

Jerzy Westerowski
BOBRME Komel, Katowice

PROBLEMY EKSPLOATACJI SILNIKÓW PIERŚCIENIOWYCH 1120 kW

EXPLOITATION, FAILURES AND RECONSTRUCTION OF 1120 kW, 6 kV SLIP-RING MOTORS

Abstract: The exploitation and failures of slip-ring induction motor (1120 kW) are described in the paper. These motors were designed and manufactured a few years ago, but due to some mistakes in design and very hard working conditions the working time was not longer than 1 year. After this period of time the break-downs of insulation system of rotors winding occurred. It was found after the investigation that the slip-ring area was wet and full of dust what caused described failures. The slip-ring area was redesigned and a equipped with a new air filter what ensures better reliability of mentioned motors.

1. Wstęp

W roku 2003 w BOBRME Komel zaprojektowano, a EMIT Żychlin wykonał dla „KWB BELCHATÓW” silniki typu SUf 560 budowy IP54 według normy PN-IEC 60034-5 o mocy 1120 kW, napięciu zasilania $U_1 = 6000$ V, prądzie stojana $J_1 = 129$ A, napięciu wirnika $U_2 = 1476$ V, prądzie wirnika $J_2 = 448$ A, $\cos \varphi = 0,88$ i sprawności $\eta = 95,5\%$.

Silniki te pracują w kopalni czerpakowej w bardzo trudnych i ekstremalnych warunkach oraz narażone są na bezpośrednie działanie słońca, pyłu i wody. Takie warunki wymagałyby zastosowania stopnia ochrony IP55, a nie IP54.

W trakcie eksploatacji po okresie od 10-ciu miesięcy do 1-go roku następowały częste awarie ww. silników polegające na doziemieniu uzwojenia wirnika, a w szczególności zespołu pierścieni ślizgowych. Po dokładnym oczyszczeniu z pyłu szczotkowego węzła pierścieni ślizgowych silnik uzyskiwał właściwy poziom izolacji i nadawał się do eksploatacji, ale wymagało to wymontowania silnika z kopalni i odstawienia go z eksploatacji. Przyczyny tych awarii i sposób ich zapobiegania przedstawiono w niniejszym artykule.

2. Opis stanu faktycznego

Ogólny wygląd silników ww. typu przedstawiono na rysunku 1.

Rozwiązanie układu pierścieni ślizgowych i mostu szczotkowego pokazano na rysunku 2, gdzie poszczególne ważniejsze podzespoły to:

poz. 1. Głowica pierścieni ślizgowych z pierścieniami stalowymi.

poz. 2. Most szczotkowy z 2-ma obsadami szczotkowymi na pierścień typu 509500 produkcji Elektrocarbon Tarnowskie Góry.

poz. 3. Wentylator zasysający powietrze wraz z zebraniem z głowicy i urządzenia szczotkowego pyłem szczotkowym.

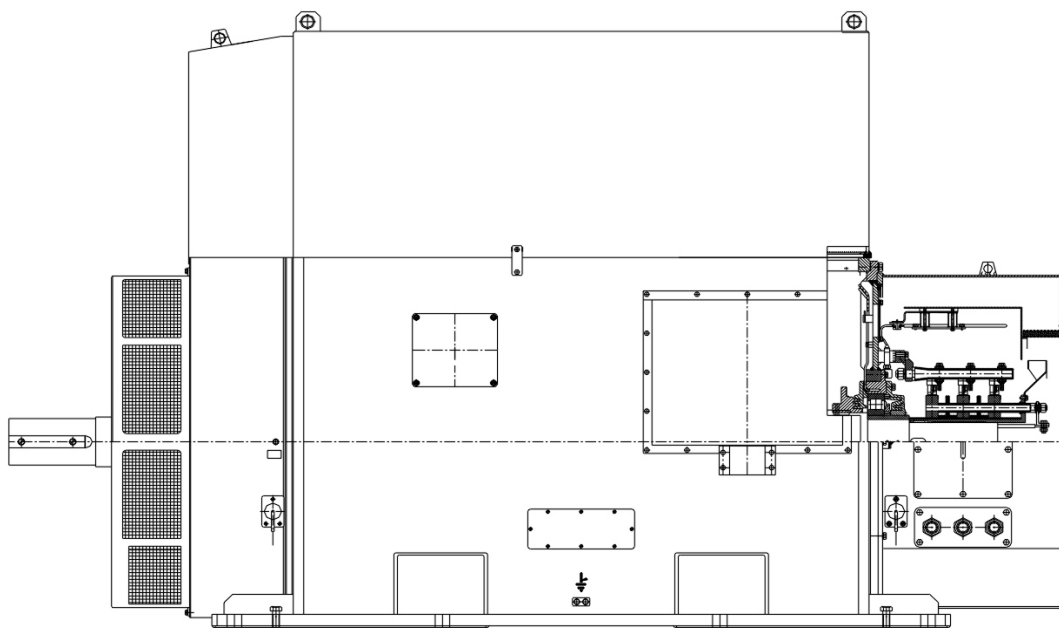
poz. 4. Obudowa pierścieni ślizgowych wraz z wprowadzeniem kabli, otworami i pokrywami pozwalającymi na wymianę i czyszczenie urządzenia szczotkowego.

poz. 5. Osłona wraz z wymiennym filtrem wykonanym z włókniny mineralnej filtracyjnej grubości 20 mm mającej na celu wychwytywanie pyłu rzucanego na nią przez wentylator.

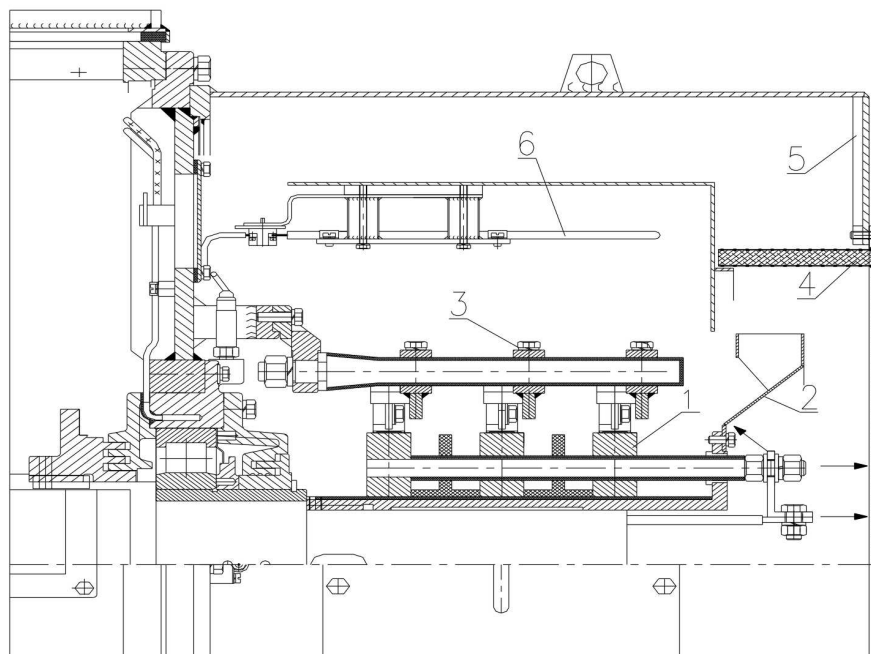
poz. 6. Zespół grzałek, które powinny być załączane w trakcie przerw w pracy i przed uruchomieniem silnika po dłuższym postoju. Ogrzanie przestrzeni obudowy ma za zadanie zapobiec gromadzeniu się kropli pary wodnej i wilgoci na materiałach izolacyjnych.

Węzeł szczotkowy w ww. silnikach został zaprojektowany z wykorzystaniem obsad (rys. 2) szczotkowych typu 509500 produkcji Elektrocarbon Tarnowskie Góry i 4-ch szczotek o wymiarach 40x20x50 na pierścień gatunku M78.

Szczotki zostały tak dobrane, aby uzyskać jak najlepsze parametry w eksploatacji i odpowiednią temperaturę stalowych pierścieni ślizgowych w trakcie pracy.



Rys.1. Ogólny wygląd silników typu SUf 560 H6 z pierścieniami ślizgowymi wysokiego napięcia



Rys.2. Układ pierścieni ślizgowych i mostu szczotkowego

3. Ustalenia przyczyn awarii

W trakcie oględzin po awarii stwierdzono: w obudowie, na przewodach wyprowadzeniowych, śrubach łączących wyprowadzenia z głowicą pierścieni i elementach izolacyjnych w miejscu wyprowadzeń dużo osadzonego pyłu ze zużytych szczotek. Kolor pyłu świadczył o dużym nagromadzeniu się w nim pyłu miedzianego ze szczotek.

Zaobserwowano wypalenia powstałe na skutek przeskoiku wyładowania łukowego między śrubami wyprowadzeń, a filtrem poz.5, śrubami mocującymi wentylator i jego poboczną poz.3 wg rys. 2, oraz prawie całkowite wypalenie się wkładu filtrującego. Miejsca przeskoiku łuku pokazano strzałkami na rysunku 2. Zaobserwowano też, że cały węzeł pierścieni ślizgowych i resztki wkładu filtrującego były zawilgocone.

Ww. uszkodzenia pokazane zostały na zamieszczonych zdjęciach. Według uwag użytkownika do obudowy pierścieni ślizgowych przedostaje się woda, która dostaje się do jej wnętrza poprzez nieszczelności na uszczelkach gumowych pokryw i osłony z filtrem.

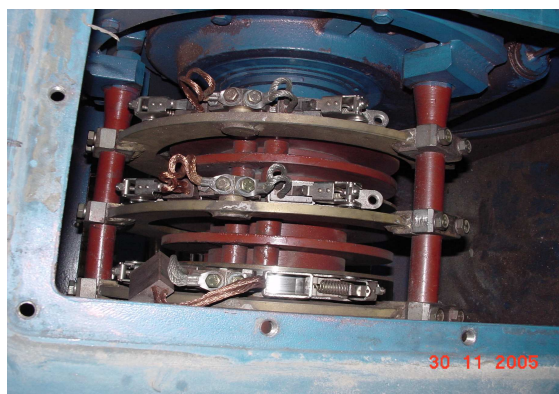
Na podstawie zaobserwowanych i uzyskanych informacji wyciągnięto następujące wnioski:

1. Nagromadzenie się pyłu na elementach izolacyjnych i całej obudowie było przyczyną zaistniałych awarii w ww. silnikach. Pył powstały podczas eksploatacji układu szczotki-pierścienie nie został wylapany przez filtr z powodu wypalania się wkładki filtrującej.
2. Wypalenie wkładki filtrującej nastąpiło na skutek iskier powstałych w trakcie wyładowań przepięciowych, a rzadka kontrola stanu filtra i jego wymiany we właściwym czasie doprowadzała do zaistniałych awarii.
3. Wyładowania przepięciowe powstawały najprawdopodobniej w trakcie przełączania przez styczniki próżniowe (charakteryzujące się bardzo szybkim czasem działania) poszczególnych zespołów oporników rozrusznika.
4. Przepuszczalnie niewłączanie grzałek w trakcie wyłączania silników z eksploatacji nawet na krótki czas, a potem nie wysuszenie komory pierścieni ślizgowych przy ponownym uruchomieniu silników powodowało, że osadzona wilgoć na elementach izolacyjnych mostu szczotkowego i głowicy pierścieni ślizgowych ułatwiała osadzanie się pyłu szczotkowego w trakcie rozruchu silnika, gdy zalegająca w zakamarkach obudowy warstwa pyłu wprawiona została w ruch przez ciąg wentylatora.
5. Miały miejsce za długie odstępy czasu między dokonywaniem przeglądu stanu wkładu filtrującego i jego wymiany.
6. Dostawanie i gromadzenie się wody w obudowie było spowodowane niewystarczającym uszczelnieniem pokryw i samej osłony filtra. Nadmienić tutaj należy, że stopień ochrony obudowy IP54 nie zapewnia przed penetracją wody do jej wnętrza, a taki stopień ochrony był założony i zgodny z wymogiem zamawiającego przy projektowaniu konstrukcji ww. silników.

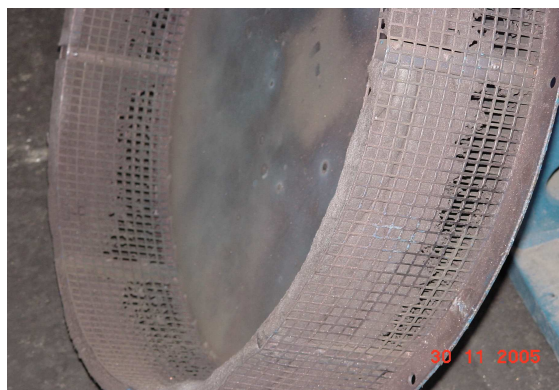
4. Środki zaradcze umożliwiające wyeliminowanie przyczyn awarii ww. silników

Mając na uwadze, że specyfika produkcji w KWB Bełchatów wymagała natychmiastowej naprawy i usunięcia mankamentów ww. silników, a nie mogły być one odstawione na dłuższy czas z eksploatacji, podjęto następujące środki zaradcze. BOBRME KOMEL opracował dokumentację konstrukcyjną umożliwiającą naprawę ww. silników na stanowisku pracy bez potrzeby wymontowywania z urządzenia.

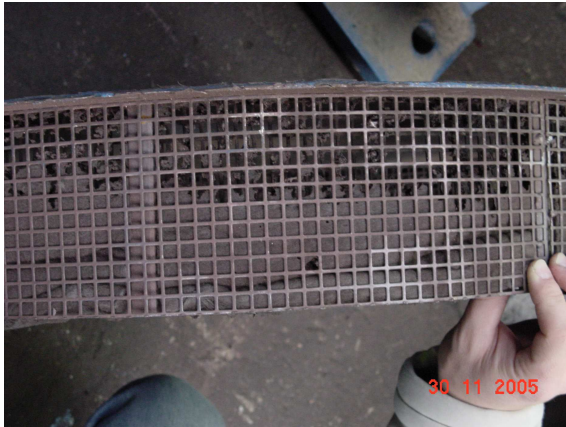
Biorąc pod uwagę, że w uzwojeniu wirnika następują bardzo duże przepięcia, szczególnie w trakcie rozruchu silnika, które potrafią spowodować przeskoki iskry do osłony oddalanej o 50 mm od nieizolowanych wyprowadzeń na głowicy pierścieni ślizgowych, ryzykownym byłoby całkowite wyizolowanie połączeń głowicy pierścieni z wyprowadzeniami uzwojenia wirnika. Takie wyizolowanie zapobiegłoby wprowadzie przeskoku iskry, ale powodowałoby, że występujące przepięcia mogłyby uszkadzać izolację uzwojenia wirnika i spowodować znacznie większe koszty naprawy, a silnik przez długi czas wyłączony byłby z eksploatacji.



Rys.3. Wygląd mostu szczotkowego z minimalnie zapyłonymi powierzchniami. Pył osadzony na pokrywce łożyskowej



Rys.4. Wygląd osłony z wypalonym filtrem



Rys. 5. Wygląd osłony z wypalonym filtrem



Rys. 6. Wygląd zacisków przyłączeniowych z widocznymi śladami działania łuku przy wyladowaniach do osłony

W wykonanym przez BOBRME projekcie postanowiono wykorzystać pozytywne działanie swojego rodzaju iskiernika łagodzącego skutki działań przepięciowych na izolację uzwojeń wirnika. Iskiernik taki poprzez odpowiednie ukierunkowanie rozładuje przepięcia, nie powodując innych szkód i uszkodzeń, polegających np. na przepalaniu się wkładu filtrującego. Sposób rozwiązania problemów występujących w ww. silnikach pokazany jest na rysunku 7, a polega on na następujących przeróbkach konstrukcyjnych, w których zastosowano:

1. W celu wyeliminowania dostawania się wody do wnętrza obudowy pierścieni ślizgowych **poz. 8** zastosowano rynienki okapowe **poz. 9** rysunku 3, które stanowią jednocześnie obrzeże dla uszczelki i zapobiegną ich odklejaniu i wypadaniu przy otwieraniu pokryw i demontowaniu osłony z filtrem. Ponadto w obudowie pierścieni ślizgowych w jej najniższym punkcie przewidziano specjalną śrubę

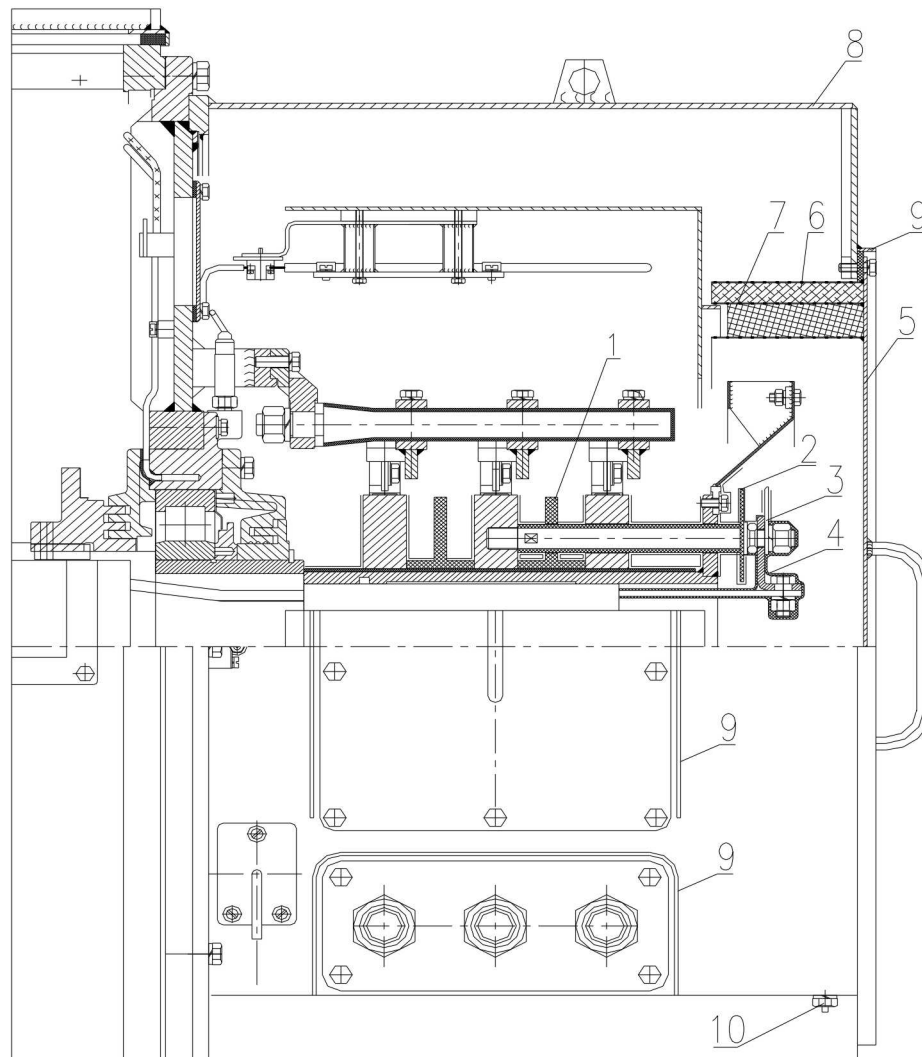
(**poz. 10**), mającą na celu automatyczne odwadnianie wnętrza obudowy z kondensatu.

2. Na sworzniach wyprowadzeń z poszczególnych pierścieni ślizgowych zamontowano dodatkowe płytki izolacyjne **poz. 2**, mające za zadanie wydłużenie drogi upływu przy zanieczyszczeniu pyłem szrotkowym izolacji, a przez to znaczne ograniczenie możliwości awarii.
3. Na jednym z podwójnych zacisków wyprowadzeniowych każdego pierścienia ślizgowego zamontowano iskiernik (**poz. 3**) ww. rysunku, ukierunkowujący wyladowanie do poboczniczy wentylatora.
4. Poizolowano dokładnie wyprowadzenia wraz z śrubami zacisków i sworzni, a następnie tak poizolowane połączenia pokryto dwukrotnie lakierem izolacyjnym (**poz. 4**), tak, aby uzyskać równą i wytrzymałą na przebicie powierzchnię.
5. Zmieniono konstrukcję osłony z filtrem (**poz. 5**). Zmiana polegała na zastosowaniu dwustopniowego filtrowania powietrza wewnątrz osłony. Pierwszy stopień ma za zadanie wychwycić dużą część pyłu, a jednocześnie wygasić ewentualne iskry, które mogą powstać w trakcie działania iskiernika przy przepięciach. Drugi stopień filtracji (**poz. 6**) wykonany z włókniny filtracyjnej zapewnia dokładną filtrację.

Przewidziano że osłona z filtrem stanowić będzie element wymienny i przy każdym przeglądzie, który przewidywany jest po około miesiącu ciągłej pracy silnika, należy sprawdzić stan zapełnienia włókniny. W przypadku znacznego zanieczyszczenia filtra będzie on wymieniany na nowy lub regenerowany.

Przewiduje się, że zastosowane powyżej środki zaradcze nie wymagające demontażu silników ze stanowiska i odstawianiu ich na dłuższy czas z eksploatacji, zapobiegną powstawaniu dalszych awarii ww. silników związanych z zapyleniem i zawilgoceniem komory pierścieni ślizgowych.

Obecnie w BOBRME Komel prowadzi się dalsze prace nad poprawą niezawodności zestyku ślizgowego w ww. silnikach, ale zmiany jakie chcemy wprowadzić będą wymagały wykonania nowej głowicy pierścieni ślizgowych, mostu szrotkowego i obudowy.



Rys. 7. Zmodernizowany węzeł szczotkowy silnika 1120 kW

Nowa konstrukcja wyeliminuje wszystkie mankamenty konstrukcji obecnej, przy opracowaniu której projektantowi narzucono wymiary gabarytowe, zaniżone w stosunku do istniejących możliwości posadowienia silnika. Obecnie istniała możliwość niewielkiego zwiększenia wymiaru gabarytowego, przez co nowa konstrukcja będzie bardziej niezawodna.

Literatura

[1]. Ekspertyza i wytyczne naprawy silnika Suf560H6. Praca nie publikowana.

Autor

inż. Jerzy Westerowski, specjalista konstruktor;
BOBRME Komel,
40-203 Katowice, Al. Roździeńskiego 188;
tel. (032) 258-20-41 wew.17;
e-mail: info@komel.katowice.pl