

Wykorzystanie sterowników układu chłodzenia transformatorów energetycznych do ich diagnostyki

Streszczenie Sterowanie układami chłodzenia odbywa się z wykorzystaniem sterowników PLC. Ich możliwości obliczeniowe, komunikacyjne pozwalają realizować nie tylko algorytmy sterowania układem chłodzenia, ale również realizować różnorodne funkcje diagnostyczne.

Abstract The control of cooling processes is carried out with the use of PLC drivers. Their computational and communication capabilities allow us not only to put into operation the algorithms for control of cooling systems, but also to fulfill miscellaneous diagnostic tasks. (The use of controllers in cooling systems of power engineering transformers for diagnostic purposes).

Słowa kluczowe: Diagnostyka, transformatory, układy chłodzenia, sterowniki.

Keywords: Diagnostics, Transformers, Cooling systems, Drivers.

Wstęp

Transformatory elektroenergetyczne to urządzenia, których głównym zadaniem jest przesył, rozdział i dostawa energii elektrycznej przy najkorzystniejszych wartościach napięć. Należą do najważniejszych i zarazem kosztownych elementów w systemie elektroenergetycznym. Skutkiem awaryjnego wyłączenia transformatora są zawsze duże perturbacje, a zatem i koszty. Dlatego wszystkie służby odpowiedzialne za eksploatację transformatorów dokładają wszelkich starań, aby wszystkie transformatory, szczególnie największych mocy, były eksploatowane w sposób jak najbardziej efektywny.

W czasie eksploatacji transformatorów ważnym zagadnieniem jest ich bieżąca diagnostyka, której zasadniczym celem jest:

- wykrycie objawów sygnalizujących możliwość uszkodzenia,
- rejestracja ewolucji tych objawów.

Działania te pozwalają na podjęcie środków zaradczych w celu uniknięcia awarii ze wszystkimi jej konsekwencjami technicznymi i ekonomicznymi. Skutki ekonomiczne wiążą się przede wszystkim z naprawą lub wymianą uszkodzonej jednostki, a w przypadku elektrowni z utratą zysków z powodu braku produkcji.

Układy chłodzenia.

W transformatorach energetycznych o dużych mocach, koniecznością jest stosowanie zewnętrznych systemów chłodzenia. Najczęściej spotykane typy chłodziń to OF-AF, czyli układy z wymuszonym obiegiem oleju i wymuszonym przez wentylatory przepływem powietrza.

Do sterowania układami chłodzenia stosowane są układy mikroprocesorowe. Część firm dostarczających transformatory energetyczne posiada w swojej ofercie dedykowane sterowniki układów chłodzenia. Dla transformatorów bardziej elastycznym i dającym większe możliwości jest zastosowanie sterowników swobodnie programowalnych PLC.

W ostatnich latach wprowadzono szereg nowych rozwiązań chłodziń, których istotą jest zastosowanie rur monometalicznych obustronnie żebrowanych ze spiralnym skręceniem wewnętrznych żeber, rozwiązanie takie radykalnie intensyfikuje wymianę ciepła w chłodziarach powietrznych oleju transformatorowego.

Chłodzińce wykonane w oparciu o tego typu rury w porównaniu z rozwiązaniami klasycznymi o porównywalnych gabarytach, lecz wykonane z rur mosiężnych wykazują o 25% większą skuteczność schładzania. Ponadto poziom natężenia hałasu w nowych chłodziarach jest poniżej 60 dB [1].



Rys.1. Przykładowy transformator z zainstalowanymi chłodziaczami

W ostatniej dekadzie nastąpił duży postęp jakościowy w systemach sterowania układami chłodzenia. Zastosowania sterowników PLC, ze względu na ich elastyczność i budowę modułową umożliwia praktycznie nieograniczone możliwości konfigurowania systemu. W połączeniu ze stale rosnącymi możliwościami obliczeniowymi, wielkością dostępnej pamięci, sposobnością adaptacji różnorodnych protokołów komunikacyjnych pozwala uruchomić na tych sterownikach nie tylko algorytmy sterujące układami chłodzenia ale i algorytmy pozwalające diagnozować elementy szczególnie newralgiczne w pracy transformatorów. Obecnie na ważnych transformatorach instalowane są urządzenia pomiarowo diagnostyczne, w takim przypadku sterownik układu chłodzenia może być zintegrowany z urządzeniem pomiarowym. Rozwiązania takie są bardzo opłacalne pod względem ekonomicznym i dają większe możliwości pomiarowo – diagnostyczne.

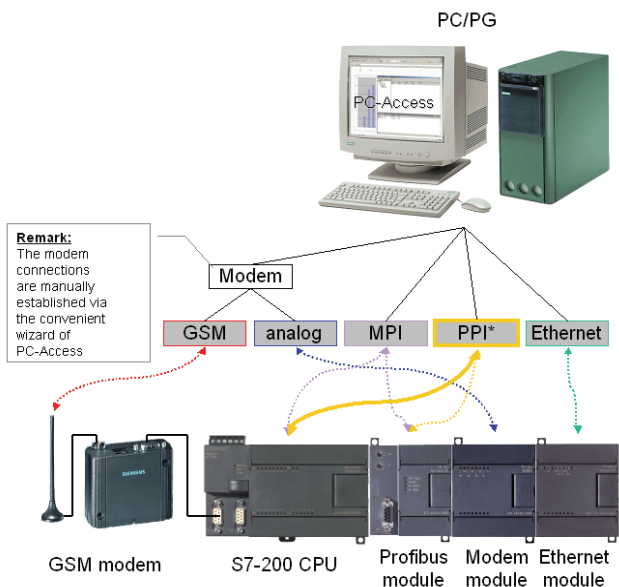
Przykładowe sterowniki stosowane w układach chłodzenia

Sterowniki układów chłodzenia wpinane są poprzez sieci komunikacyjne, Ethernet, Modbus, Profibus itp. do systemów SCADA bądź systemów monitoringu *on-line*. Dzięki takim rozwiązaniom służby eksploatacyjne mogą w pełni kontrolować pracę transformatorów.

Przykładem sterownika, który doskonale nadaje się do zastosowań w układach sterowania chłodziń transformatorowych jest S7-200 firmy Siemens. Sterownik ten jest powszechnie stosowany do automatyzacji niedużych obiektów, maszyn i urządzeń. Na bazie tych sterowników mogą być tworzone zdecentralizowane

struktury sterowania. Dzięki budowie modułowej, dużej różnorodności dostępnych jednostek centralnych i niemałej liczbie oferowanych modułów rozszerzeń można dowolnie konfigurować przytoczony sterownik.

Niektóre z możliwości komunikacyjnych S7-200 zobrazowano na rys.2. Przedstawiona aplikacja „PC-Access” jest narzędziem dostarczonym przez firmę Siemens, które umożliwia wymianę danych z wykorzystaniem mechanizmu OPC.



Rys.2. Możliwości komunikacyjnych S7-200 z wykorzystaniem technologii OPC.

W ostatnim czasie firma PPH Energo-Silesia prowadzi prace związane z adaptacją sterowników serii ET 200S. Priorytetem jest sterowanie układami chłodzenia transformatorów ale również ich monitoring.



Rys.3. Sterownik ET 200S IM-151-8 PN/DP.

Na szczególną uwagę zasługują model IM 151-8 CPU, pokazany na rys.3. Sterownik ten posiada zintegrowany switch Ethernetowy, który daje wsparcie dla protokołów komunikacyjnych opisanych normą IEC 60870. ET 200S w porównaniu z S7-200 posiada większą liczbę dostępnych modułów wejść – wyjść.

Obydwa przytoczone sterowniki pozwalają realizować wszystkie podstawowe wymagania stawiane układom sterowania chłodzenia oraz monitoringu niektórych elementów transformatorów.

Funkcje diagnostyczne możliwe do zaimplementowania w sterownikach układów chłodzenia.

Bazując na dostępnych sygnałach pomiarowych wykorzystywanych do sterowania układami chłodzenia sterowniki umożliwiają dostarczanie szeregu dodatkowych informacji pozwalających określić stan niektórych elementów transformatora. Sterowniki układów chłodzenia często są scalane, tworzą uzupełniające się wzajemnie połączenia z aparaturą ściśle diagnostyczną np. analizator Hydrocal 1003.

Układ chłodzenia jest tym urządzeniem, które zawsze musi się znajdować na transformatorze (szczególnie dużej mocy), a jednocześnie moc obliczeniowa stosowanych sterowników bardzo się zwiększyła w ostatnich latach. Dla części sygnałów sterowniki układów chłodzenia stanowią konwertery protokołów komunikacyjnych. Jest tak w przypadku analizatora rozpuszczonych gazów HYDROCAL 1003 firmy PAUWELS, urządzenie to jest wyposażone w protokół MODBUS, a istniejący w elektrowniach system SCADA obsługuje protokół Ethernet. Konwersję protokołu może przeprowadzić np. sterownik S7-200 firmy Siemens. W ten sposób do systemu wizualizacji SCADA trafiają wszystkie informacje o stanie transformatora pozwalające odpowiednio wcześniej wykryć rozwijające się zagrożenia i w konsekwencji podejmować stosowne decyzje.

Monitoring układu chłodzenia transformatora.

Jednym z elementów, który można monitorować i diagnozować jest sam układ chłodzenia transformatora.

Układ składa się z kilku pojedynczych chłodziń, w skład każdej z nich wchodzi: wymiennik ciepła, pompa obiegowa oleju, zespół wentylatorów (przeważnie trzy sztuki), czujniki temperatury na kolektorze wlotowym i wylotowym, czujnik przepływu oleju. System sterowania chłodzićmi oleju umożliwia kontrolę poprawności pracy poszczególnych elementów. Wykonywana jest również diagnoza układu chłodzenia jako całości.

Przykładowo kontrola pracy pompy oleju wraz z czujnikiem przepływu i odbywa się w następujący sposób:

- monitorowanie zabezpieczenia nadprądowego, jego zadziałanie jest bezzwłocznie sygnalizowane, pomimo faktu, że w danym momencie nie ma niebezpieczeństwa przegrzania transformatora,
- monitorowanie stycznika załączającego zarówno w trakcie załączenia i wyłączenia,
- monitorowanie stanu czujnika kontroli przepływu oleju,
- monitorowanie pompy oleju, aby można skontrolować wiarygodność wskazań czujnika oleju jak i sprawność stycznika załączającego pompę, cyklicznie (raz na dobę, w momencie zmiany wiodącej chłodzińcy) następuje wyłączenie pompy, w tym czasie system sterowania powinien otrzymać informację o braku przepływu.

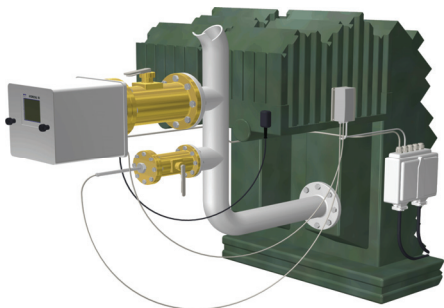
Monitoring i diagnostyka wentylatorów polega na załączaniu i wyłączaniu ich cyklicznie, przy tej okazji wykonywana jest kontrola elementów sterujących.

Porównując temperaturę przed i za chłodzińcą uzyskuje się informację o wydajności cieplnej chłodzińcy. Zbyt mały spadek temperatury przy pracującej pompie oleju i załączonych wentylatorach jest interpretowany, jako zabrudzenie wymiennika ciepła, generowany jest rozkaz podjęcia dalszych czynności kontrolno – sprawdzających i w konsekwencji przywrócenie stanu pełnej zdadności.

W procesie diagnozy poszczególnych chłodziń zabudowanych na transformatorze (często zabudowywana jest jedna chłodzińca nadmiarowo) ważną rolę odgrywa cykliczna zmiana tzw. chłodzińcy wiodącej. Umożliwia to równomierne zużywania się poszczególnych jednostek i jest doskonałą okazją do przeprowadzania wszystkich

niezbędnych testów (w trybie pracy automatycznej) elementów sterujących i pomiarowych.

Dobrym przykładem współpracy aparatury diagnostycznej z układem chłodzenia jest wspomniany analizator HYDROCAL 1003. Zalecany miejscem montażu analizatora jest kolektor powrotny (strona tłocząca pompy oleju) łączący chłodnicę oleju z kadzią transformatora. (Rys. 4)



Rys. 4. Zalecane miejsce montażu analizatora HYDROCAL 1003

Aby prawidłowo funkcjonowało omawiane urządzenie należy dostarczyć dodatkowych informacji (sygnałów), które wykorzystuje układ sterowania chłodnicami, bądź są przez niego wyliczane.

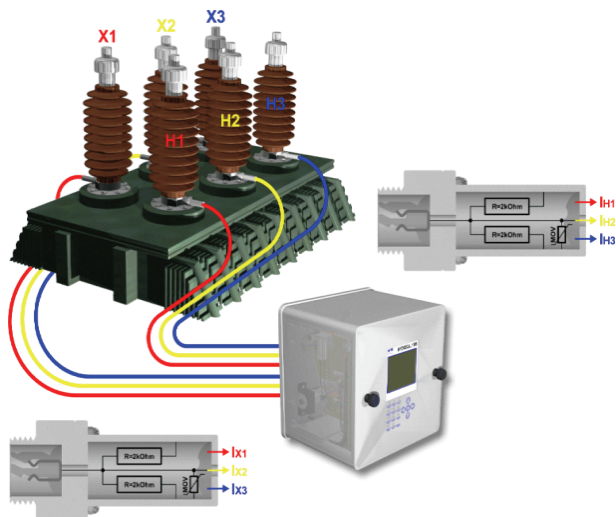
Do sygnałów tych zalicza się:

- temperatura oleju w górnej warstwie kadzi
- temperatura oleju w dolnej warstwie kadzi
- temperatura otoczenia,
- prąd obciążenia transformatora,
- pozycja przełącznika zacsepów (PPZ)

Na bazie tych sygnałów i wartości mierzonych analizator ten oblicza i udostępnia przez wyjścia analogowe, bądź przez protokół MODBUS następujące parametry:

- temperaturę uzwojeń,
- temperaturę najgorętszych punktów tzw. HOT-SPOT,
- przewidywany czas życia transformatora.

W ostatnim czasie analizatory HYDROCAL doposaża się w opcję pomiaru współczynnika $tg\delta$, obrazuje to rys. 5

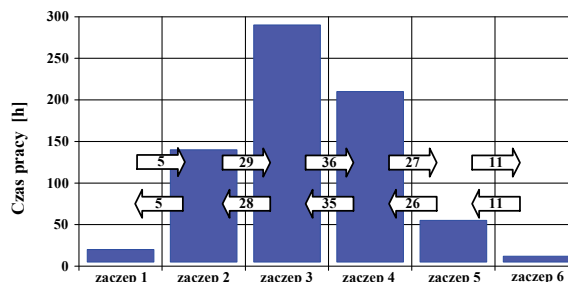


Rys. 5. Pomiar współczynnika $tg\delta$ przez analizator HYDROCAL

Monitoring przełącznika zacsepów (PPZ)

Ocena stanu PPZ jest jednym z podstawowych elementów diagnostyki stanu technicznego transformatora. Praktyka wskazuje, że największe problemy eksploatacyjne stwarza mechanizm napędu PPZ. Należy podkreślić, że

kompleksowa regeneracja PPZ daje gwarancję przedłużenia pracy o dalsze 10 do 15 lat transformatora. Standardowo PPZ „udostępnia” informację o swym położeniu w kodzie BCD. Sterownik układu chłodzenia umożliwia przesłanie tej informacji do systemów nadrzędnych. Sterownik układu chłodzenia znając aktualną pozycję PPZ jest w stanie wykonać pełną statystykę pracy przełącznika. Na podstawie liczby wykonanych cykli łączeniowych i innych informacji diagnostycznych można wnioskować o kondycji przełącznika. Przykładowy sposób prezentacji liczby łączy i czasu pracy na konkretnym zacsepie przedstawiono na Rys.6



Rys. 6. Przykładowy sposób prezentacji PPZ

Wnioski końcowe

W układach eksploatacyjnych transformatorów energetycznych dużej mocy mamy do dyspozycji znaczną liczbę sygnałów diagnostycznych analogowych oraz binarnych pochodzących z układów „zabezpieczeniowych”. Wszystkie te sygnały świadczą swoimi wartościami o stanie transformatora.

Aby nie przeciążać nadmiarem informacji operatorów w układach diagnostycznych powinny być formułowane adekwatne konkluzje.

Konkluzje te mogą być wynikiem pracy sterowników układów chłodzenia, wykorzystujące odpowiednie algorytmy umożliwiając w ten sposób kontrolę wartości poszczególnych sygnałów oraz korelacji między nimi.

W artykule zaprezentowano przykładowe możliwości w tym zakresie sterowników programowalnych PLC. W celu zwiększenia niezawodności takich rozwiązań można stosować układy redundantne. Producenci sterowników wprowadzają biblioteki programowe umożliwiające wykonanie komunikacji w standardzie przyjętym w energetyce.

Opisane rozwiązania są wprowadzane pilotażowo i nadal trwają prace nad optymalizacją algorytmów diagnostycznych. Powyższe prace prowadzone są przez PPH Energo-Silesia przy współpracy z ośrodkami naukowymi oraz użytkownikami transformatorów.

LITERATURA

- [1] Pasierb A., *Propozycja nowych rozwiązań w konstrukcji chłodnic oleju transformatoroweo*. Materiały konferencyjne Kazimierz Dolny 2006 : CIGRE.
- [2] Kaźmierski M., *Niektóre aspekty diagnostyki transformatorów w eksploatacji*. Łódź : CIGRE, 2006.
- [3] Skubis J., *Transformatory w eksploatacji*. Chorzów : Energo – Complex, 2007.

Autorzy: dr hab. inż. Lech Borowik prof. P.Cz., Politechnika Częstochowska, Instytut Telekomunikacji i Kompatybilności Elektromagnetycznej, Inż. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, Email: borowik@el.pcz.czest.pl ; mgr inż. Rajmund Włodarz, PPH Energo-Silesia, ul. Opolska 21b, 47-120 Zawadzkie, Email: r.wlodarz@energosislesia.pl ; mgr inż. Jacek Zajac, PPH Energo-Silesia, ul. Opolska 21b, 47-120 Zawadzkie, Email: j.zajac@energosislesia.pl