



Instytut Techniki Górniczej
KOMAG

realizuje prace badawczo-rozwojowe związane z mechanizacją procesów wydobywczych i przeróbczych w górnictwie, ze szczególnym uwzględnieniem problemów ochrony środowiska, bezpieczeństwa pracy i ergonomii.



Akredytowane laboratoria badawcze, o unikatowym charakterze w skali światowej, umożliwiają kompleksowe badania maszyn i urządzeń oraz wykonywanie pomiarów środowiskowych.



KOMAG jest jednostką notyfikowaną w zakresie Dyrektyw:

- 2006/42/WC Maszynowej,
- 2006/95/WE Niskonapięciowej,
- 94/9/WE ATEX,
- 88/378/EWG Zabawkowej.



XXI Ogólnopolska Konferencja
**BADANIE, KONSTRUKCJA,
WYTWARZANIE I EKSPLOATACJA
UKŁADÓW HYDRAULICZNYCH**

21–23 września 2011 r.
Hotel „Perła Południa” – Ryto

Informacje i zgłoszenia:
KOMAG

ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice
tel. 32-237 43 55, fax: 32-237 45 18
alaniewska@komag.eu
www.komag.eu

reklama

Transformatory i dławiki chłodzone wodą

Czyli jak skutecznie, przy ograniczeniach gabarytów i masy urządzenia, odprowadzać ciepło poza obudowę?

Jarosław Czornik

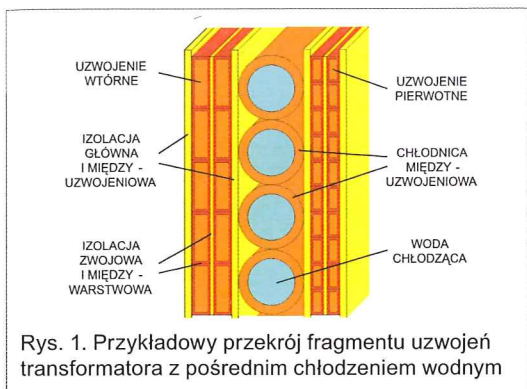
Transformatory i dławiki to maszyny elektryczne, w których podczas pracy powstają straty energii wydzielające się w postaci ciepła. Głównym źródłem strat jest zarówno przepływ prądu przez uzwojenia, jak i ciągle przemagnesowywanie rdzenia ferromagnetycznego. Straty te powodują nagrzewanie się poszczególnych części urządzenia oraz podnoszą temperaturę jego otoczenia. Nadmierne nagrzewanie materiałów czynnych (przewodzących) transformatora czy dławika wymusza ograniczenie mocy przenoszonych przez te urządzenia. Przyczyną są tutaj materiały izolacyjne, które w zależności od klasy izolacji, po przekroczeniu pewnych temperatur ulegają szybkiemu starzeniu się i niszczeniu, doprowadzając do zwarcia i uszkodzenia maszyny. Dlatego niezmiernie ważnym zagadnieniem – przy doborze i projektowaniu tego typu urządzeń – jest kwestia skutecznego odprowadzania ciepła. Zwiększenie intensywności oddawania ciepła z elementów czynnych maszyny elektrycznej pozwala na zmniejszenie jej gabarytów lub znaczny wzrost mocy znamionowej.

W transformatorach i dławikach o małych mocach powierzchnia zewnętrzna, wynikająca z konstrukcji, jest wystarczająca do odprowadzenia ciepła na tyle, aby przyrost temperatury uzwojeń i rdzenia nie przekroczył granicy klasy materiałów izolacyjnych zastosowanych do ich budowy. Mamy wtedy do czynienia z naturalnym chłodzeniem powietrznym (AN), czyli ciepło przechodzi do otoczenia poprzez promieniowanie oraz konwekcję. Jednak wraz ze wzrostem mocy rosną również straty transformatora czy dławika. Wzrost strat jest w przybliżeniu proporcjonalny do objętości urządzenia, a więc do trzeciej potęgi jego wymiarów liniowych. Natomiast powierzchnia urządzenia jest proporcjonalna do drugiej potęgi wymiarów liniowych. Dlatego począwszy od pewnej wartości mocy, powierzchnia urządzenia okazuje się nie-

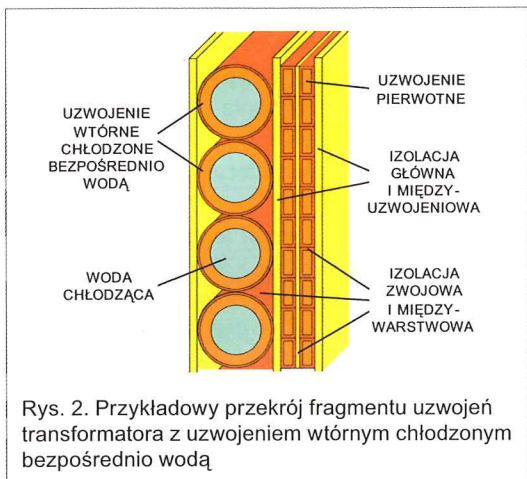
wystarczająca, aby odprowadzić wytwarzające się ciepło. Należy wówczas ograniczyć straty maszyny (zmniejszając gęstość strumienia w rdzeniu oraz gęstość prądu w uzwojeniach) lub przewidzieć kanały powietrzne pomiędzy rdzeniem i cewkami oraz wewnątrz uzwojenia (zwiększając powierzchnię chłodzącą). Obydwa sposoby są efektywne jednak kosztem konstrukcyjnego powiększenia rdzenia oraz uzwojenia, a zatem gabarytów i masy urządzenia. Nie bez znaczenia pozostaje kwestia obudowy. Należy pamiętać, że każda obudowa pogarsza warunki chłodzenia i są one tym gorsze, im wyższy stopień ochrony (IP).

Zdarza się również, że transformator lub dławik jest elementem większego urządzenia, a przeznaczone dla niego miejsce jest bardzo ograniczone. Często też w jego sąsiedztwie znajdują się elementy lub urządzenia wrażliwe na wysokie temperatury. Wówczas naturalne oddawanie ciepła jest niewystarczające, a straty i ciepło wydzielające się w transformatorze lub dławiku są wręcz niepożądane. Niestety ograniczanie masy i gabarytów tych urządzeń wiąże się ze zwiększeniem gęstości strumienia w rdzeniu oraz gęstości prądu w uzwojeniach, a więc ze zwiększeniem ilości strat i wydzielającego się ciepła. W takim przypadku niezbędne jest zapewnienie intensywnego i równomiernego chłodzenia maszyny oraz odprowadzenie ciepła poza urządzenie (obudowę).

Skutecznym rozwiązaniem może być zastosowanie wymuszonego chłodzenia wodnego (WF). Umożliwia ono transportowanie ciepła poza obudowę, w której znajduje się urządzenie i jest doskonałą alternatywą dla mniej wydajnych, często hałaśliwych i zawodnych wentylatorów. Woda ma znacznie większy współczynnik wnikania i przewodzenia ciepła niż powietrze, co powoduje mniejszy spadek temperatury na drodze przepływu ciepła od źródła ciepła do przepływającej przez



Rys. 1. Przykładowy przekrój fragmentu uzwojeń transformatora z pośrednim chłodzeniem wodnym



Rys. 2. Przykładowy przekrój fragmentu uzwojeń transformatora z uzwojeniem wtórnym chłodzonym bezpośrednio wodą

chłodnicę wody, a zatem dużo większą wydajność chłodzenia. W zależności od możliwości oraz miejsca zainstalowania stosuje się chłodzenie wodne w obiegu otwartym oraz w obiegu zamkniętym. Natomiast ze względu na konstrukcję chłodnicy i jej usytuowanie względem części czynnych transformatora (dławika) rozróżniamy chłodzenie wodne pośrednie i bezpośrednie.

Chłodzenie wodne pośrednie polega na odprowadzaniu ciepła z elementów czynnych (rdzeń i uzwojenia) za pomocą izolowanej elektrycznie chłodnicy umieszczonej w pobliżu tych elementów (rys. 1). Chłodnica wykonana jest z rury miedzianej, mosiężnej lub ze stali nierdzewnej o określonym przekroju zapewniającym odpowiedni przepływ czynnika chłodzącego (wody). Chłodnicę umieszcza się najczęściej wewnątrz uzwojenia lub pomiędzy uzwojeniami, a wtedy ciepło przechodzi od źródła ciepła do chłodnicy i czynnika chłodzącego (wody) poprzez przewodzenie. Taki sposób chłodzenia pozwala na ograniczenie gabarytów i masy urządzenia nawet do 30% w stosunku do transformatorów (dławików) z chłodzeniem naturalnym. Najczęściej stosuje się je w przypadku transformatorów i dławików o dużej liczbie zwojów i warstwowej budowie uzwojeń.

Jeszcze bardziej wydajnym i efektywnym jest chłodzenie wodne bezpośrednie. Tutaj samo uzwojenie nawijane jest miedzianą rurką o odpowiednim przekroju, przez którą przepływa woda (rys. 2). Przy tak intensywnym i skutecznym chłodzeniu nie ma potrzeby dodatkowego odprowadzania ciepła poprzez izolację główną, co pozwala na całkowite wyeliminowanie problemu wzrostu temperatury otoczenia urządzenia. Ograniczeniem w tym sposobie chłodzenia jest minimalny przekrój rury chłodzącej, dlatego najczęściej stosuje się go w dławikach i transformatorach wieloprądowych.

Zapewnienie szczelności układu chłodzenia, równomierności rozplywu wody w chłodnicach połączonych równolegle oraz zagwarantowanie odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej i elektrycznej powoduje trudności przy wytwarzaniu takiej maszyny. Dlatego wybór optymalnego rozwiązania jest ściśle związany z mocą urządzenia, warunkami pracy oraz aspektami ekonomicznymi. Obecnie kilkaset transformatorów i dławików chłodzonych wodą, wyprodukowanych przez firmę ELHAND TRANSFORMATORY pracuje na całym świecie. Charakteryzują się one doskonałą niezawodnością i trwałością, znacznie większą niż transformatory z wymuszonym chłodzeniem powietrznym. Korzyści płynące z takiego rozwiązania sprawiają, że jest ono coraz częściej stosowane w takich gałęziach przemysłu, jak górnictwo, hutnictwo czy galwanotechnika.

Literatura

- [1] PELCZEWSKI W.: *Zagadnienia cieplne w maszynach elektrycznych*. PWT, Warszawa 1956.
- [2] WIŚNIEWSKI S.: *Wymiana ciepła*. PWN, Warszawa 1979.
- [3] JEZIERSKI E.: *Transformatory. Podstawy teoretyczne*. WNT, Warszawa 1965.
- [4] ŚLIWIŃSKI T., WDOWIAK B.: *Transformatory*. PWSZ, Warszawa 1952.
- [5] PISTELOK P.: *Rozwiązania konstrukcyjne uzwojeń z bezpośrednim chłodzeniem wodnym*. ZP-ME 86/2010.

ELHAND TRANSFORMATORY Sp. z o.o.

elhand TRANSFORMATORY

ELHAND TRANSFORMATORY Sp. z o.o.
tel. (+48 34) 353 17 10, 351 32 20
fax (+48 34) 356 40 03
e-mail: info@elhand.pl
www.elhand.pl

TRANSFORMATORY

moc od 0,05 kVA do 1600 kVA

DŁAWIKI

silnikowe, sieciowe, filtracyjne, kompensacyjne, wygładzające, sprzęgające, specjalne

FILTRY LC

ZASILACZE DC

URZĄDZENIA SPECJALNE

Wyróżnia nas jakość