

Opublikowano dnia 15 października 1955 r.



G-01 r 35/02

POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 37159

Kl. 21 e, 27/01

Skodowy zavody Brno, národní podnik
Brno, Czechosłowacja

21e 35/02

Urządzenie do kompensacji uchybów pomiarowego transformatora napięciowego i do zwiększenia jego mocy w danej klasie dokładności

Udzielono patentu z mocą od dnia 9 sierpnia 1950 r.

Pierwszeństwo: 11 sierpnia 1949 r. (Czechosłowacja)

Uchyby przekładni i kąta przesunięcia fazowego występują w pomiarowym transformatorze napięciowym jak wiadomo, w wyniku sumy spadków napięć, a mianowicie:

1) Spadku napięcia, który zależy od napięcia pierwotnego, a który jest prawie niezależny od wielkości obciążenia i jest powodowany przepływem prądu magnesującego przez opór uzwojenia pierwotnego oraz niedokładnym sprzężeniem uzwojenia pierwotnego z uzwojeniem wtórnym (tę składową spadku napięcia można ustalić na drodze pomiaru uchybów transformatora bez obciążenia, tj. w przypadku jego pracy jałowej).

2) Zmiennego spadku napięcia, zależnego od wielkości włączonego obciążenia i powodowanego oporem i reaktancją rozproszenia uzwojenia zarówno pierwotnego, jak i wtórnego.

Jak wiadomo, składową uchybu przekładni zależną od napięcia pierwotnego można wyrównać przez korekcję liczby zwojów, a zmienny

spadek napięcia, zależny od wielkości obciążenia, można do pewnego stopnia zmniejszyć przez skompensowanie reaktancji rozproszenia za pomocą włączenia pojemności szeregowej do wtórnego obwodu transformatora.

W celu uzyskania większej mocy pomiarowego transformatora napięciowego w danej klasie dokładności, duże znaczenie posiada możliwość odpowiedniego nastawiania również składowej uchybu kąta przesunięcia fazowego, zależnej od napięcia pierwotnego.

Uskuteczniانو to dotychczas w ten sposób, że do uzwojenia wtórnego przyłączano dostatecznie duże obciążenie omowe, co powodowało zmniejszenie uchybu kąta przesunięcia fazowego. Sposób ten jest jednak nieekonomiczny, ponadto w niektórych typach pomiarowych transformatorów napięciowych o dużym prądzie magnesującym w ogóle nie można było uzyskać w ten sposób odpowiedniej korekcji uchybu kąta przesunięcia fazowego.

Ekonomiczną kompensację obu składowych uchybów, zależnych zarówno od wielkości napięcia, jak i od wielkości obciążenia, można osiągnąć w myśl wynalazku przez zastosowanie znanej korekcji liczby zwojów za pośrednictwem obwodu kompensacyjnego.

Na rysunku uwidoczniono przykłady układów urządzenia według wynalazku, przy czym fig. 1, 2 i 3 przedstawiają schematy trzech odmian takich układów. Fig. 4 przedstawia wykres wektorowy nieskompensowanego transformatora napięciowego, a fig. 5 — wykres wektorowy transformatora skompensowanego.

Układ połączeń w przypadku dwóch zasadniczych alternatyw przedstawiono na fig. 1 i 2.

Na fig. 1 uzwojenie pierwotne 2 pomiarowego transformatora napięciowego 1 jest przyłączone do zacisków M, N . Uzwojenie wtórne 3 jest przyłączone do zacisków m, n poprzez uzwojenie pierwotne 6 transformatora pomocniczego 5, podwyższającego napięcie dla kondensatora kompensacyjnego 9, służącego do wyrównywania reaktancji rozproszenia. Kondensator 9 jest przyłączony do uzwojenia wtórnego 7 transformatora pomocniczego 5. Przekładnia uzwojeń 6 i 7 winna wynosić w przybliżeniu od 1:20 do 1:50, a to w celu utrzymania wielkości pojemności kondensatora 9 w granicach opłacalności. Transformator pomocniczy 5 w rozwiązaniu według fig. 1 jest zaopatrzony w trzecie uzwojenie 8, przyłączone poprzez opornik 10 do zacisków uzwojenia wtórnego pomiarowego transformatora napięciowego, wskutek czego uzwojenie 8 jest zasilane prądem wyrównawczym. Dzięki odpowiedniemu przełączeniu końcówek uzwojenia 8 można uzyskać dodatnie lub ujemne przesunięcie fazowe.

W rozwiązaniu uwidocznionym na fig. 2, uzyskuje się odpowiednie przesunięcie fazowe przez zasilanie uzwojenia pierwotnego 6 transformatora pomocniczego 5 prądem wyrównawczym, pochodzącym z pomocniczego trzeciego uzwojenia 4 pomiarowego transformatora napięciowego. Dodatnie lub ujemne przesunięcie fazowe osiąga się przez odpowiednie przyłączenie uzwojenia 4 do pomiarowego transformatora napięciowego.

W celu uniknięcia konieczności stosowania trzeciego uzwojenia zarówno na transformatorze pomocniczym 5, jak i na pomiarowym transformatorze napięciowym 1 zaopatruje się uzwojenie 7, przyłączone do kondensatora kompensacyjnego 9, w odprowadzenie, przy czym jedną część uzwojenia 7, zasilaną z uzwojenia wtórnego 3 pomiarowego transformatora napięciowego 1 poprzez opornik 10, jak to uwidoczniło w schemacie według fig. 3. W ten sposób

można również uzyskać odpowiednie nastawienie zależnej od napięcia składowej uchybu kąta przesunięcia fazowego.

Wielkość prądu wyrównawczego można nastawiać za pomocą opornika 10. Odpowiednią kompensację reaktancji rozproszenia przy stałej pojemności kondensatora 9 nastawia się przez zmianę przekładni uzwojeń 6 i 7 transformatora pomocniczego 5, przy czym transformator 5 winien wykazywać mały prąd magnesujący, małe straty rdzeniowe i małą reaktancję rozproszenia. Wskutek tego zaleca się stosowanie transformatora, którego rdzeń pierścieniowy jest wykonany ze stopu o dużej przenikalności magnetycznej (np. z hypermu, Mu-metalu, permalloyu itp.) i jest zaopatrzony w uzwojenia, rozłożone równomiernie na całym obwodzie.

Działanie urządzenia kompensacyjnego wyjaśniają wykresy wektorowe, przedstawione na fig. 4 i 5. Wykres wektorowy na fig. 4 dotyczy nieskompensowanego transformatora napięciowego. Ponieważ uchyby przekładni i uchyby kąta przesunięcia fazowego w transformatorze pomiarowym są małe, można wektory napięcia pierwotnego i napięcia wtórnego przyjąć jako równoległe.

Jeżeli punkt wierzchołkowy wektora napięcia wtórnego U_2 znajduje się w punkcie O prostokątnego układu współrzędnych, przy czym na osi odciętych nanosi się spadek napięcia, powodujący uchyb kąta przesunięcia fazowego, a na osi rzędnych — spadek napięcia, powodujący uchyb przekładni, wówczas w danym prostokątnym układzie współrzędnych, można wykreślić granice dopuszczalnego uchybu przekładni i uchybu kąta przesunięcia fazowego w danej klasie dokładności. Granice te są określone przez największy dopuszczalny uchyb przekładni $\pm f_1$ i przez największy dopuszczalny uchyb kąta przesunięcia fazowego $\pm \delta_1$, w związku z czym otrzymuje się pole dopuszczalnych uchybów, wyznaczone prostokątem o wierzchołkach R, S, T, U .

Spadki napięć, powodujące uchyb przekładni i uchyb kąta przesunięcia fazowego, są na wykresie wektorowym wyrażone w procentach napięcia pierwotnego pomiarowego transformatora napięciowego.

Na fig. 4 $U_1 B_1$ oznacza wektor napięcia pierwotnego transformatora napięciowego, obciążonego mocą 15 VA, symbol $U_1 B_2$ — wektor napięcia pierwotnego transformatora napięciowego obciążonego mocą 80 VA, a symbol $U_1 B_3$ oznacza odpowiadający wektor przy obciążeniu transformatora mocą 200 VA. Współczynnik mocy $\cos \beta$ obu obciążeń wynosi 0,9. Symbolem I_2 oznaczo-

do wektor prądu wtórnego. Punkt wierzchołkowy wektora U_1B_1 znajduje się w punkcie A, posiadającym współrzędne fB_1 i δB_1 określające uchyb przekładni i uchyb kąta przesunięcia fazowego transformatora napięciowego. Punkt wierzchołkowy wektora U_1B_2 znajduje się w punkcie C, którego współrzędne są fB_2 i δB_2 itd.

Jeśli nad odcinkiem AC zostanie zbudowany trójkąt prostokątny, którego przyprostokątna AB jest równoległa do wektora prądu wtórnego I_2 obciążonego transformatora napięciowego a przyprostokątna BC jest prostopadła do wektora I_2 , wówczas odcinek AB oznacza zmianę spadku napięcia na całkowitym oporze uzwojenia pierwotnego i wtórnego, a odcinek BC — zmianę spadku napięcia na reaktancji rozproszenia obu uzwojeń pomiarowego transformatora napięciowego przy zmianie obciążenia z 15 VA na 80 VA. Te zmiany spadku napięcia oznaczono na wykresach za pomocą symboli Δf i $\Delta \delta$

Jeżeli transformator jest obciążony stopniowo przy stałym napięciu pierwotnym i przy stałym współczynniku mocy $\cos \beta = 0,8$ zmienną mocą, wówczas punkt wierzchołkowy wektora napięcia pierwotnego U_1B_1 przesuwa się po prostej, przechodzącej przez punkty A i C. Jeśli teraz transformator obciążyć mocą 120 VA, wówczas punkt wierzchołkowy wektora U_1B_1 przesuwa się do punktu D, który znajduje się jednak już poza granicą dopuszczalnych uchybów danej klasy dokładności, np. klasy 0,5%. O ile transformator ma sprostać wymaganiom, stawianym w danej klasie dokładności, wówczas powstaje konieczność przeprowadzenia odpowiedniej korekcji liczby zwojów dzięki której następuje zmiana uchybu przekładni, przy czym punkt D przesuwa się do punktu F, a punkt A — do punktu E. Wówczas punkty wierzchołkowe wektorów napięcia pierwotnego przy obciążeniu mocą 15 VA i 120 VA mieszczą się w polu uchybów dopuszczalnych w danej klasie dokładności. Można więc za pomocą korekcji liczby zwojów podwyższyć do pewnego stopnia moc pomiarowego transformatora napięciowego w danej klasie dokładności, co jest zresztą powszechnie znane.

Dalsze zwiększenie mocy pomiarowego transformatora napięciowego w danej klasie dokładności można uzyskać przez kompensację reaktancji rozproszenia i przez odpowiednie nastawienie zależnych od napięcia składowych uchybu przekładni i uchybu kąta przesunięcia fazowego.

Przez kompensację reaktancji rozproszenia osiąga się zmniejszenie odnośnego spadku napięcia, przedstawionego na fig. 4 za pomocą od-

cinka BC. Przy całkowitej kompensacji reaktancji rozproszenia punkt wierzchołkowy wektora napięcia pierwotnego przy zmiennym obciążeniu lecz stałym współczynniku mocy obciążenia i stałym napięciu pierwotnym przesuwałby się po prostej AB. Kompensację reaktancji rozproszenia uzyskuje się w znany sposób przez włączenie kondensatora szeregowego do wtórnego obwodu pomiarowego transformatora napięciowego. Nastawienie zależnej od napięcia składowej uchybu przekładni skutecznia się w transformatorze pomiarowym przez znaną korekcję liczby zwojów. Nastawienie odpowiedniej składowej uchybu kąta przesunięcia fazowego zależnej od napięcia osiąga się najkorzystniej za pomocą kompensacyjnego układu połączeń, przedstawionego na fig. 1, 2 i 3.

Fig. 5 przedstawia wykres wektorowy skompensowanego transformatora, podczas gdy wykres wektorowy bez kompensacji jest uwidoczniiony na fig. 4. Na fig. 5 położenie wektorów pierwotnych transformatora nieskompensowanego oznaczono w punktach A, C, D liniami kreskowanymi. Jeżeli nastawienie korekcji zwojowej i przekładniowej na transformatorze pomocniczym 5 i na oporniku 10 zostało dokonane na drodze kompensacji według układu połączeń, przedstawionego na fig. 1, 2 i 3, wówczas punkt A przesuwa się do punktu G, zaś punkt wierzchołkowy wektora napięcia pierwotnego porusza się przy zmiennym obciążeniu lecz stałym współczynniku mocy $\cos \beta = 0,8$ i stałym napięciu pierwotnym wzdłuż prostej, wyznaczonej punktami G, H, K. W punkcie G leży punkt wierzchołkowy wektora pierwotnego dla mocy 15 VA, w punkcie B — dla mocy 120 VA a w punkcie K — dla mocy 200 VA.

Na fig. 6 i 7 przedstawiona jest zależność krzywej uchybu przekładniowego i uchybu fazowego od napięcia pierwotnego. Dla pary różnych obciążeń krzywe uchybów przebiegają jako krzywe równoległe. Na wykresie według fig. 7 uchyby fazowe są wyrażone w minutach. W celu wykonania wykresów wektorowych według fig. 4 i 5 jest rzeczą konieczną uchyb fazowy δ wyrazić w procentach napięcia pierwotnego. Metoda przeliczania jest ogólnie znana. Z fig. 6 i 7 wynika, że przy stałym obciążeniu uchyb przekładniowy i uchyb fazowy zmienia się w zakresie spadków napięć, przepisanych normami, przy czym uchyb przekładniowy o Δf a uchyb fazowy $\Delta \delta$. Z fig. 6 i 7 wynika ponadto, że przy określonym napięciu pierwotnym punkty krzywych uchybu, dla dwóch różnych obciążeń są od siebie oddalone o Δf w przypadku uchybu przekładniowego i o $\Delta \delta$ w przypadku uchybu fa-

zowego, przy czym odległości te odpowiadają zmianom uchybów przy określonej zmianie obciążenia.

Przy nastawianiu kompensacji winna być brana pod uwagę zależność uchybów od napięcia. W celu optymalnego wykorzystania danego transformatora pomiarowego, kompensacja przy indukcyjnym obciążeniu o $\cos \beta = 0,8$ jest tak przeprowadzona, iż zmiana uchybów $\Delta'f$ lub $\Delta'\delta$ odpowiada przy określonej zmianie zakresu obciążenia dla danej klasy dokładności następującym wzorom:

$$\begin{aligned}\Delta'f &= -2f_1 + \Delta_1f \\ \Delta'\delta &= 2\delta_1 - \Delta_1\delta\end{aligned}$$

Uchyb przekładniowy przy obciążeniu minimalnym dla danego zakresu obciążeń i przy najniższym napięciu nastawia się za pomocą urządzenia kompensacyjnego według wynalazku na wartość $+f_1$ natomiast uchyb fazowy przy tym samym obciążeniu i najniższym napięciu — na wartość $-\delta_1$.

Na fig. 6 liczbami I i II oznaczone są krzywe uchybu przekładniowego nieskompensowanego transformatora przy obciążeniach 15 VA i 120 VA, liczbami zaś III i IV' — odnośne krzywe dla tego samego transformatora, zaopatrzonego w urządzenie kompensacyjne według wynalazku przy obciążeniach 15 VA 200 VA.

Na fig. 7 liczbami I i II oznaczone krzywe uchybu fazowego nieskompensowanego transformatora przy obciążeniach 15 VA i 120 VA, liczbami zaś III i IV krzywe uchybu fazowego tego samego transformatora skompensowanego zgodnie z wynalazkiem przy obciążeniach 15 VA i 200 VA.

Z opisanego sposobu kompensacji wynika, że w danej klasie dokładności można uzyskać w myśl wynalazku znaczne zwiększenie mocy, dzięki czemu dany transformator pomiarowy może być w pełni wykorzystany.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do kompensacji uchybów pomiarowego transformatora napięciowego, w którym do kompensowania wpływu reaktancji rozproszenia we wtórnym obwodzie zastosowany jest kondensator szeregowy, przyłączony poprzez transformator pomocniczy, znamienne tym, że którekolwiek z uzwojeń transformatora pomocniczego (5) jest przyłączone poprzez opornik omowy (10) do źródła prądu zmiennego, posiadającego tę samą częstotliwość i napięcie w przybliżeniu o tym samym przesunięciu fazowym co napięcie uzwojenia wtórnego kompensowanego transformatora

pomiarowego, wskutek czego na uzwojeniu (6) transformatora pomocniczego (5), włączonego do wtórnego obwodu transformatora pomiarowego powstaje napięcie, służące do nastawiania uchybu fazowego transformatora pomiarowego.

2. Urządzenie według zastrz. 1, znamienne tym, że na transformatorze pomocniczym (5) umieszczone jest trzecie uzwojenie (8), zasilane poprzez opornik (10) z uzwojenia wtórnego transformatora pomiarowego.
3. Urządzenie według zastrz. 1, znamienne tym, że uzwojenie pierwotne (6) transformatora pomocniczego (5) jest zasilane przez opornik omowy (10) z trzeciego uzwojenia (4) transformatora pomiarowego.
4. Urządzenie według zastrz. 1, znamienne tym, że w celu właściwego nastawienia uchybu fazowego część uzwojenia wtórnego (7) transformatora pomocniczego (5), przyłączonego do kompensacyjnego kondensatora (9) jest zasilana poprzez opornik omowy (10) z uzwojenia wtórnego (3) transformatora pomiarowego, przy czym liczba zwojów w zasilanej części uzwojenia (7) jest nastawiana za pomocą odpowiedniego odprowadzenia zaczepowego.
5. Urządzenie według zastrz. 1—3, znamienne tym, że posiada narządy do dokonywania na uzwojeniu transformatora pomiarowego tego rodzaju znanej korekcji liczby zwojów i do nastawiania poszczególnych elementów urządzenia kompensacyjnego dla najmniejszego obciążenia w danym zakresie obciążeń i przy najmniejszym napięciu, przy którym uchyb przekładniowy winien zawierać się w granicach $\pm f_1$, a uchyb fazowy — w granicach $\pm \delta_1$ w ten sposób, iż uchyb przekładniowy $f = f_1$ a uchyb fazowy $\delta = \delta_1$ przy czym kompensacja reaktancji rozproszenia jest za pomocą kondensatora szeregowego w połączeniu z transformatorem pomocniczym (5) nastawiona we wtórnym obwodzie transformatora pomiarowego tak, iż w określonym zakresie obciążeń w danej klasie dokładności zmiana uchybu przekładniowego przy stałym napięciu wynosi $\Delta'f = -2f_1 + \Delta_1f$, zmiana zaś uchybu fazowego wynosi $\Delta'\delta = 2\delta_1 - \Delta_1\delta$, gdzie wyrażenie Δ_1f lub $\Delta_1\delta$ oznacza zmianę uchybu przekładniowego lub uchybu fazowego przy stałym obciążeniu i przy zmianie napięcia w zakresie określonym normą.

Skodovy zavody Brno

národní podnik

Zastępca: Kolegium Rzeczników Patentowych



