

Instytut Energetyki
Warszawa ul Mory 8
Tel.022/ 8368924
Fax 022/8368113

Urządzenie typu DOK-PP do pomiaru błędów przekładników prądowych w miejscu ich zainstalowania

Błędy przekładników prądowych w bardzo dużym stopniu zależą od wielkości i charakteru obciążenia obwodu wtórnego. Dla układów rozliczenia energii ma to istotne znaczenie. Dlatego badania laboratoryjne nie dostarczają informacji o rzeczywistych błędach tych przekładników. Brak jest natomiast urządzeń przenośnych przystosowanych do wykonania badań w miejscu zainstalowania przekładników. W energetyce pracuje bardzo wiele starych przekładników prądowych, są wątpliwości czy przekładniki te spełniają wymagania obecnie stosowanych norm. Dlatego w Instytucie Energetyki opracowano urządzenie do sprawdzania klasy przekładników w miejscu ich zainstalowania i w zakresie wymaganym przez obecnie obowiązującą normę.

1. Wstęp

Sposób badania przekładników jest podany w normie. Polega on na porównaniu prądu badanego przekładnika z prądem przekładnika wzorcowego. Podstawą oceny badanego przekładnika jest otrzymany prąd różnicowy. Laboratoria dokonujące legalizacji przekładników dysponują ciężkim stacjonarnym sprzętem, który nie nadaje się do zastosowania w terenie. Dlatego, wychodząc naprzeciw zapotrzebowaniu zbudowano urządzenie DOK-PP do pomiaru błędów przekładników pomiarowych w miejscu ich zainstalowania.

W celu zbudowania takiego urządzenia należało rozwiązać następujące zagadnienia:

- Wymuszanie prądu pierwotnego w zakresie do 1000A,
- wykonanie przekładnika wzorcowego z możliwością nastawienia żądanych przekładni,
- zrealizowanie pomiaru prądu różnicowego bez dodatkowego obciążania przekładnika badanego,
- opracowanie urządzenia dokonującego rozkładu błędu przekładnika na błąd prądowy i błąd kątowy, urządzenie to zastępuje mostek pomiarowy.

2. Wymuszanie prądu pierwotnego

Od kilku już lat Instytut Energetyki produkuje wymuszałniki prądów pierwotnych typu DOK o zakresach prądowych 600 A i 2400 A. W skład wymuszałnika wchodzi autotransformator i głowica będąca przekładnikiem prądowym. Główną nowością tego opracowania jest takie zoptymalizowanie obwodu magnetycznego i prądowego, które przy minimalnej wadze pozwoliło uzyskać maksymalne parametry. Na głowicy o wadze 12 kg uzyskano moc 4 kW i wydajność prądową 2400 A. Dzięki małej wadze głowicę wymuszałnika można było przystosować do zawieszania na badanym obiekcie. Rozwiązano w ten sposób problem długich przewodów prądowych, które zawsze uniemożliwiały

uzyskanie dużych prądów. Do badania przekładników pomiarowych nie ma potrzeby wymuszania tak dużych prądów.

Urządzenie jest dostosowane do badania przekładników o prądzie wtórnym 5 A i pierwotnym o wartościach:

5; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 500; 600 A

W związku z tym wybrano głowicę wumuszalnika o zakresie do 600 A z przewodami o długości po 3 m. Maksymalny dozwolony prąd wynosi 1000A. W celu stworzenia urządzenia w postaci walizki pomiarowej zrezygnowano z wykonania głowicy w formie przystosowanej do zawieszania.

Ze względu na dużą rozpiętość prądów pierwotnych badanych przekładników zastosowano w głowicy wumuszalnika dwa uzwojenia wtórne, pierwsze do 50 A i drugie do 600 A. Rys. 1. W każdym badaniu wykorzystuje się tylko jedno wybrane uzwojenie.

Pomiar wymuszanego prądu pierwotnego w obwodzie badanego przekładnika wykonano z wykorzystaniem dodatkowego przekładnika pomiarowego, rys. 1. W układzie pomiarowym zastosowano prostownik w celu dostosowania się do stałoprądowych wejść mierników, które są dokładniejsze od wejść zmiennoprądowych. Zastosowano przelicznik pomiarowy o wartości 1 A/1 mV DC. Pomiar jest dokonywany niezależnie czy korzystamy z uzwojenia 50 A, czy 500 A. Prąd mniejszy od 20A należy mierzyć bezpośrednio. W tym celu wykorzystuje się miernik nastawiony na odpowiedni zakres.

3. Przekładnik wzorcowy

Przekładnik wzorcowy wykonano z wysokiej klasy blachy permalojowej (stop żelaza z niklem). Niewielkie niezmiennie obciążenie obwodu wtórnego powoduje, że całkowity błąd przekładnika wzorcowego nie przekracza 0,1%. Pomimo to w układzie korekcji błędów wykonano kompensację tego błędu.

Przekładnik wzorcowy ma również dwa uzwojenia pierwotne, jedno o zakresie do 500 A drugie do 50 A. Uzwojenie 50A ma odczepy dostosowane do prądu: 5; 10; 15; 20; 30 i 50 A. Uzwojenia wtórne odpowiadające tym zakresom ma sześćdziesiąt zwojów. Uzwojenie wysoko prądowe ma odczepy 75; 100; 150 i 300A, korzysta się wtedy również z uzwojenia wtórnego, które ma 60 zwojów. Przekładnik 200/5A odwzorowany zostaje poprzez wykorzystanie dwóch zwojów uzwojenia pierwotnego (to samo uzwojenie co do przekładnika 150A) i osiemdziesięciu zwojów uzwojenia wtórnego. Przekładnik 500/5 odwzorowany zostaje poprzez wykorzystanie jednego zwoju z uzwojenia pierwotnego (to samo uzwojenie co dla prądu 300A) i stu zwojów uzwojenia wtórnego. Możliwe jest również odwzorowanie przekładnika 800/5A.

Włączenie mierników lub innych obciążeń w obwód wtórny przekładnika wzorcowego zmienia jego klasę. Nie należy tego robić w trakcie prowadzonych badań.

4. Układ pomiaru różnicy prądów

Właściwości układu:

- reaktancja układu wynosi ok. $0,01\Omega$, dzięki temu układ w minimalnym stopniu obciąża badany przekładnik,
- rozdzielczość układu pomiarowego wynosi 0,1A, prąd różnicowy o wartości 0,5 mA jest wyraźnie widziany przez układ pomiarowy na tle szumów.

Stosowanie boczników prądowych nie dawało oczekiwanych wyników. Dlatego do pomiaru różnicy prądów zastosowano przekładnik pomiarowy z materiałów nanokrystalicznych. Materiały tego typu swoimi własnościami prawie dziesięciokrotnie przewyższają permaloj. Dzięki temu uzyskano układ pomiarowy o rezystancji około $0,01\Omega$ i przekładni 1 mA/1 mV, co przy rozdzielczości miernika 0,1 mV spełnia oczekiwania.

Pomiar prądu jest liniowy do 900mA, powyżej rdzeń pomiarowy nasycy się i powstają znaczne błędy.

Układ pomiaru różnicy prądów wykonany jest w postaci sondy wyposażonej w przewód o długości ok. 3m. Z sondy wychodzą dwa krótkie przewody przeznaczone do szeregowego włączenia w obwód badanego przekładnika. Dzięki takiej konstrukcji prąd badany nie musi płynąć do urządzenia, jego obwód zamyka się jedynie poprzez sondę. Do sondy dopływa natomiast prąd wzorcowy, a porównanie prądów następuje w sondzie. Początki uzwojeń pierwotnych urządzenia przeznaczone do łączenia z zaciskiem P1 przekładnika, oznaczono P1. Koniec sondy przeznaczony do połączenia z początkiem S1 uzwojenia wtórnego badanego przekładnika oznaczono czerwonym wtykiem bananowym.

5. Układ analizy błędów

Analiza błędów badanego przekładnika polega na tym, że do prądu różnicowego dodawane są prądy korekcyjne, jeden o kierunku zgodnym do prądu wzorcowego, a drugi o kierunku prostopadłym. Celem jest wyzerowanie prądu różnicowego. Jeśli zostaje to osiągnięte odczytuje się prądy korekcyjne. Prąd zgodny z kierunkiem prądu wzorcowego jest równy błędowi prądowemu, a prąd prostopadły do prądu wzorcowego jest równy błędowi kątowemu. Pozostająca część błędu, która nie daje się wyzerować zawiera w przeważającej części harmoniczne. Układ wyskalowany jest w procentach dla błędu prądowego i w minutach dla błędu kąтового.

Układ analizy błędów zbudowany jest z precyzyjnego zadajnika sygnału z dokładną podziałką i wzmacniacza wtórnika. Zadaniem wtórnika jest precyzyjne wytwarzanie prądu proporcjonalnie do sygnału zadanego. Wartość sygnału zadanego jest odczytywana jako szukany błąd prądowy i kątowy. Zakres podziałki do kompensacji błędu prądowego wynosi 5% z rozdzielczością 0.05%, a do błędu kąтового wynosi 200min z rozdzielczością 2min. Nasycenie się wzmacniacza, świadczące o wyłączeniu układu lub przerwaniu obwodu wzmacniacza, sygnalizowane jest paleniem się jednej lub dwóch czerwonych diod.

Typowy przekładnik obciążony odbiornikami o charakterze indukcyjno-rezystancyjnym, w którym nie zastosowano żadnych układów korekcyjnych, ma ujemny błąd prądowy i dodatni błąd kątowy. W wyniku stosowania w przekładniku zwojów korekcyjnych błąd prądowy może być dodatni. Błąd kątowy może zmienić się na ujemny tylko w wyniku obciążenia pojemnościowego, typowe obwody prądowe są obciążeniem indukcyjnym.

6. Mierniki

Do prawidłowego funkcjonowania urządzenia potrzebne są dwa mierniki, miernik prądu pierwotnego i miernik różnicy prądów. Zadaniem jednego miernika jest umożliwienie ustawienia prądu na poziomie wymaganym normą, od 0,05 do 1,2 In. Nie wymagamy tu wysokiej klasy. Zadaniem drugiego miernika jest wskazywanie zera, czyli pełnienie roli galwanometru. W obu wypadkach zastosowano uniwersalne proste mierniki, które mierzą wartość średnią i tracą zdolność pomiarową w miarę wzrostu częstotliwości. Jest to ich zaletą, bo mierniki posiadające pomiar wartości skutecznej i przystosowane do pomiaru szerokiego pasma częstotliwości niepotrzebnie mierzą szумы, które zawsze występują w procesie zerowania prądu.

7. Testy

Podstawą dobrego funkcjonowania całego urządzenia jest przekładnik wzorcowy. Łatwo możemy go sprawdzić. Przekładnik został zaprojektowany tak, że przy obciążeniu znamionowym pracuje na poziomie napięcia zwojowego równym U_p , co odpowiada jednej trzeciej napięcia kolanowego. Napięcie kolanowe wynosi około 35 mV na zwój.

Łatwy jest pomiar błędu przekładnika. Najpierw mierzymy napięcia U_p przy znamionowym obciążeniu przekładnika, (można wymuszać znamionowy prąd tylko w przekładniku wzorcowym, bo prąd wtórny zamknie się poprzez niezrównoważony układ pomiaru różnicy prądów, jego nasycenie nie ma tu żadnego znaczenia) mierzy się napięcie na nie obciążonych zwojach i dzieli odczytaną wartość przez liczbę zwojów. Jeśli następnie wymusimy w przekładniku wzorcowym prąd, przy otwartym obwodzie wtórnym, to prąd potrzebnemu do uzyskania napięcia U_p jest błędem całkowitym przekładnika. Prąd najlepiej wymuszać poprzez jeden zwój przekładnika. Odczytana wartość prądu jest błędem wskazowym, błąd procentowy obliczamy w odniesieniu do prądu znamionowego, w tym przypadku do 300A.

Błąd przekładnika wzorcowego jest mniejszy od 0,1%, możemy to sprawdzić również drugą metodą. Wybieramy odczepy przekładnika wzorcowego odpowiadające przekładni 5/5 A, i prąd pierwotny porównamy w układzie różnicowym z prądem wtórnym, to znaczy prąd pierwotny przekładnika wzorcowego przepuszczamy przez sondę pomiarową. Układ korekcji powinien być wtedy wyłączony, wyłącznik wzmacniacza „W” otwarty. Pomierzony prąd różnicowy ΔI jest błędem przekładnika wzorcowego. Po włączeniu wzmacniacza przełącznikiem „W” załączony zostaje układ korekcji błędów. Jeśli nastawniki do korekcji błędów nastawione są na zero, to prąd różnicowy powinien zmaleć, ponieważ jest zastosowana fabrycznie kompensacja błędu przekładnika wzorcowego.

Wyłącznik W całkowicie odstawia wzmacniacz, układ pomiaru różnicy prądów wskazuje wtedy tylko bezwzględną wartość błędu wskazowego badanego przekładnika.

Sprawdzeniu można poddać również układ korekcji błędów. Podstawowe uzwojenie wtórne przekładnika pomiarowego ma znamionowo 60 zwojów. Do celów pomiarowych można dodać jeden zwój pożyczony z uzwojenia pierwotnego 500A. Powstaje wtedy błąd amplitudowy wynikający z przekładni zwojowej równy 1,64%. Kontynuując próbę porównujemy prąd pierwotny 5 A z prądem wtórnym przy przekładni 5/5A i kompensujemy błąd wynikający z dodania jednego zwoju, wyłącznik W ma być wtedy zamknięty. Sprawdzamy czy wskazanie układu korekcji błędu wynosi 1,65 %. (rozdzielczość układu kompensacji wynosi 0,05%)

Do kompensacji przesunięcia fazowego wykorzystywany jest ten sam wzmacniacz, w związku z tym uznajemy, że układ kompensacji błędu kąтового został również sprawdzony.

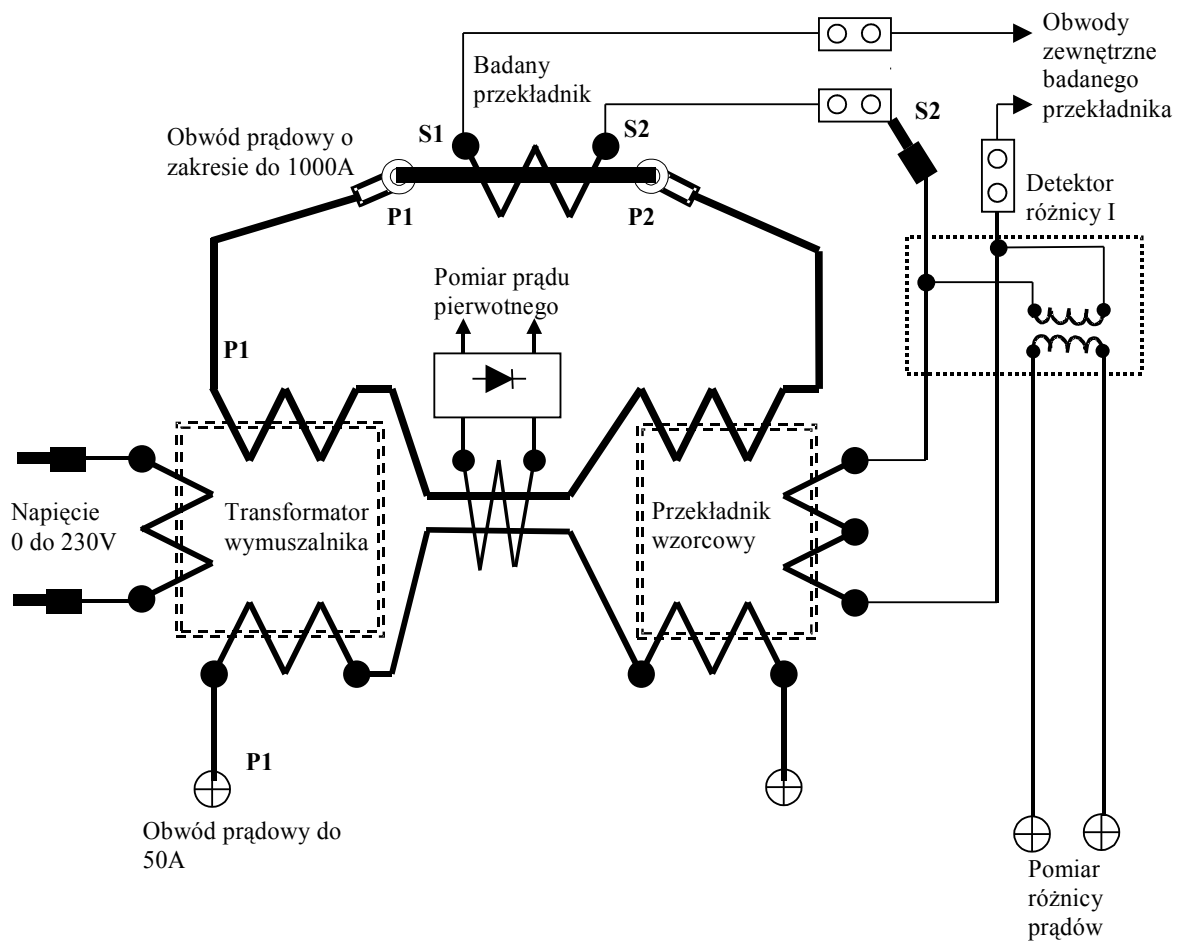
Zadaniem opisanego urządzenia nie jest nadawanie klasy przekładnikom prądowym, a jedynie ocena istniejących w eksploatacji przekładników w celu powzięcia decyzji o dalszym ich eksploataowaniu lub o wymianie. Dlatego nie podjęliśmy działań idących w kierunku legalizacji urządzenia.

8. Podsumowanie

Według naszego rozeznania nie ma na rynku krajowym innego urządzenia o niskiej cenie i w wykonaniu przenośnym do badania błędów przekładników prądowych. Nie znamy również zapotrzebowania na takie urządzenie. Jeśli urządzenie to spotka się z zainteresowaniem odbiorców -to możliwe jest zrealizowanie automatycznej wersji urządzenia z komputerowym wydrukiem certyfikatów z badań.

9. Literatura

1. Cichoń H.; Zasady doboru wewnętrznych przekładników. Wydawnictwo HAC.



Rys. 1. Schemat blokowy urządzenia DOK-PP do sprawdzania klasy przekładników prądowych w miejscu ich zainstalowania