, posiadają także osłony (obudowy) o stopniu ochrony IP-20. Grzejniki są uruchamiane automatycznie po zatrzymaniu napędu. Pomimo nowocześniejszych rozwiązań problemy z utrzymywaniem prawidłowych stanów izolacji także występują, grzejniki okazują się niewystarczające i zachodzi potrzeba „suszenia” prądem wzbudzenia.

2.2. Rejon ZWR Polkowice

W rejonie pracuje 27 napędów, w tym 17 silników typu SAS (10 silników o mocy 630kW i 7 silników 1250kW) oraz 10 silników typu DC (dwa o mocy 900kW, 5 o mocy 1100kW i 3 o mocy 1120kW). Większość została wyprodukowana w latach 1968-1977. Zasadniczym problemem technicznym jest utrzymanie stanu izolacji oraz z uwagi na otwartą budowę zagrożenie zalaniem uzwojeń.

2.3. Rejon ZWR Rudna

W zakładzie zabudowanych jest łącznie 42 sztuki silników typu SAS, 36 sztuk przy napędzie młynów oraz 6 sztuk przy kruszarkach młotkowych. Eksploatowanych jest 24 szt. o mocy 1250kW, 10 szt. o mocy 630kW (w tym 6 szt. przy kruszarkach) oraz 8 szt. 400kW. Wszystkie zostały wyprodukowane w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Podstawowym sposobem uzyskania właściwego stanu izolacji jest suszenie prądem wzbudzenia i stosowanie zewnętrznych nagrzewnic. Odrebnym zagadnieniem jest mocne zabrudzenie uzwojeń. Najskuteczniejszą metodą oczyszczania uzwojeń silników jest przedmuchiwa-

nie strumieniem sprężonego powietrza. Niesie to jednak za sobą zapylenie hali i dyskomfort pracy zatrudnionym tam pracownikom. W Polkowicach i w Rudnej występują podobne problemy i zagrożenia. W obu zakładach silniki poddawane są analogicznym zabiegom konserwacyjnym i remontowym.

3. Analiza problemów eksploatacyjnych

Najczęstszą przyczyną remontów jest uszkodzenie izolacji w wyniku degradującego działania środowiska pracy. W dalszej kolejności są to zalania wodą technologiczną i nadawą oraz zatarcia wirnika w otworach stojana. Sporadycznie zdarzają się awarie głowicy kablowej, oraz zwarcia na głowicy pierścieniowej. Większość remontowanych silników ma za sobą jakieś nagłe zdarzenie dyskwalifikujące je z dalszej eksploatacji bez wykonania remontu podstawowego lub pełnego.

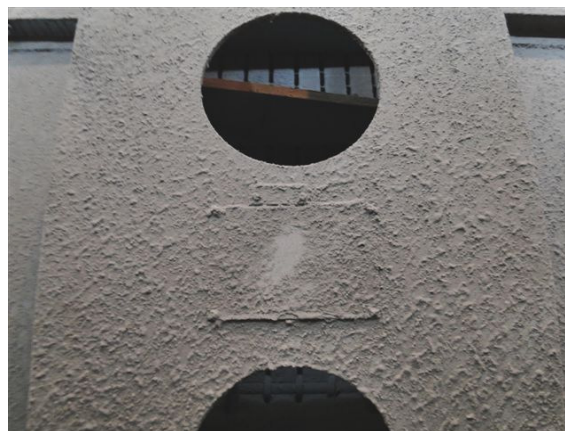


Rys. 3. Skutki zwarcia w uzwojeniach

Rzadziej przekazuje się silniki sprawne ruchowo, ale mające bardzo niskie wartości stanu izolacji, wymagające długotrwałych zabiegów „suszenia” izolacji uzwojeń, w celu przygotowania do uruchomienia. Jak wcześniej wspomniano najslabszym punktem tych silników jest budowa otwarta. Szybko postępujące oklejanie uzwojeń pyłem, tworzącym w połączeniu z wilgocią trudno usuwalną warstwę, sprzyja mikrouszkodzeniom izolacji.

Podejmowane są starania, aby co najmniej raz na kwartał „przedmuchać” każdy silnik sprężonym powietrzem. Prace te prowadzone są przez pracowników służb elektrycznych na drugich zmianach roboczych w ustalonych godzinach, tak, aby były najmniej uciążliwe dla personelu obsługi technologicznej i mechanicznej.

W każdym Rejonie utrzymywana jest rezerwa silników przygotowanych do ewentualnej wymiany.



Rys. 4. Charakterystyczna warstwa oklejonego pyłu

Są to silniki zabudowane na stanowiskach roboczych przygotowanych do uruchamiania na biegu jałowym (tzw. gorąca rezerwa), przechowywane w wydzielonych miejscach. Do niedawna silniki rezerwowe stanowiły też dodatkowe narzędzie kompensacji mocy biernej sieci elektroenergetycznej. Najczęściej wymianie podlega silnik kompletny. Sporadycznie zdarza się wymiana jednego elementu. Bez względu na charakter wymiany demontażowi podlega cały silnik. Operacja wymiany wykonywana jest przez służby mechaniczne i elektryczne. Przeciętnie trwa ona od 4 do 5 zmian roboczych. Zawsze po zakończeniu prac silnik poddawany jest „suszeniu”. Uruchomienie silnika najczęściej odbywa się komisyjnie, także w obecności przedstawicieli firmy remontującej silniki asynchroniczne synchronizowane. Tak więc od momentu zakwalifikowania silnika do wymiany, do momentu uruchomienia w normalnym cyklu pracy upływa ok. 48 godzin. Wymiana jednego napędu młyna często skutkuje także postojem innego napędu, związanego z ciągiem technologicznym. Nieplanowane przestoje remontowe skutkują zaburzeniem procesu produkcji.

4. Gospodarka remontowa

Drobne czynności naprawcze, na przykład: wymiana śruby (tzw. szpilki) w głowicy kablowej, wymiana głowicy pierścieniowej, doraźne miejscowe lakierowanie, są wykonywane przez własne służby elektryczne.

Natomiast remonty zlecane są zewnętrznej firmie usługowej. Rozróżnia się remont podsta-

wowy i pełny, w zakres których zarówno wchodzi czynności dotyczące stojana i wirnika. Rozróżnia się remont podstawowy i pełny, w zakres których zarówno wchodzi czynności dotyczące stojana i wirnika. Remont w zakresie podstawowym polega głównie na: uzupełnieniu drobnych ubytków w układzie izolacyjnym, usunięciu ognisk korozji pakietu, wymianie izolatorów i przewodów, sprawdzeniu i naprawie połączeń czołowych uzwojeń, usztywnieniu uzwojeń, uzupełnieniu klinów, suszeniu impregnacji i lakierowaniu uzwojeń. Remont w zakresie pełnym obejmuje wszystkie czynności z remontu podstawowego oraz demontaż starego i wykonanie nowego uzwojenia, sprawdzenie sztywności pakietu i obwodu magnetycznego.

Reakcja serwisowa, a także sporadyczne naprawy gwarancyjne załatwiane są terminowo i skutecznie.

Koszt remontu pełnego silnika, w zakresie stojana i wirnika przekracza 100 tysięcy złotych.

Łączne koszty ponoszone w ostatnich kilku latach w skali jednego roku kształtują się w przedziale od 400 do 700 tysięcy złotych. Rok 2011 charakteryzował się wyraźnym wzrostem kosztów, lecz raczej były one spowodowane przyczynami zewnętrznymi zaistniałych awarii, niż drastycznym pogorszeniem się stanu technicznego silników.

Udział Rejonu ZWR Lubin w kosztach remontów stanowi niespełna 10%. Świadczy to o prawidłowości i celowości przeprowadzonych działań inwestycyjnych i modernizacyjnych, polegających głównie na zakupie nowych silników. Zastosowanie nowoczesnych materiałów, wydłużających żywotność izolacji oraz wykonanie prostych obudów o stosunkowo niskim stopniu ochrony IP 20, znacząco wpłynęły na zminimalizowanie występowania awarii podczas eksploatacji silników SAS.

Każdy z silników eksploatowanych w Rejonach Polkowice i Rudna był poddawany zabiegom remontowym, w wielu przypadkach z przewożeniem włącznie. Czterdziestoletnia praca w niekorzystnych warunkach staje się coraz bardziej widoczna, szczególnie w zakresie sztywności pakietów (niekiedy występują wątpliwości co do zachowania geometrii wirnika), korozji obwodów magnetycznych, dużej podatności na szybkie starzenie się izolacji.

5. Działania przyszłościowe

Pracujące silniki wyprodukowane zostały ze znamionową sprawnością rzędu 90-93%. Z uwagi na lata ich produkcji, kilkudziesięcioletnią eksploatację w trudnych warunkach, prowadzone remonty, należy przyjąć, że ich sprawność uległa obniżeniu o kilka procent (nawet o 5%).

Rosnące ceny energii elektrycznej, światowe i europejskie wysiłki i wytyczne na rzecz ochrony środowiska naturalnego, wymuszają na odbiorcach energii dokładną analizę efektywności energetycznej stosowanych urządzeń i technologii.

Młyny bębnowe napędzane silnikami SAS są największymi odbiornikami energii elektrycznej w Oddziale Zakłady Wzbogacania Rud. Koszty energii stanowią jedną z najpoważniejszych pozycji w rachunku ekonomicznym. W skali całego przedsiębiorstwa podejmowanych jest wiele inicjatyw mających na celu zmniejszenie energochłonności procesów produkcyjnych, a tym samym ograniczanie kosztów produkcji. Pogarszający się w perspektywie stan techniczny silników SAS, rosnące koszty remontów oraz pragmatyczne podejście do efektywności energetycznej procesów produkcyjnych, skłoniły kierownictwo zakładu do wywołania szerszej dyskusji na temat wypracowania i przyjęcia na najbliższe lata najlepszego kierunku działania, szczególnie w Rejonach ZWR Polkowice i Rudna. W przypadku Lubina należy kontynuować rozpoczęty proces inwestycyjny.

Najprostszym i najmniej kosztownym jest kontynuacja dotychczasowej polityki remontowej w celu utrzymania sprawności ruchowej maszyn. Podejście takie odsuwa tylko w czasie podjęcie bardziej zdecydowanych działań.

Bierze się także pod uwagę modernizację pracujących silników poprzez znaczne zwiększenie zakresu remontu, przede wszystkim o wymianę uzwojeń z zastosowaniem najnowszych technologii i materiałów izolacyjnych, wymianę pakietów obwodów magnetycznych, wprowadzenie zmian w układach wentylacji, „suszenia”, łożyskowania i stopnia ochrony obudowy. Taki punkt widzenia zdecydowanie poprawia pewność ruchową maszyn i lepiej zabezpiecza je przed agresywnym środowiskiem pracy. Słabą stroną tych działań jest wysoki koszt mogący przekroczyć 50% ceny nowej jednostki, przy pozostawieniu tych samych, wyeksploatowa-

nych głównych części roboczych, szczególnie mechanicznych i konstrukcyjnych. Spodziewana niewielka poprawa sprawności także nie jest przekonującym argumentem.

Najwłaściwszym racjonalnym rozwiązaniem wydaje się być sukcesywna wymiana silników typu SAS i DC na zupełnie nowe jednostki.

W zakresie rozważań znalazły się silniki asynchroniczne synchronizowane, asynchroniczne pierścieniowe oraz synchroniczne z magnesami trwałymi.

Silniki pierścieniowe zapewniają odpowiedni poziom momentu rozruchowego, można je także łatwo adaptować do obecnych układów zasilania i rozruchu. Z uwagi na to, że sprawność silników pierścieniowych jest gorsza od sprawności silników asynchronicznych synchronizowanych, a cena jest zbliżona, kierunek ten wydaje się technicznie, energetycznie i finansowo nieracjonalny.

Silniki synchroniczne z magnesami trwałymi wymagają zastosowania w układzie zasilania przemiennika częstotliwości. Praktycznie podwaja to koszty przedsięwzięcia, przy nieznacznym wzroście sprawności.

Silniki synchroniczne z magnesami trwałymi z dodatkową klatką rozruchową i zmienną ilością par biegunów także stanowią potencjalną alternatywę. Niestety rozwiązanie takie byłoby w zasadzie prototypem. Nie ma pewności jak zachowa się taki silnik w warunkach ciężkiego rozruchu, gdyż w układach napędowych młynów wymagany jest moment rozruchowy ($2,2-2,5M_n$).

Prowadzone w przedsiębiorstwie analizy techniczne i ekonomiczne doprowadziły do wniosku, że najlepsze będą silniki takiego samego typu jak dotychczas stosowane, czyli asynchroniczne synchronizowane.

Łatwość zabudowy w obecne fundamenty i ramy, możliwość adaptacji istniejących obwodów sterowania, rozruchu i wzbudzenia, wartość momentu rozruchowego, zadowalający współczynnik sprawności, są najbardziej istotnymi argumentami.

Bardzo ważną kwestią do rozpatrzenia jest pytanie, w jakiej skali i tempie należy realizować założone przedsięwzięcie?

Pozostaje nadal możliwość dyskusji w zakresie zastosowania innych rozwiązań, tak pod względem technicznym, jak również finansowym i organizacyjnym.

Najlepiej, gdyby można było potwierdzić zasadność i opłacalność alternatywnego rozwiązania

na pracującym napędzie, w podobnych lub zbliżonych warunkach pracy.

Literatura

- [1]. INOVA Centrum Innowacji Technicznych Sp. z o.o. : *Opracowanie pt. Ekspertyza stanu technicznego sieci i urządzeń elektroenergetycznych w O/ZWR*.-Lubin, styczeń 2006r.
- [2]. Pacholski E.: *Koncepcja modernizacji układów napędowych młynów bębnowych w KGHM Polska Miedź S.A. Oddział zakłady Wzbogacania Rud w Polkowicach – stan aktualny i propozycje modernizacji* – Polkowice, czerwiec 2006r. – opracowanie wewnętrzne.
- [3]. BOBRME KOMEL.: *Opracowania nr CS4-050060 pt. Analiza techniczno-ekonomiczna wymiany jednostek napędowych kruszarek młotkowych w O/ZWR*. Katowice, listopad 2011.
- [4]. BOBRME KOMEL.: *Sprawozdanie nr TL/029/O/07 Ekspertyza sprawności silników napędowych młynów w O/ZWR – Sosnowiec, październik 2007.*
- [5]. Pacholski E.: *Analiza możliwości poprawy niezawodności jednostek napędowych młynów bębnowych w dotychczasowej infrastrukturze technicznej w KGHM Polska Miedź S.A. O/ZWR Polkowice*. Polkowice – styczeń 2012 – opracowanie wewnętrzne.
- [6]. Zwiłak T., Antal L.: *Porównanie silnika indukcyjnego z silnikiem synchronicznym z magnesami trwałymi i rozruchem bezpośrednim*. Prace naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej Nr 58 2005r.

Autorzy

Edward Pacholski*

Marek Leśnik**

KGHM Polska Miedź SA

Oddział Zakłady Wzbogacania Rud

w Polkowicach

ul. Kopalniana 1

59-101 Polkowice

*Główny Inżynier ZWR ds. Energetycznych,
email: e.pacholski@kgmh.pl , tel 76 747 4610

**Szytgar Oddziałowy ZWR Rejon Rudna
email: m.lesnik@kgmh.pl, tel. 76 747 4160