



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 23. II. 1965 (P 107 597)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowane: 20. VII. 1966

Kl.

21c 27/01
~~21 c, 37/03~~

MKP

G 01 r 31/00

UKD

Twórca wynalazku: mgr inż. Jerzy Kelasz

Właściciel patentu: Instytut Elektrotechniki, Warszawa (Polska)



**Sposób badania zdolności wyłączania i trwałości łączeniowej
przełączników mocy transformatorów i układ probierczy
do stosowania tego sposobu**

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób i układ probierczy przeznaczone do badania zdolności wyłączania i trwałości łączeniowej transformatorowych przełączników mocy. Przy zastosowaniu sposobu i układu według wynalazku jest możliwe laboratoryjne odtworzenie warunków pracy przełącznika mocy a tym samym przeprowadzenie badań elementów konstrukcji i badań typu przełącznika mocy.

W stosowanych dotychczas układach probierczych prąd płynie w obwodzie probierczym zawierającym zestyki badanego przełącznika stale, co prowadzi do zużycia dużej ilości energii elektrycznej. Np. przy prądzie znamionowym badanego przełącznika 200A i napięciu transformatora probierczego 15 kV moc pobierana trwale podczas badania przez układ probierczy w każdej fazie wynosi $P = 200 \cdot 15000 = 3\,000\,000$ W, czyli 3 MW, a w trzech fazach 9 MW. Badania jednego przełącznika zaczepów na trwałość łączeniową wymagają dokonania 100 000 łączeń. Przy czasie trwania jednego cyklu łączeniowego równym 10 sekundom czas trwania całego badania wynosi $t = 100\,000 \cdot 10 : 3\,600 = 278$ godzin. Stąd zużycie energii w czasie jednego badania wyniesie $P \cdot t = 9 \cdot 10^6 \cdot 278 = 2,5 \cdot 10^9$ Wh, czyli 2,5 miliona kilowatogodzin.

W bardziej nowoczesnych układach dąży się do zastąpienia mocy czynnej układu probierczego mocą bierną, posługując się specjalnymi układami

2

połączeń, zmierzającymi do utrzymania na badanych zestykach przełącznika zgodności fazy między prądem i napięciem. Mimo zredukowania w znacznym stopniu poboru energii, urządzenie musi być przewidziane na bardzo dużą moc, a sieć jest obciążana bardzo dużą mocą bierną. Tę moc bierną można wprowadzić również zredukować, wymaga to jednak zainstalowania bardzo dużej i kosztownej baterii kondensatorów.

10 Istota sposobu przeprowadzania badań przełącznika mocy transformatora według wynalazku polega na zasilaniu badanych zestyków przełącznika prądem w czasie równym lub tylko nieco dłuższym od czasu trwania przełączania tych zestyków.

15 Układ według wynalazku zawiera szereg elementarnych obwodów probierczych. W skład każdego takiego obwodu elementarnego wchodzi zestyki badanego przełącznika, część uzwojenia transformatora probierczego oraz w miarę potrzeby oporniki ograniczające i ewentualnie zestyki styczników. Włączanie wszystkich prądów w elementarnych obwodach probierczych odbywa się za pomocą zestyków badanego przełącznika. Jeżeli jednak w skład elementarnych obwodów probierczych wchodzi tylko takie zestyki przełącznika, które są zamknięte na początku cyklu przełączania, to włączanie prądu odbywa się za pomocą zestyków styczników umieszczonych w elementarnych obwodach probierczych. W przypadku zastosowania sty-

czników, ich zestyki zamykane są w czasie wyprzedzającym przełączanie zestyków badanego przełącznika nie dłuższym niż 1 sekunda. Wyłączanie wszystkich prądów w elementarnych obwodach probierczych odbywa się przez rozwieranie zestyków badanego przełącznika.

W wyniku zastosowania takiego sposobu łączenia transformator jest obciążany mocą czynną li tylko przez okres przełączania, lub przy zastosowaniu do włączania prądu styczników dodatkowo w czasie nie dłuższym od 1 sekundy, a praktycznie biorąc, 0,1 do 0,3 sekundy. W przypadku przełącznika o trzech elementarnych obwodach w fazie na prąd znamionowy 200 A, napięcie na badanych zestykach przełącznika od transformatora np. 110 kV nie przekracza 2 kV. Energia pobierana przez każdy elementarny obwód probierczy w najgorszym przypadku tzn. przy zastosowaniu stycznika wynosi na jeden zestyk, jedną fazę i jedno przełączenie $2\,000 \cdot 200 \cdot 0,3 : 3\,600 = 33,4$ Wh. Ponieważ wszystkie pozostałe elementarne obwody probiercze pobierają moc w czasie nie przekraczającym 0,3 s, to zużycie energii na przełączenie wszystkich zestyków w trzech fazach nie będzie większe niż $33,4 \cdot 2 \cdot 3 = 200$ Wh, a dla całego badania trwałości przełącznika przy 100 000 łącznych zużycie energii elektrycznej nie przekroczy $200 \cdot 100\,000 = 20\,000\,000$ Wh czyli 20 000 kWh.

Ponieważ większość przełączników będzie badana w warunkach znacznie korzystniejszych z punktu widzenia poboru energii elektrycznej, jej zużycie dla przeciętnego badania przełącznika będzie znacznie mniejsze niż podano w powyższym orientacyjnym obliczeniu.

W układzie według wynalazku moc transformatora probierczego jest wielokrotnie mniejsza od mocy transformatora w układach dotychczas stosowanych.

W znanych układach odtwarza się prąd obciążenia transformatora za pomocą układu uzwojeń o dużej wartości napięcia. W układzie według wynalazku napięcie przykładane do badanego zestyku przełącznika doprowadzane jest bezpośrednio od odpowiedniej części uzwojenia transformatora probierczego. Napięcie to jest kilkakrotnie niższe od napięcia transformatora w znanych układach. Ponadto transformator ten zasila zestyki przełącznika dorywczo, dzięki czemu jego moc ciągła jest znacznie mniejsza od mocy chwilowej.

Układ probierczy posiada transformator probierczy o wymiennych uzwojeniach, składających się z pewnej liczby cewek w każdej fazie.

Przedmiotem wynalazku jest takie połączenie cewek transformatora ze stykami badanego przełącznika, oraz w miarę potrzeby z opornikami i ze stycznikami układu probierczego, że w układzie probierczym można wyodrębnić elementarne obwody probiercze. Elementarne obwody probiercze są to obwody, w których występują prądy probiercze po zamknięciu tych obwodów przez zestyki badanego przełącznika mocy lub też przez zestyki stycznika. Napięcia cewek uzwojenia transformatora w obwodach elementarnych dobiera się w ten sposób, żeby uzyskać pożądane wartości napięć powrotnych badanych zestyków przełącznika nato-

miast oporności oporników w gałęziach obwodów elementarnych dobiera się w ten sposób, żeby badane zestyki przełącznika przerywały żądane wartości prądów.

Liczba elementarnych obwodów probierczych równa się przeważnie liczbie badanych zestyków przełącznika, istnieje jednak możliwość wielokrotnego wykorzystania elementarnych obwodów probierczych i tym samym zmniejszenia ich liczby. Elementarne obwody probiercze mogą być niezależne od siebie to znaczy mogą nie mieć wspólnych części, lub też mogą posiadać przewody, oporniki, zestyki, lub konstrukcyjne części przewodzące wspólne dla dwóch lub kilku elementarnych obwodów.

Część elementarnego obwodu probierczego stanowi gałąź w takim zrozumieniu pojęcia gałęzi jakie jest rozpowszechnione w teorii obwodów elektrycznych.

Liczba części układu probierczego i sposób ich połączenia dobierane są zależnie od potrzeby, to jest w zależności od konstrukcji badanego przełącznika mocy, jego danych znamionowych, oraz w zależności od lokalnych warunków w jakich eksploatuje się układ probierczy. W charakterze styczników układu probierczego najdogodniej jest stosować wysokonapięciowe styczniki manewrowe, które są szeroko rozpowszechnione w urządzeniach napędu elektrycznego dużej mocy. Styczniki te ze względu na krótkotrwałe obciążenia i brak wyłączeń mogą pracować w układzie probierczym przy prądach i napięciach większych od prądów i napięć znamionowych styczników. W charakterze oporników układu probierczego można wykorzystywać oporniki stopniowe normalnie wbudowywane do przełączników mocy, lub też gdyby moc tych oporników okazała się zbyt mała, to można zastosować oporniki wodne, drutowe, taśmowe, żeliwne lub inne odpowiednio do potrzeby powiększonej mocy.

Układ probierczy według wynalazku objaśniono na przykładzie wykonania podanym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przykład elementarnego obwodu probierczego, a fig. 2 schemat połączeń trójfazowego układu probierczego według wynalazku przeznaczonego do badania gwiazdowych przełączników mocy z dwoma opornikami stopniowymi i liczbą nieruchomych zestyków $N = 4$ w każdej fazie.

Elementarny obwód probierczy uwidoczniiony na fig. 1 składa się z cewki C, uzwojenia transformatora probierczego, opornika R oraz z dwóch zestyków S_p i S. Zestyk S_p jest badanym zestykiem przełącznika mocy, natomiast zestyk S jest innym zestykiem przełącznika mocy, który podczas rozpatrywanego przełączenia probierczego jest wykorzystywany jako łącznik, gdyż zamyka się przed otwarciem zestyku S_p i pozostaje zamknięty do momentu aż zestyk S_p przerwie prąd w elementarnym obwodzie probierczym. Rola obu zestyków S i S_p w niektórych wykonaniach układu probierczego według wynalazku może się odwrócić podczas następnego przełączenia probierczego. Zestyk S_p może wtedy spełniać rolę łącznika a zestyk S może spełniać rolę zestyku badanego.

Zestyk załączający S może być w niektórych wykonaniach zestykiem stycznika układu probier-

czego. Na fig 1 narysowano przykładowy elementarny obwód probierczy, w którym występują tylko dwa zestyki i jeden opornik.

W innych wykonaniach liczba oporników i zestyków a również innych elementów może być większa a połączenie bardziej złożone niż przedstawiono na fig. 1. Przykładowy układ probierczy według wynalazku przedstawiony na fig 2 rysunku składa się ze specjalnego transformatora probierczego T, dwóch wielotorowych styczników Sg_a i Sg_b , dwóch zestyków sterowniczych Sp_a i Sp_b , oraz oporników $R_{u1}, R_{u2}; R_{v1}, R_{v2}; R_{w1}, R_{w2}$. Badany przełącznik mocy oznaczono na rysunku przez P a jego trzy fazy przez U_p, V_p, W_p . Każda faza badanego przełącznika mocy posiada cztery ($N = 4$) zestyki nieruchome $x_u, a_u, m_u, y_u; x_v, a_v, m_v, y_v; x_w, a_w, m_w, y_w$, z których styki $x_u, x_v, x_w; y_u, y_v, y_w$ są stykami głównymi a styki $a_u, a_v, a_w; m_u, m_v, m_w$ są stykami pomocniczymi. Z układem styków nieruchomych współpracuje układ styków ruchomych z_u, z_v, z_w . Układ styków ruchomych może zewrzeć jednocześnie jeden lub dwa styki nieruchome, te same dla każdej fazy (kolejność flagowa), albo dla innego wykonania badanego przełącznika mocy (kolejność proporczykowa) jednocześnie dwa lub trzy styki nieruchome te same dla każdej fazy. Trójfazowy transformator T wchodzący w skład układu probierczego jest wykonany w ten sposób, że jego uzwojenie pierwotne jest typowym uzwojeniem trójfazowym, zaś jego uzwojenie wtórne każdej fazy u, v, w , składa się z trzech cewek $u_1, u_2, u_3; v_1, v_2, v_3; w_1, w_2, w_3$ połączonych szeregowo w każdej fazie. W przytoczonym przykładzie wykonania uzwojenia wtórne każdej fazy są połączone między sobą tylko przez badany przełącznik mocy. Liczba cewek $u_1, u_2, u_3; v_1, v_2, v_3; w_1, w_2, w_3$ każdej fazy jest o jeden mniejsza od liczby nieruchomych styków badanego przełącznika mocy tak, że każdy styk nieruchomy może być połączony gałęzią z jednym zaciskiem uzwojenia.

W przykładzie wykonania uwidocznionym na fig. 2 występują trzy elementarne obwody probiercze w każdej fazie. Podczas każdego przełączenia probierczego prąd występuje tylko w dwóch obwodach elementarnych.

Wygodnie jest wyróżnić cztery gałęzie układu probierczego w każdej fazie a mianowicie: w fazie u gałęzie łączą odpowiednio zaciski $1u, 2u, 3u, 4u$ uzwojenia wtórnego z estykami x_u, a_u, m_u, y_u ; analogiczne gałęzie można znaleźć w pozostałych fazach v i w . Gałęzie na fig. 2 zostaną oznaczone napisanymi obok siebie i oddzielonymi poziomą kreską symbolami zacisku uzwojenia wtórnego i odpowiedniego styku nieruchomego przełącznika mocy. Tak więc w fazie u układu probierczego znajdują się gałęzie $1u-x_u, 2u-a_u, 3u-m_u, 4u-y_u$.

W podanym na fig. 2 przykładzie wykonania oporniki $R_{u1}, R_{u2}; R_{v1}, R_{v2}; R_{w1}, R_{w2}$ muszą znajdować się odpowiednio w gałęziach $2u-a_u, 3u-m_u; 2v-a_v, 3v-m_v; 2w-a_w, 3w-m_w$; gdyż umieszczenie ich w gałęziach zewnętrznych $1u-x_u, 4u-y_u; 1v-x_v, 4v-y_v; 1w-x_w, 4w-y_w$; każdej fazy, prowadziłoby do zwarcia cewek u_2, v_2, w_2 transformatora w czasie przełączania natomiast zestyki $sa_{u1}, sa_{v1}, sa_{w1}; sb_{u1}, sb_{v1}, sb_{w1}$ styczników Sg_a i Sg_b muszą się znajdo-

wać odpowiednio w gałęziach $1u-x_u, 4u-y_u; 1v-x_v, 4v-y_v; 1w-x_w, 4w-y_w$; tylko przy badaniu przełączników mocy pracujących w kolejności flagowej. Przy badaniu przełączników mocy pracujących w kolejności proporczykowej mogą się one znajdować w gałęziach wewnętrznych połączonych do styków pomocniczych. Gałęzie zewnętrzne $1u-x_u, 4u-y_u; 1v-x_v, 4v-y_v; 1w-x_w, 4w-y_w$ występują tylko w pojedynczych elementarnych obwodach probierczych, natomiast gałęzie wewnętrzne $2u-a_u, 3u-m_u; 2v-a_v, 3v-m_v; 2w-a_w, 3w-m_w$ są gałęziami wspólnymi dla dwóch sąsiadujących ze sobą elementarnych obwodów probierczych.

Kolejność działania układu probierczego uwidocznionego na fig. 2 jest następująca: przed uruchomieniem układu probierczego oba styczniki Sg_a i Sg_b powinny być otwarte, uzwojenia pierwotne U, V, W transformatora T mogą być wtedy przyłączone do źródła napięcia trójfazowego U_z . Na 0,1 do 0,3 sekundy przed przełączeniem badanego przełącznika mocy urządzenie synchronizujące — sterownice (nie narysowane na rysunku) powoduje zamknięcie styków pomocniczych Sp_a stycznika Sg_a przy przełączaniu w kierunku uwidocznionym na fig 2 strzałką, lub styków Sp_b styczników Sg_b przy przeciwnym kierunku przełączania. Zamknięcie odpowiedniego stycznika przy zamkniętych zestykach pomocniczych a_u, a_v, a_w lub m_u, m_v, m_w powoduje powstanie prądu w obwodzie odpowiednich styków głównych x_u, x_v, x_w lub y_u, y_v, y_w i odpowiednich pomocniczych jeśli przed przełączeniem zestyki pomocnicze a_u, a_v, a_w , lub m_u, m_v, m_w były otwarte to prąd powstanie dopiero w czasie przełączenia badanego przełącznika mocy. Prąd w obwodzie zestyków pomocniczych a_u, a_v, a_w i m_u, m_v, m_w powstaje automatycznie w takim położeniu badanego przełącznika mocy, w którym oba zestyki pomocnicze każdej fazy a_u i m_u, a_v i m_v, a_w i m_w są zwarte przez odpowiednie układy z_u, z_v, z_w styków ruchomych. Przy przełączaniu w kierunku strzałki naniesionej na rysunku łuk jest przerywany przez zestyki $x_u, a_u; x_v, a_v; x_w, a_w$; a przy przeciwnym kierunku przełączania przez zestyki $y_u, m_u; y_v, m_v; y_w, m_w$.

Liczba zwojów cewek $u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2$ i u_3, v_3, w_3 uzwojenia wtórnego jest dobrana w ten sposób, ażeby na zestykach przerywających łuk powstało napięcie powrotne takiej samej wartości jak w normalnych warunkach eksploatacji, a wartości oporników stopniowych $R_{u1}, R_{u2}; R_{v1}, R_{v2}; R_{w1}, R_{w2}$; są dobrane w ten sposób, żeby prądy przerywane przez zestyki badanego przełącznika mocy były równe prądom przerywanym w normalnych warunkach eksploatacji. W ten sposób układ probierczy według wynalazku odwzorowuje wiernie warunki pracy układu stykowego zarówno pod względem trwałości łączeniowej jak i pod względem zdolności wyłączania.

W niniejszym opisie nie podano innych przykładów wykonania, gdyż przytoczony przykład wystarczająco ilustruje istotę wynalazku. Inne przykłady wykonania mogą się różnić od przytoczonego zarówno przeznaczeniem do badania przełączników mocy o innej konstrukcji (inna liczba styków na fazę, inna liczba oporników, inna kolejność i szyb-

kość przełączania, inna konstrukcja układu stykowego i oporników stopniowych), jak i połączeniem elementarnych obwodów probierczych, a również doбором i połączeniem elementów zawartych w gałęziach obwodów elementarnych, przy czym nawet dla badania takich samych przełączników mocy można zrealizować kilka układów probierczych według wynalazku wykazujących te same lub różne własności eksploatacyjne.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób badania zdolności wyłączania i trwałości łączeniowej przełączników mocy transformatorów przez włączanie i wyłączanie prądu zestykami **znamienny tym**, że zasilanie prądem elementarnych obwodów probierczych odbywa się przez zamykanie będących pod napięciem zestyków badanego przełącznika lub przez zamykanie zestyków stycznika w czasie wyprzedzającym przełączenie badanego przełącznika nie dłuższym od 1 sekundy lub też przez zamykanie zestyków przełącznika i styczników łącznie a prądy wyłączane są przez odpowiednie zestyki

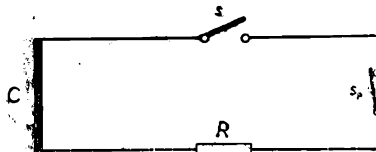


Fig. 1

badanego przełącznika tak, że po dokonany przełączeniu przełącznika wszystkie elementarne obwody układu probierczego pozostają w stanie bezprądowym aż do następnego zasilania i przełączenia.

2. Układ probierczy do stosowania sposobu według zastrzeżenia 1, zawierający transformator probierczy, **znamienny tym**, że do uzwojeń (U, V, W, $u_1, u_2, \dots, v_1, v_2, \dots, w_1, w_2, \dots$) transformatora (T) dołączone są elementarne obwody probiercze utworzone z połączonych ze sobą jednej lub większej liczby cewek transformatora probierczego (T), stanowiących dla obwodów elementarnych źródła zasilania energią elektryczną zestyków ($s, s_p, x_u, y_u, a_u, \dots, m_u, \dots, x_v, y_v, a_v, \dots, m_v, \dots, x_w, y_w, a_w, \dots, m_w, \dots$) badanego przełącznika oraz w miarę potrzeby oporników ($R, R_{u1}, R_{u2}, \dots, R_{v1}, R_{v2}, \dots, R_{w1}, R_{w2}, \dots$), i zestyków ($sa_{u1}, sa_{u2}, \dots, sa_{v1}, sa_{v2}, \dots, sa_{w1}, sa_{w2}, \dots, sb_{u1}, sb_{u2}, \dots, sb_{v1}, sb_{v2}, \dots, sb_{w1}, sb_{w2}, \dots$) styczników (Sa_g i Sb_g).
3. Układ według zastrz. 2 **znamienny tym**, że transformator probierczy posiada wymienne uzwojenia.

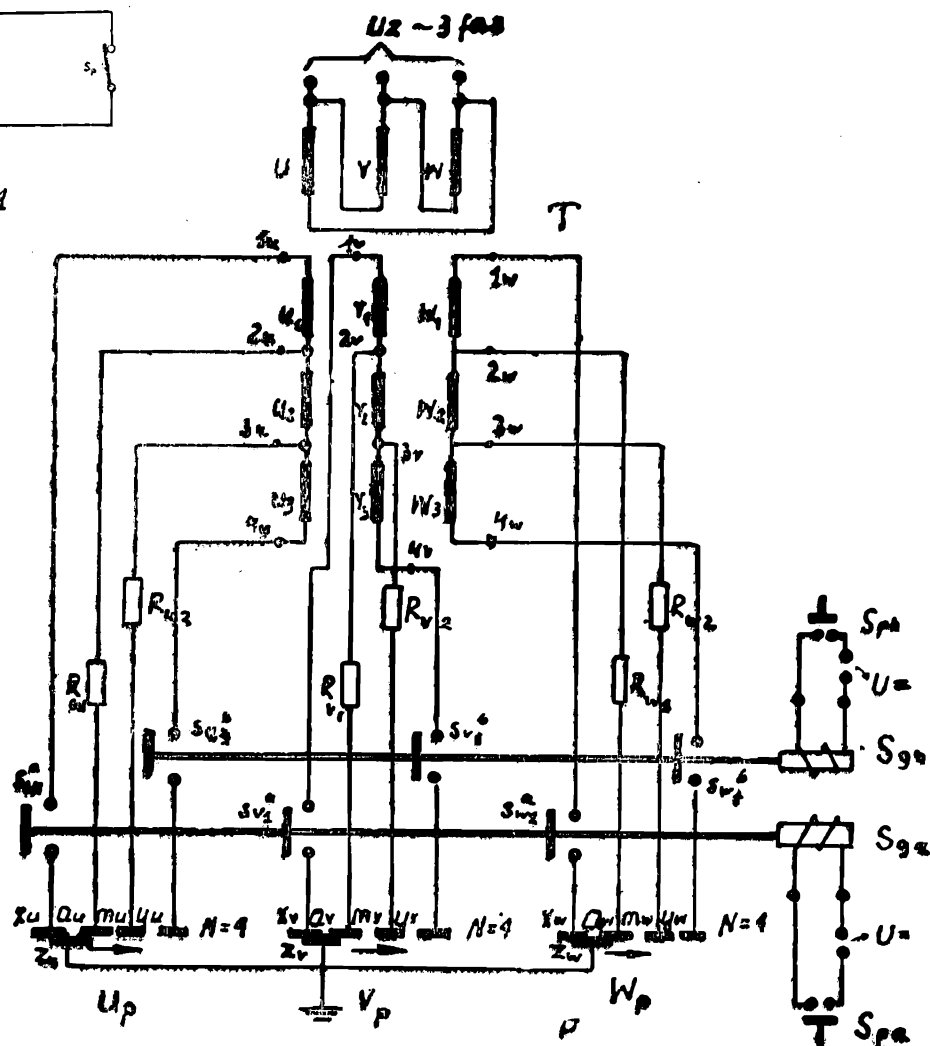


Fig 2