

15 października 1929 r.

URZĄD PATENTOWY



H02h 7104

RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ OPIS PATENTOWY

Nr 10554.

Kl. 21 c 68.

Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.
(Baden, Szwajcaria).

**Urządzenie do selektywnej ochrony transformatora wysokiego napięcia
w razie powstania w nim niedokładności.**

Zgłoszono 23 sierpnia 1927 r.

Udzielono 28 maja 1929 r.

Pierwszeństwo: 8 września 1926 r. (Niemcy).

Znane są urządzenia do selektywnej ochrony transformatorów wysokiego napięcia, które zaczynają działać w chwili powstania pewnego zaburzenia wewnątrz transformatora, jednak urządzenia te posiadają strony ujemne, stanowiące przeszkodę ku ich rozpowszechnieniu. Tak np. w znanym różnicowym urządzeniu ochronnym transformatorów różnica między energią dopływającą do transformatora a energią z niego pobieraną mierzy się przez porównanie prądu powrotnie dopływającego z prądem wtórnie odpływającym przy pomocy dodanych z obydwu stron transformatorów prądowych. Jeśli pominąć naturalne straty wewnątrz transformatora, to prądy te mu-

szą być sobie równe, o ile odnosi się je (pierwotnie czy wtórnie) do tych samych ilości zwojów. Skoro jednak w transformatorze powstanie niedokładność, wytwarzająca wewnątrz transformatora obwód lokalny, to wzmiankowane porównanie wykaże prąd różnicowy, który można zużytkować do uruchomienia urządzenia ochronnego. Ta tak zwana ochrona różnicowa ma jednak tę wadę, że wymaga pewnej ilości transformatorów prądowych, wielu przewodów łącznikowych i t. d. i dzięki temu zmniejsza prostotę i przejrzystość zarówno łączenia jak i instalacji.

Inny sposób ochrony wyzyskuje zmiany, zachodzące w oleju pod wpływem zabu-

rzeń w transformatorze spoczywającym w skrzynce olejowej, w ten mianowicie sposób, że skutkiem rozprężenia lokalnego w oleju powstają pęcherzyki gazu, które wypierają olej i wywołują uderzenia. Wszelkie związane z tem zjawiska, wyłączając ewentualnie transformator z sieci, można przytem zużytkować do uruchomienia urządzenia kontaktowego. Urządzenia, reagujące na zmiany mechaniczne w oleju, wykazują jednak w praktyce również znaczne wady, wobec czego w wielu przypadkach trzeba się ich wyrzekać. Przedewszystkiem ochrona tego rodzaju wymaga zamkniętej budowy skrzynki z olejem, a zarazem dokładnego uszczelnienia jej oraz osobnego rozszerzalnika dla oleju. Konstrukcja ta podnosi jednak znacznie cenę transformatora, a poza tem wynikają jeszcze okoliczności niekorzystne dla samego ruchu. Jeżeli bowiem nastawi się urządzenie na działanie powstających baniek gazowych, to w przypadku poważnego zaburzenia nie działa ono z dostateczną szybkością. Z drugiej strony tworzenie się baniek gazowych może wystąpić również jako skutek przypadkowych okoliczności, np. nieszkodliwych statycznych wyładowań pomiędzy częściami armatury lub rozpuszczania się resztek powietrza w oleju, wobec czego urządzenie zaczyna często niepotrzebnie działać i bez wystarczającej przyczyny wymaga kłopotliwej rewizji transformatora, połączonej z przerwami prądu. Przerwy podobne odbierają urządzeniu ochronnemu wszelką wartość gospodarczą. Jeżeli jednak do uruchomienia urządzenia ochronnego zużytkuje się ciśnienia, powstające podczas zaburzenia w naczyniu z olejem, to w takim razie transformator wprawdzie szybko zostanie wyłączony, ale to samo zajdzie również wówczas, gdy krótkie zwarcie w sieci zamknie się poprzez transformator, a więc kiedy w transformatorze niema żadnego zaburzenia. I w tym przeto przypadku należy obawiać się niepotrzebnych przerw w dostarczaniu

prądu. Znane to urządzenie nie zadowala zatem wymagań praktyki, ponieważ działa częściowo zbyt powoli, częściowo za mało selektywnie w stosunku do przyczyn zaburzenia.

W przeciwieństwie do obu wzmiankowanych rozwiązań zagadnienia selektywnej ochrony transformatora wysokiego napięcia, według wynalazku niniejszego zużytkowujemy nie oddziaływania niedokładności transformatora na dodatkowe urządzenia poza właściwym transformatorem, a więc nie różność przepływu przez transformatorki prądowe lub zmianę stanu czynnika chłodzącego (oleju), lecz przeciwnie, samemu transformatorowi dajemy taką budowę, aby wszelkie zaburzenia symetrii — czy to pola czy prądów — jakie stale bywa następstwem niedokładności, wywoływały w specjalnym obwodzie prąd, wskazujący je lub wywołujący odłączenie transformatora. Cel ten osiąga się przez swoiste ukształtowanie i rozmieszczenie uzwojenia transformatora. W większości przypadków zaburzenia zachodzą w uzwojeniu wysokiego napięcia, wobec czego mogłoby się wydawać korzystnem umieszczenie połączenia ochronnego na uzwojeniu wysokiego napięcia. Z różnych względów może się jednak wydać bardziej celowem uskutecznienie go na uzwojeniu niskiego napięcia. Skutkiem połączeń indukcyjnych, jakie zachodzą w transformatorze, uzwojenie niskiego napięcia, stosownie urządzone, będzie również wskazywało zaburzenia zachodzące w uzwojeniu wysokiego napięcia, a okoliczność ta pozwala również na korzystne zastosowanie uzwojenia niskiego napięcia do rozwiązania danego zagadnienia.

Przedmiot wynalazku stanowi urządzenie, przeznaczone do selektywnej ochrony transformatora wysokiego napięcia w razie powstania w nim niedokładności, polegające na tem, że jedno przynajmniej uzwojenie transformatora (np. uzwojenie pierwotne) składa się z dwóch, połączonych równole-

gle i opatrzonych oddzielnymi punktami zerowymi uzwojeń, umieszczonych obok siebie w ten sposób na wspólnych rdzeniach magnetycznych, że każde z nich magnetycznie silnie sprzężone jest z odpowiednią częścią drugiego uzwojenia, i że między oba wyprowadzone punkty obojętne uzwojenia pierwszego włączony jest aparat, który przy przepływie prądu działa jako urządzenie ochronne albo też uruchomia podobne urządzenie ochronne i ewentualnie wyłącza samoczynnie transformator z sieci. Obie połączone równolegle części uzwojenia pierwszego można z korzyścią umieścić obok siebie na wspólnym rdzeniu magnetycznym, a przytem przestrzenie rozdzielić w ten sposób, że się je tylko luźno ze sobą sprzęga. Luźne takie sprzężenie ma doniosłość istotną dla pracy urządzenia, ponieważ wzajemne oddziaływanie obydwu równoległych uzwojeń na siebie mogłoby do tego stopnia wyrównać asymetrię rozłożenia napięć, powstającą w nich w razie niedokładności, że urządzenie ochronne nie zostałoby pobudzone.

Wynalazek wyjaśnia bliżej przykład wyobrażony na fig. 1 oraz wykresu napięć na fig. 2.

Fig. 1 uwidocznia połączenie ochronne na uzwojeniu napięcia niskiego, przyczem litera M oznacza kadłub magnetyczny transformatora trójfazowego M_1, M_2, M_3 — trzy rdzenie tego kadłuba, M'_1, M'_2, M'_3 , względnie N''_1, N''_2, N''_3 — uzwojenia trzech faz dwóch uzwojeń napięcia niskiego, z których każde połączone jest w gwiazdę, a względem zacisków niskiego napięcia 1, 2 i 3 połączone są w układ równoległy.

O' i O'' są to punkty zerowe oddzielnie wyprowadzone obydwu uzwojeń napięcia niskiego. R oznacza przełącznik wyłączający, włączony pomiędzy zaciski O' i O'' , uruchamiający wyłączniki S_{II} i $S_{II'}$, zapomocą których transformator można połączyć z wysokiem i niskiem napięciem lub z nich wyłączyć. Uzwojenie wysokiego napięcia,

związane z zaciskami I, II, III, składa się z części $H'_1, H'_2, H'_3, H''_1, H''_2, H''_3$, gdzie cyfry 1, 2 i 3 oznaczają fazy, do których należą te części. Części uzwojenia napięcia wysokiego, należące do tych samych faz, połączone są w omawianym przypadku szeregowo, natomiast fazy między sobą połączone są w punkcie O w gwiazdę. Części H'_1, H'_2, H'_3 posiadają z jednej strony odłączalne zwoje; odpowiednie łączniki zwojów oznaczone są przez K_1, K_2, K_3 . Jak widać z rysunku, uzwojenia N', N'' umieszczone są oddzielnie, każde z nich zajmuje przytem miejsce połowy rdzenia. Bezpośrednio naprzeciw każdego uzwojenia N'_x leży część uzwojenia napięcia wysokiego H'_x , a bezpośrednio naprzeciw każdego uzwojenia N''_x — część uzwojenia wysokiego napięcia H''_x . Ponieważ amperozwoje pierwotne i wtórne (pomijając prąd magnesujący) utrzymują równowagę, prąd w uzwojeniach N'_x i N''_x wyznacza prąd w uzwojeniach H'_x i H''_x . Dla $H'_x = H$ i $N'_x = N''_x$ prąd N'_x równa się prądowi w N''_x . Ta równość prądów nie musi jednak zachodzić nawet przy ruchu normalnym, gdyż jeżeli zapomocą urządzeń kontaktowych K_1, K_2, K_3 wyłączy się z każdej z pomiędzy trzech części uzwojenia H'_1, H'_2, H'_3 tę samą ilość zwojów, to pozostałe części uzwojenia H'_1, H'_2, H'_3 będą posiadały mniej zwojów, niż części uzwojenia H''_1, H''_2, H''_3 i odpowiednie do tego uzwojenie N''_x przewodzi więcej prądu, niż uzwojenie N'_x . Ale okoliczność ta nie powoduje wcale asymetrycznego rozłożenia napięć na poszczególne fazy uzwojeń N'_x i N''_x , skutkiem czego pomiędzy zaciskami punktów zerowych O' i O'' nie przepływa żaden prąd.

Schemat napięć międzyzaciskowych $10', 20', 30', 10'', 20'', 30''$ przedstawia wykres wektorowy na fig. 2a. Rzecz prosta, że pomiędzy punktami O' i O'' napięcie nie występuje dopóty, dopóki każde z obydwu uzwojeń niskiego napięcia jest nałożone sy-

metrycznie. Takie symetryczne obciążenie zachodzi również wtedy, gdy zwarcie w sieci zamyka się poprzez transformator, tak że i w tym przypadku nie powstanie napięcie między punktami O' i O'' . Inaczej rzecz się ma w chwili, gdy jakiegokolwiek miejsce transformatora wykaże niedokładności. Jeżeli np. zwój Z uzwojenia H'_1 zerwie się, wtedy spowoduje to znaczne zaburzenie symetrii napięć trzech faz, szczególnie uzwojenia N'_1 , ponieważ zwarcie zwoju wytwarza silne pole rozproszone, które wywołuje spadek napięcia w uzwojeniu H'_1 i uzwojeniu N'_1 skojarzonym z nim. Wykres napięć 1, 2, 3, 0 z fig. 2a przechodzi w wykres 1, 2, 3, 0' na fig. 2b, na której wektor 10' jest skrócony, natomiast 20' i 30' są przedłużone. Jeżeli wysokie napięcie dane jest przez napięcie sieci, to zwarcie zwoju na uzwojeniu H'_1 wywołuje zmianę rozłożenia napięć w uzwojeniu H'_1 i H''_1 w ten sposób, że napięcie w uzwojeniu H''_1 nieco się powiększa, jeżeli w H'_1 spada (suma obydwu napięć jest wielkością stałą, a mianowicie równą danemu napięciu sieci), skutkiem czego również wykres napięć 1, 2, 3, 0' z fig. 2a doznaje pewnej zmiany, ale w kierunku odwrotnym. Na fig. 2b wektor 10'' jest przedłużony, a 20'', 30'' odpowiednio skrócone. Pomiędzy obydwojema punktami obojętnymi O' , O'' występuje zatem różnica napięć (fig. 2b), która w przekazywniku wyłączającym R wytwarza uruchamiający go prąd. Jeżeli uzwojenie napięcia wysokiego nie posiada zwojów wyłączających, to w takim razie uzwojenia H'_x i H''_x , równe między sobą, mogłyby również być łączone równolegle. Zastosowanie ich włączeniu ochronnym wymagałoby wyprowadzenia ich punktów zerowych. Dołączenie przekazywnika R do odpowiednich punktów zerowych musiałoby być uskutecznione poprzez transformator pośredni z powodu mianowicie względnie wyższych napięć. W przypadkach gdy uzwojenie napięcia niższego leży pomiędzy

uzwojeniem napięcia wysokiego a żelazem, mniejsze niedokładności w żelazie transformatora nie uwydatniłyby się tak wyraźnie w urządzeniu ochronnym napięcia wysokiego, ponieważ niekiedy uzwojenie napięcia niskiego osłabia wpływ indukcyjny prądu, wynikającego ze złej izolacji, na uzwojenie napięcia wysokiego przez swoje działanie ochronne. Z tych powodów właściwiej jest w tym przypadku umieścić urządzenie ochronne na uzwojeniu napięcia niskiego. Ale nawet w tym przypadku należałoby niekiedy zasilać przekazywnik poprzez transformator, jeżeli np. pożądane jest uziemienie punktu zerowego uzwojenia napięcia niskiego (ewentualnie poprzez cewkę tłumiącą). W tym przypadku punkt środkowy uzwojenia pierwotnego transformatora pośredniego może służyć jako punkt przyłączenia przewodu uziemiającego. W podobny sposób można jednak uskutecznić również uziemienie punktu zerowego uzwojenia napięcia wysokiego. Jeżeli jednak uzwojenie napięcia wysokiego, jak to przedstawia fig. 1, posiada jedynie proste skojarzenie gwiazdowe, to wystarczy dla dołączenia przewodu uziemiającego wyprowadzić punkt zerowy. Można oczywiście zamiast dwóch połączonych równolegle uzwojeń dla urządzenia ochronnego użyć większej ich ilości i zgrupować je stosownie, zawsze jednak uzyskane w ten sposób urządzenie stanowi miernik symetrii transformatora, wyłączający transformator natychmiast lub jeśli trzeba z pewnym opóźnieniem, skoro tylko okaże się w nim niedokładność. Skuteczne urządzenia opóźniające można w sposób znany umieścić na urządzeniu wyłączającym. Można również uzależnić długość opóźnienia od napięcia w ten sposób, że czas wyłączenia staje się tem krótszy, im większe jest napięcie asymetrii zachodzące pomiędzy punktami zerowymi ($0'$ i $0''$). W ten sposób można uniknąć natychmiastowego wyłączenia transformatora w razie powstania drob-

nych niedokładności. W tym przypadku zalecałoby się jednak dołączenie optycznego lub akustycznego przyrządu meldującego zaburzenie. Jeżeli rozporządzamy transformatorem zapasowym, to można przyrząd wyłączający urządzić również w ten sposób, aby z odłączeniem transformatora wadliwego połączone było dołączenie transformatora normalnego (zapasowego), co pozwoli uniknąć przeciążenia jednej części instalacji.

Urządzenie opisane ma nad wspomnianymi na wstępie znanymi urządzeniami ochronnymi tę wyższość, że nie wymaga dodatkowych transformatorów pomocniczych względnie transformatorów i że, działając selektywnie w stosunku do przyczyny zaburzenia, wyłącza jedynie wadliwy transformator z opóźnieniem zależnym od woli ewentualnie również od wielkości, niedokładności.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Urządzenie do selektywnej ochrony transformatora wysokiego napięcia w razie powstania niedokładności wewnątrz niego, znamienne tem, że układ uzwojeniowy transformatora składa się z dwóch połączonych równolegle, opatrzonych oddzielnymi punktami zerowymi uzwojeń, które są obok siebie umieszczone na wspólnych rdzeniach magnetycznych w ten sposób, że każde z nich jest dobrze sprzężone odpowiednią częścią drugiego układu uzwojeniowego wskutek położenia na rdzeniu magnetycznym i że między obydwoma wyprowadzone punkty obojętne nowego układu uzwojeniowego włączony jest aparat, który przy przepływie prądu działa jako urzą-

dzenie ochronne lub uruchomia podobne urządzenie, ewentualnie samoczynnie wyłącza transformator z sieci.

2. Urządzenie według zastrz. 1, znamienne tem, że uzwojenie napięcia niskiego transformatora stosuje się jako układ uzwojeniowy, przeznaczony do połączenia ochronnego.

3. Urządzenie według zastrz. 1, znamienne tem, że obie połączone równolegle części układu uzwojeń, użytego do połączenia ochronnego, mieszczą się obok siebie na wspólnym rdzeniu magnetycznym i oddzielone są przestrzennie od siebie, tak że indukcyjnie są ze sobą tylko luźnie sprzężone.

4. Urządzenie według zastrz. 1, znamienne tem, że aparat, włączony pomiędzy punkty obojętne obydwu równoległych uzwojeń, pracuje z opóźnieniem, ewentualnie nastawialnym.

5. Urządzenie według zastrz. 3, znamienne tem, że wartość opóźnienia uzależniona jest od napięcia w ten sposób, że czas wyłączenia jest tem krótszy, im większe jest napięcie (asymetryczne) panujące pomiędzy punktami obojętnymi uzwojeń napięcia niskiego.

6. Urządzenie według zastrz. 1, znamienne tem, że urządzenie wyłączające tak jest wykonane, aby z wyłączeniem transformatora wadliwego połączone było dołączenie zapasowego transformatora normalnego.

Aktiengesellschaft Brown,
Boveri & Cie.
Zastępca: M. Skrzypkowski,
rzecznik patentowy.

