

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **240474**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **435290**

(51) Int.Cl.

H01H 71/10 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **14.09.2020**

(54)

**Sposób zwiększenia selektywności zabezpieczenia instalacji elektrycznej
oraz wyłącznik selektywny o zwiększonym zakresie selektywności**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

13.12.2021 BUP 37/21

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

11.04.2022 WUP 15/22

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA KRAKOWSKA
IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI, Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**BARTOSZ ROZEGNAŁ, Kraków, PL
PAWEŁ ALBRECHTOWICZ, Żurowa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Andrzej Rogowski

PL 240474 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób zwiększenia selektywności działania zabezpieczenia w instalacji elektrycznej niskiego napięcia oraz wyłącznik selektywny realizujący zwiększoną selektywność działania zabezpieczeń instalacji.

Współczesne instalacje elektryczne wyposaża się w różnego rodzaju zabezpieczenia, do których należą bezpieczniki i wyłączniki nadmiarowo-prądowe oraz różnicowoprądowe. Aby instalacja działała poprawnie należy zapewnić selektywne działanie zainstalowanych zabezpieczeń. Stosowanie zasad selektywności działania zabezpieczeń przy przepływie prądu przetężeniowego narzucone jest przez odpowiednie normy, zasady wiedzy technicznej oraz rozporządzenia (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – § 183.1 Instalacje elektroenergetyczne – Dz. U. nr 75 poz. 690 z późn. zm.). Do podstawowych aparatów elektrycznych chroniących przed prądami przetężeniowymi zalicza się: bezpieczniki topikowe, przekaźniki termobimetalowe chroniące przed skutkami przeciążeń w układach przekaźnikowo-stycznikowych oraz wyłączniki instalacyjne nadmiarowo-prądowe, których zadaniem jest ochrona przed skutkami zarówno zwarcia, jak i przeciążeń.

Selektywność działania zabezpieczeń oznacza, że w przypadku wystąpienia przeciążenia lub zwarcia w instalacji zadziała to zabezpieczenie, które jest najbliższe miejscu wystąpienia tego przeciążenia czy zwarcia. W przypadku zastosowania wyłączników nadmiarowo-prądowych do wielostopniowego zabezpieczania obwodów, uzyskana zostanie selektywność dla prądów przeciążeniowych, z kolei w przypadku prądów zwarciovych selektywnych ich działania może nie zostać zachowana. Aby wypełnić tę lukę stworzone zostały wyłączniki selektywne, które wyposażone są w wyzwacze zwarciove i przeciążeniowe. Zasada działania takich wyłączników gwarantuje selektywną ich współpracę z innymi wyłącznikami nadprądowymi zarówno przy przeciążeniach jak i zwarciach.

Konstrukcja znanych i stosowanych wyłączników selektywnych składa się z trzech torów; głównego toru prądowego, pomocniczego toru prądowego oraz toru pomiarowego.

Główny tor prądowy klasycznego wyłącznika selektywnego składa się z elektromagnetycznego bezzwłocznego wyzwacza zwarciovego, wyzwacza termicznego toru głównego oraz zestyku toru głównego. Wyłącznik selektywny wyposażony jest także w równoległy pomocniczy tor prądowy z wyzwaczem termicznym toru pomocniczego i dodatkową rezystancją ograniczającą prąd w obwodzie pomocniczym do około $5 I_n$ i z zestyku toru pomocniczego oraz toru pomiarowo-załączającego z wyzwaczem podnapięciowym, połączonym z zestykiem toru głównego i z zestyku toru pomiarowego.

Załączając wyłącznik selektywny zamyka się zestyk pomocniczego toru prądowego oraz zestyk toru pomiarowego. Tor pomiarowy kontroluje wartość napięcia między wyjściem wyłącznika a przewodem neutralnym. Jeżeli wartość tego napięcia jest zbliżona do napięcia znamionowego instalacji, tzn. nie ma za wyłącznikiem selektywnym zwarcia, to wyzwacz podnapięciowy w torze pomiarowym zamyka zestyk w głównym torze prądowym. Jeżeli napięcie między wyjściem wyłącznika selektywnego a przewodem neutralnym jest znacząco obniżone, to za wyłącznikiem selektywnym występuje zwarcie i nie jest możliwe zamknięcie zestyku głównego toru prądowego. Wyłącznik selektywny uniemożliwia załączenie głównego toru prądowego na zwarcie.

W momencie zwarcia, elektromagnetyczny bezzwłoczny wyzwacz zwarciovy rozłącza główny tor prądowy jednocześnie załączając pomocniczy tor prądowy. Wartość rezystancji rezystora ograniczającego jest dobierana w ten sposób, aby w przypadku wystąpienia zwarcia w instalacji wartość prądu zwarciovego została ograniczona w torze pomocniczym do ok. 5-krotności prądu znamionowego wyłącznika selektywnego. Tak ograniczony prąd zwarcia powinien zostać wyłączony przez zabezpieczenia zlokalizowane bliżej miejsca zwarcia. Natomiast, jeśli żadne inne zabezpieczenie nie zadziała w odpowiednim czasie, wówczas wyzwacz termiczny toru pomocniczego rozłączy zwarcie wskutek przepływającego przez niego prądu zwarcia ograniczanego przez rezystor ograniczający. Tor pomiarowy uniemożliwia załączenie obwodu na zwarcie. Realizacja tej funkcji oparta jest na przekaźniku podnapięciowym. W przypadku braku usunięcia uszkodzenia w obwodzie, załączenie zasilania skutkowałoby ponownym zwarcie. Dlatego tor pomiarowy kontroluje napięcie w instalacji (pomiar napięcia fazowego) i w przypadku wartości niższej niż zadana przez producenta uniemożliwia załączenie wyłącznika selektywnego. Załączenie wyłącznika selektywnego jest możliwe dopiero po usunięciu uszkodzenia lub odłączeniu części obwodu, w którym nastąpiło zwarcie.

Z literatury patentowej znane są rozwiązania zawierające układy elektryczne wyłączników selektywnych realizujące funkcję selektywności zabezpieczenia instalacji elektrycznej różniące się szczegółami w topologii układów. Z opisu patentu niemieckiego nr DE 3316230, znany jest układ wyłącznika selektywnego zabezpieczający instalację przed nadmiernym prądem i zwarcie, który posiada główny tor prądowy. Może on być przerwany za pomocą bezzwłocznego członu elektromagnetycznego reagującego bezzwłocznie na zwarcie lub w przypadku prądu przeciążeniowego poprzez zwłoczny człon termiczny. Główny tor prądowy jest zbocznikowany przez pomocniczy tor prądowy złożony z rezystora, zwłocznego członu termicznego i styku rozwiernego, który może być otwarty za pomocą głównego członu termicznego lub członu termicznego z pomocniczego toru prądowego.

W opisie europejskiego patentu o numerze EP 2750156 znajduje się opis układu wyłącznika selektywnego zrealizowanego na głównym torze prądowym zasilającym chronioną instalację przed nadmiernym prądem i zwarcie. Układ ma podstawową gałąź, stanowiącą element głównego toru prądowego, zawierającą styki stałe i styki ruchome, w jednym przełączniku sterowanym przełącznikiem elektromagnetycznym gałęzi podstawowej oraz przełącznikiem termicznym tej gałęzi oraz odgałęzienie wtórne, bocznikujące styki przełącznika, sterowanego z zabezpieczeń gałęzi głównej, które zawiera rezystor szeregowy, przełącznik termiczny odgałęzienia oraz styk odgałęzienia sterowany przełącznikiem termicznym odgałęzienia. Układ jest realizowany bez wykorzystania przewodu neutralnego.

W słoweńskim opisie patentowym SI 22187 ujawniony jest układ automatycznego przełącznika elektrycznego zrealizowanego na głównym torze prądowym zasilającym chronioną instalację przed nadmiernym prądem i zwarcie. Głównym elementem toru prądowego jest wyłącznik elektromagnetyczny. Wyłącznik elektromagnetyczny poprzedzony jest równoległym układem dwóch gałęzi, z których jedna jest szeregowym połączeniem wyłącznika bimetalicznego, rezystora oraz styku sterowanego wyłącznikiem bimetalicznym a druga zawiera styki przełącznika sterowanego zarówno przez wyłącznik elektromagnetyczny jaki wyłącznik bimetalowy.

W opisie patentowym nr WO 2009146900, ujawniony został wyłącznik selektywny o minimalnej liczbie elementów. Układ wyłącznika selektywnego według patentu nr WO 2009146900 stanowi, główne urządzenie wyzwajające w postaci włącznika elektromagnetycznego oraz przyłączonych do jego wejścia dwóch równoległych gałęzi. Pierwsza gałąź składa się z szeregowego połączenia pomocniczego urządzenia wyzwajającego w postaci wyłącznika bimetalicznego i normalnie zamkniętego pierwszego przełącznika oraz rezystora. Druga gałąź składa się z szeregowego połączenia normalnie zamkniętego drugiego przełącznika oraz normalnie zamkniętego trzeciego przełącznika, przy czym wejście pierwszego przełącznika z pierwszej gałęzi jest dodatkowo połączone z punktem łączącym wyjście drugiego przełącznika z wejściem trzeciego przełącznika w drugiej gałęzi. Wyłącznik elektromagnetyczny otwiera przełącznik drugi i trzeci, a wyłącznik bimetaliczny otwiera przełącznik pierwszy i trzeci. W wyłączniku według wynalazku, wyłącznik elektromagnetyczny jest skonfigurowany tak, że po osiągnięciu pierwszego prądu progowego otwiera drugi przełącznik a po osiągnięciu drugiego prądu progowego, który jest większy niż pierwszy prąd progowy, otwiera dodatkowo trzeci przełącznik. Wyłącznik bimetaliczny jest skonfigurowany tak, że pierwszy i trzeci przełącznik są otwierane po upływie pierwszego czasu, w sytuacji, gdy otwarty jest przełącznik drugi. Natomiast w sytuacji, gdy otwarte są drugi i trzeci przełącznik, otwarcie pierwszego przełącznika następuje po upływie drugiego czasu, który jest krótszy niż okres trwania pierwszego czasu.

Z chińskiego opisu patentowego nr CN1617405 znane jest rozwiązanie wyłącznika selektywnego, w którym pomocniczy tor prądowy jest sterowany elektronicznie na podstawie analizy mierzonego sygnału prądowego. Główny tor prądowy zbudowany jest analogicznie jak w klasycznych wyłącznikach selektywnych. W jego skład wchodzi wyzwacz elektromagnetyczny głównego toru prądowego i wyzwacz termobimetalowy głównego toru prądowego oraz zestyk zwierny głównego toru prądowego sterowany niezależnie przez oba wyzwacze. Pomocniczy tor prądowy składa się z rezystora ograniczającego i zestyku zwiernego toru pomocniczego. Nie zawiera natomiast wyzwacza termobimetalowego toru pomocniczego. Zamiast wyzwacza termobimetalowego w torze pomocniczym znajduje się układ pomiaru prądu toru pomocniczego. Wartość prądu toru pomiarowego analizowana jest przez jednostkę sterującą i na jej podstawie wypracowywany jest sygnał otwarcia zestyku zwiernego toru pomocniczego z wyznaczonym opóźnieniem.

Przywołane w stanie techniki przykłady z literatury patentowej koncentrują się w układach wyłączników selektywnych realizujących ten sam zakres funkcjonalny. Pomiedzy poszczególnymi realizacjami różnice sprowadzają się do szczegółów w topografiach układów i ograniczaniu elementów użytych do zapewnienia funkcji wyłącznika selektywnego.

Elementami występującymi we wszystkich realizacjach jest wyposażenie toru głównego w elektromagnetyczny bezzwłoczny wyzwalacz, wyzwalacz termiczny toru głównego i styk rozwierny (zwierno-rozwierny) rozłączający główny tor prądowy oraz pomocniczy tor pomiarowy zawierający rezystor pomocniczy, wyzwalacz bimetaliczny oraz styk rozłączający pomocniczy tor prądowy. Wszystkie realizacje posiadają analogiczne funkcje służące zabezpieczeniu przed skutkami zarówno zwarć, jak i przeciążeń w chronionej instalacji. Znane ze stanu techniki rozwiązania koncentrują się przede wszystkim na upraszczaniu układu, zmniejszeniu ilości elementów niezbędnych do realizacji podstawowej funkcji a nie na funkcji dodatkowej. Do rzadkości należą układy, które poza realizacją podstawowego zakresu funkcji wyłącznika selektywnego, realizują jeszcze inną funkcję lub realizują podstawową funkcję w szerszym zakresie.

Standardowe wyłączniki selektywne dobrze pełnią swoje funkcje w znamionowych warunkach zasilania instalacji chronionej. Problemem w praktycznym stosowaniu wyłączników selektywnych są sytuacje, w których warunki zasilania instalacji chronionej odbiegają od znamionowych. Niezbędna jest wtedy zwiększona selektywność, której większość znanych rozwiązań nie posiada.

Dostępne rozwiązania wyłączników selektywnych nie zapewniają pełnej selektywności w przypadku obniżonego napięcia zasilania. Rozwiązanie według wynalazku pozwala na wyeliminowanie tej niedogodności.

Wartość prądu zwarcia w instalacji zależy od wartości impedancji pętli zwarcia.

$$I_k = \frac{U_n}{Z_k}$$

przy czym:

$Z_k = R_k + jX_k$, Z_k – impedancja pętli zwarcia, R_k – rezystancja pętli zwarcia, X_k – reaktancja pętli zwarcia.

Natomiast prąd zwarcia ograniczony przez wyłącznik selektywny będzie równy:

$$I_{kogr} = \frac{U_n}{Z_k + Z_o}$$

Z_o – impedancja rezystora ograniczającego, $Z_o = R_g$

W przypadku wystąpienia zwarcia w układzie z zainstalowanym wyłącznikiem selektywnym i kolejnym zabezpieczeniem bezzwłocznym, np. wyłącznikiem instalacyjnym, selektywność może zostać zachowana przy odpowiednim doborze charakterystyk oraz prądów znamionowych poszczególnych zabezpieczeń.

Zwiększenie selektywności polega na realizacji funkcji selektywności przy niższym niż znamionowe napięciu zasilającym w momencie wystąpienia zwarcia w chronionej instalacji. Dodatkową trudnością dla realizacji zwiększonej selektywności jest sytuacja, w której napięcie zasilające nie tylko jest niższe do napięcia nominalnego, ale w związku ze zmianami warunków obciążenia, obniżenie napięcia zasilającego może mieć różne wartości.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu zwiększenia selektywności standardowego wyłącznika selektywnego, który polega na realizacji funkcji selektywności przy zmiennym, obniżonym napięciu zasilającym, w momencie wystąpienia zwarcia w chronionej instalacji oraz opracowanie układu wyłącznika selektywnego realizującego funkcję zwiększonej selektywności przy zmiennym, obniżonym napięciu zasilającym.

Istota sposobu poszerzenia zakresu funkcji selektywności działania zabezpieczeń instalacji elektrycznej, polegającego na opóźnionym odłączeniu od zasilania instalacji, w której nastąpiło zwarcie, w sytuacji braku odłączenia tej części instalacji, bezzwłocznie po wystąpieniu zwarcia, charakteryzuje się tym, że nastawia się regulowany rezystor ograniczający pomocniczego toru prądowego na wartość gwarantującą uzyskanie właściwej wartości ograniczonego prądu zwarcia, przy obniżonym napięciu zasilania U_d . Następnie załącza się jednocześnie zestyk zwierny toru pomocniczego oraz zestyk zwierny toru pomiarowego. Poprzez jednoczesne mechaniczne załączenie obu zestyków, włącza się wyłącznik selektywny o zwiększonej selektywności działania a ochraniając instalację zasilaną prądem płynącym przez pomocniczy tor prądowy wyłącznika selektywnego. Następnie porównuje się wartość napięcia zasilania U_r z wartością zadaną napięcia nominalnego przekątnika podnapięciowego U_g . Jeżeli wartość napięcia zasilania U_r jest mniejsza od zadanej wartości granicznej napięcia włączenia U_g ($U_r < U_g$) porównuje się temperaturę T_{b2} wyzwalacza termobimetalowego pomocniczego toru prądo-

wego z jego temperaturą krytyczną T_{k2} ($T_{b2} > T_{k2}$). Dla wartości temperatury wyzwalacza termobimetalowego toru pomocniczego T_{b2} mniejszej od temperatury krytycznej T_{k2} powtarza się porównanie wartości napięcia fazowego U_f i wartości granicznej napięcia włączenia U_g , podstawowego przełącznika podnapięciowego toru pomiarowego. Jeśli napięcie zasilania U_f jest większe od zadanej wartości granicznej napięcia włączenia U_g ($U_f > U_g$) załącza się zestyk zwierny głównego toru prądowego. Od tego momentu chronioną instalację zasila się prądem płynącym przez główny tor prądowy wyłącznika selektywnego. Następnie porównuje się wartość napięcia zasilania U_f zadaną wartością graniczną obniżonego napięcia dodatkowego przełącznika podnapięciowego U_d ze zwłoką czasową. Jeżeli napięcie zasilania U_f jest mniejsze od zadanej wartości granicznej dodatkowego przełącznika podnapięciowego U_d ($U_f < U_d$) załącza się, z opóźnieniem Δt , zestyk zwierny dodatkowego toru prądowego i zmniejsza się wartości rezystancji zastępczej w torze pomocniczym, ograniczając prąd zwarcia dla obniżonego napięcia zasilającego w instalacji. Następnie porównuje się wartość prądu obciążenia I_o obwodu zabezpieczanego z wartością prądu znamionowego wyłącznika selektywnego I_n . W przypadku wartości prądu obciążenia I_o obwodu zabezpieczanego mniejszej lub równej wartości prądu znamionowego wyłącznika selektywnego I_n powtarza się porównanie napięć U_f i U_d . Natomiast w przypadku wartości prądu obciążenia I_o obwodu zabezpieczanego znacznie większej od wartości prądu znamionowego wyłącznika selektywnego I_n ($I_o \gg I_n$), wyzwalacz elektromagnetyczny głównego toru prądowego rozłącza bezzwłocznie zestyk głównego toru prądowego. W przypadku, gdy wartość prądu obciążenia I_o obwodu zabezpieczanego, jest mniejsza od wartości prądu znamionowego wyłącznika selektywnego I_n ($I_o < I_n$), porównuje się temperaturę T_{b3} , wyzwalacza termobimetalowego głównego toru prądowego z jego temperaturą krytyczną T_{k3} . Jeśli wartość temperatury T_{b3} wyzwalacza termobimetalowego głównego toru prądowego jest mniejsza od jego temperatury krytycznej T_{k3} , powtarza się porównanie napięć U_f i U_d . W sytuacji, gdy wartość temperatury T_{b3} , wyzwalacza termobimetalowego głównego toru prądowego jest większa od jego temperatury krytycznej T_{k3} , rozłącza się zestyk głównego toru prądowego. Przy rozłączonym styku głównego toru prądowego porównuje się temperaturę T_{b2} wyzwalacza termicznego toru pomocniczego z jego temperaturą krytyczną T_{k2} i w przypadku, gdy wartość temperatury T_{b2} wyzwalacza termicznego toru pomocniczego jest mniejsza od jego temperatury krytycznej T_{k2} , powtarza się porównanie napięć U_f i U_g , natomiast w przypadku, gdy wartość temperatury T_{b2} wyzwalacza termicznego toru pomocniczego jest większa od jego temperatury krytycznej T_{k2} , rozłącza się zestyk toru pomocniczego i zestyk toru pomiarowego i w ten sposób odłącza się od zasilania zabezpieczaną instalację.

Istota układu wyłącznika selektywnego o zwiększonym zakresie selektywności, wyposażonego w główny tor prądowy, zawierający wyzwalacz termobimetalowy, wyzwalacz elektromagnetyczny i zestyk zwierny, pomocniczy tor prądowy, zawierający wyzwalacz termobimetalowy, zestyk zwierny i rezystor ograniczający oraz tor pomiarowy zawierający zestyk zwierny, rezystor ograniczający i przełącznik podnapięciowy charakteryzuje się tym, że do rezystora ograniczającego prąd w obwodzie pomocniczym, dołączony jest równolegle dodatkowy tor prądowy w postaci szeregowego połączenia zestyku zwiernego dodatkowego toru prądowego oraz regulowanego rezystora ograniczającego dodatkowego toru prądowego. Wyjście normalnie otwartego zestyku zwiernego dodatkowego toru prądowego połączone jest z pierwszym wyprowadzeniem regulowanego rezystora ograniczającego dodatkowego toru prądowego a wejście tego zestyku połączone jest z pierwszym wyprowadzeniem rezystora ograniczającego pomocniczego toru prądowego, natomiast drugie wyprowadzenie tego rezystora połączone jest z drugim wyprowadzeniem regulowanego rezystora ograniczającego dodatkowego toru prądowego i wyjściem wyłącznika selektywnego o zwiększonej selektywności działania. Do wyjścia wyłącznika selektywnego przyłączony jest tor pomiarowy składający się z równoległego połączenia dodatkowego zwłocznego przełącznika podnapięciowego oraz podstawowego przełącznika podnapięciowego, których wejścia przyłączone są do wyjścia wyłącznika selektywnego o zwiększonej selektywności działania, zaś ich wyjścia przyłączone są do przewodu neutralnego instalacji, za pośrednictwem szeregowego połączenia, zestyku zwiernego toru pomiarowego i rezystora ograniczającego toru pomiarowego.

Sposób zwiększenia selektywności zabezpieczenia instalacji elektrycznej oraz wyłącznik selektywny o zwiększonym zakresie selektywności, według wynalazku pozwala na zachowanie selektywności, w momencie wystąpienia zwarcia w chronionej instalacji przy zmiennym napięciu zasilającym, niższym od napięcia znamionowego. W praktyce często zdarza się, że w chronionej instalacji występuje okresowe obniżenie napięcia zasilania a dotyczy to zwłaszcza instalacji elektrycznych w zakładach przemysłowych w okresach przyłączenia dużych odbiorników energii np. pieców łukowych, instalacji zasilanych z rezerwowych układów zasilania, instalacji współpracujących z odnawialnymi źródłami energii, instalacji obiektów znajdujących się na obszarach wiejskich zasilanych przez linie napowietrzne,

w których występują duże wartości spadków napięcia oraz instalacji tymczasowych na placach budowy o niestabilnych warunkach poboru energii. Rozwiązanie według wynalazku zapewnia selektywną pracę przy zmiennym, obniżonym napięciu zasilania i poprawną koordynację działania pomiędzy kolejnymi zabezpieczeniami. Zaletą rozwiązania jest możliwość nastawiania różnych wartości granicznych obniżonego napięcia zasilającego, w zależności od prognozowanych warunków obniżających to napięcie oraz zabezpieczenie aby wartość prądu zwarciovego płynącego pomocniczym torem prądowym była na odpowiednim poziomie gwarantującym selektywność działania urządzeń. Niewątpliwymi zaletami wynalazku są: praktyczne poszerzenie zakresu pełnej selektywności działania zabezpieczeń, ułatwienie doboru zabezpieczeń na etapie projektowania a także kompaktowa konstrukcja wyłącznika selektywnego o zwiększonym zakresie selektywności a także niski koszt wdrożenia jego produkcji w oparciu o istniejące rozwiązania.

Przedmiot wynalazku objaśniony jest na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia algorytm sposobu zwiększenia selektywności zabezpieczenia instalacji elektrycznej przy obniżonym zmiennym napięciu zasilającym, natomiast Fig. 2 przedstawia schemat wyłącznika selektywnego o zwiększonym zakresie selektywności przy obniżonym zmiennym napięciu zasilającym.

Realizacja sposobu zwiększenia selektywności zabezpieczenia instalacji elektrycznej według wynalazku oparta jest o nową konstrukcję wyłącznika selektywnego o zwiększonym zakresie selektywności. Konstrukcja wyłącznika selektywnego według wynalazku została, względem klasycznego wyłącznika selektywnego, rozbudowana o dodatkowy regulowany rezystor ograniczający **9**, styk zwirny **8** oraz przekaźnik podnapięciowy **11**. Szeregowe połączenie rezystora dodatkowego **9** oraz styku zwirnego **8** stanowi dodatkowy tor prądowy przyłączony równolegle do rezystora ograniczającego pomocniczego toru prądowego **10**. Dodatkowy przekaźnik podnapięciowy, ze zwłoką czasową o wartości granicznej obniżonego napięcia równej U_d przyłączony jest równolegle do podstawowego przekaźnika podnapięciowego o wartości granicznej napięcia równej U_g stanowiącego element toru pomiarowego. Rozbudowa toru pomocniczego, w którym oprócz rezystora ograniczającego **10** dołączona jest do niego równolegle gałąź składająca się z regulowanego rezystora ograniczającego **9** i styku zwirnego **8**, stanowiąca dodatkowy tor prądowy, powoduje że przy obniżonym napięciu zasilania, w momencie wystąpienia zwarcia, wypadkowa rezystancja ograniczająca jest niższa, niż rezystancja toru pomocniczego w wersji klasycznej. Skutkiem takiego działania ograniczony prąd zwarcia płynący pomocniczym torem prądowym, będzie na poziomie umożliwiającym zadziałanie zabezpieczenia bliższego miejsca zwarcia. Załączanie styku zwirnego dodatkowego toru prądowego **8** sterowane jest z dodatkowego przekaźnika podnapięciowego **11**, ze zwłoką czasową, o regulowanej wartości granicznej obniżonego napięcia równej U_d , realizującej ciągły pomiar napięcia zasilania i porównujący tę wartość z wartościąadaną przekaźnika i załączający styk **8**, przy obniżonym napięciu zasilania. W przypadku spadku napięcia poniżej wartości progowej, dodatkowy zwłoczny przekaźnik podnapięciowy **11** $< U_d$, po czasie zwłoki Δt , zwiera styk **8** równoległego do rezystora **10** regulowanego rezystora **9**, by w momencie wystąpienia zwarcia w układzie wartość prądu zwarciovego płynącego pomocniczym torem prądowym była na odpowiednim poziomie gwarantującym selektywność działania zabezpieczeń. Zwłoka czasowa Δt przekaźnika podnapięciowego **11** $< U_d$ została wprowadzona w celu uniemożliwienia zamknięcia zestyku zwirnego **8** w przypadku zwarć występujących przy nominalnym napięciu (brak zwłoki czasowej mógłby powodować załączenie styku **8** również w przypadku zwarcia przy nominalnym napięciu) oraz w przypadku krótkotrwałych zapadów napięcia.

W przykładzie wykonania wyłącznika selektywnego o zwiększonym zakresie selektywności wykorzystano układ klasycznego wyłącznika selektywnego typu E25 firmy Hager. W dodatkowym torze prądowym zastosowany został regulowany rezystor dodatkowy **9**, który stanowi rezystor drutowy (miedziany) o rezystancji 10,5 Ohm. Rezystor regulowany R_D wyłącznika selektywnego **9**, zbudowanego w oparciu o wyłącznik E25, który pozwala na uzyskanie pełnej selektywności działania zabezpieczeń przy zmianach napięcia zasilania w zakresie (175–210) V oraz impedancji pętli zwarcia zmieniającej się w zakresie od (0,1–1,0) Ω , wykonany jest w taki sposób, że jego rezystancja jest regulowana w zakresie: $R_D = (0,5 - 16,3) \Omega$. Wartość rezystancji nastawnej rezystora regulowanego R_D w zależności od impedancji pętli zwarcia oraz od najniższej spodziewanej wartości napięcia zasilania w miejscu zainstalowania zabezpieczenia selektywnego ES25 należy wyznaczyć według poniższej zależności:

$$R_D = \frac{\left(\frac{U_f}{I_{OGR}} - Z_K\right) R_G}{R_G - \left(\frac{U_f}{I_{OGR}} - Z_K\right)}$$

gdzie:

R_G – rezystor ograniczający pomocniczego toru prądowego (10)

U_f – napięcie fazowe zasilania

Z_K – impedancja pętli zwarcia

I_{OGR} – minimalny ograniczony prąd zwarcia wymagany ze względu na zachowanie selektywności działania zabezpieczeń.

Jako dodatkowy przełącznik podnapięciowy 11 zastosowany został przełącznik podnapięciowy o napięciu podtrzymania 200 V, którego elementem wykonawczym jest zestyk zwierny 8 znajdujący się w torze regulowanego rezystora dodatkowego 9. Pozostałe elementy wchodzące w skład rozwiązania pozostają bez zmian w stosunku do klasycznego wyłącznika selektywnego, w przypadku którego rezystor pomocniczy 10 to rezystor drutowy o rezystancji 1,75 Ohm, natomiast przełącznik podnapięciowy podstawowy 12 przełącznik podnapięciowy o napięciu 150 V. Klasyczny wyłącznik pozwala na uzyskanie zwarciowej selektywności działania, z wyłącznikiem poprzedzającym o charakterystyce B, dla prądu znamionowego do 16 A. Wyłącznik selektywny według wynalazku pozwala na uzyskanie selektywności działania zabezpieczeń, przy zastosowaniu wyłącznika poprzedzającego o charakterystyce B i prądzie znamionowym 20 A lub nawet 25 A, przy impedancji pętli zwarcia wynoszącej 0,25 Ohm.

Rozwiązanie według wynalazku poszerza funkcjonalność klasycznych wyłączników selektywnych. Opiera się na prostej modyfikacji dotychczas stosowanych układów a co za tym idzie jest rozwiązaniem łatwym do wdrożenia. Stosowanie rozwiązania według wynalazku umożliwia skuteczniejsze zabezpieczenie tych instalacji, w których mogą pojawiać się okresowe obniżenia wartości napięcia w instalacji zasilającej.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób poszerzenia zakresu funkcji selektywności działania zabezpieczeń instalacji elektrycznej, polegający na opóźnionym odłączeniu od zasilania obwodów instalacji poprzedzających miejsce wystąpienia zwarcia, w przypadku braku odłączenia tej części instalacji, w której wystąpiło zwarcie, **znamienny tym**, że:
 - nastawia się regulowany rezystor ograniczający dodatkowego toru prądowego (9) na wartość gwarantującą uzyskanie właściwej wartości ograniczonego prądu zwarciowego przy obniżonym napięciu zasilania U_d ,
 - załącza się jednocześnie zestyk zwierny toru pomocniczego (4) oraz zestyk zwierny toru pomiarowego (6),
 - porównuje się wartość napięcia zasilania U_f z wartością zadaną napięcia nominalnego U_g , podstawowego przełącznika podnapięciowego (12),
 - dla napięcia zasilania U_f większego od zadanej wartości granicznej napięcia włączenia U_g ($U_f > U_g$) załącza się zestyk zwierny głównego toru prądowego (7),
 - przy wartości napięcia zasilania U_f mniejszej od zadanej wartości granicznej napięcia włączenia U_g ($U_f < U_g$), nie załącza się zestyku zwiernego głównego toru prądowego (7), a prąd obciążenia I_o obwodu zabezpieczanego płynie przez tor pomocniczy,
 - jednocześnie porównuje się wartość napięcia zasilania U_f z zadaną wartością graniczną obniżonego napięcia dodatkowego przełącznika podnapięciowego U_d (11),
 - przy napięciu zasilania U_f mniejszym od zadanej wartości granicznej dodatkowego przełącznika podnapięciowego (11), U_d ($U_f < U_d$) załącza się, z opóźnieniem Δt , zestyk zwierny dodatkowego toru prądowego (8), i zmniejsza się wartość rezystancji zastępczej w torze pomocniczym zmniejszając ograniczenie prądu w przypadku wstąpienia zwarcia przy obniżonym napięciu zasilania w instalacji,
 - przy wartości prądu obciążenia I_o obwodu zabezpieczanego, znacznie większej od wartości prądu znamionowego wyłącznika selektywnego I_n ($I_o \gg I_n$), rozłącza się bezzwłocznie zestyk

- głównego toru prądowego (7), poprzez zadziałania wyzwalacza elektromagnetycznego głównego toru prądowego (5),
- przy wartości prądu obciążenia I_0 obwodu zabezpieczanego, mniejszej od wartości prądu powodującego działanie wyzwalacza elektromagnetycznego głównego toru prądowego (5), element bimetalowy wyzwalacza termobimetalowego głównego toru prądowego (3), nagrzewa się do temperatury pracy T_{b3} wyzwalacza termobimetalowego głównego toru prądowego (3),
 - przy wartości temperatury pracy T_{b3} wyzwalacza termobimetalowego głównego toru prądowego (3), większej od jego temperatury krytycznej T_{k3} , rozłącza się zestyk zwierny głównego toru prądowego (7),
 - przy rozłączonym styku zwiernym głównego toru prądowego (7), prąd obciążenia I_0 obwodu zabezpieczanego, płynie przez tor pomocniczy, nagrzewając do wartości temperatury pracy T_{b2} wyzwalacz termiczny toru pomocniczego (2),
 - przy wartości temperatury pracy T_{b2} wyzwalacza termobimetalowego toru pomocniczego (2), większej od jego temperatury krytycznej wyzwolenia T_{k2} , rozłącza się zestyk toru pomocniczego (4) i zestyk toru pomiarowego (6), i odłącza się od zasilania zabezpieczany obwód.
2. Wyłącznik selektywny o zwiększonej selektywności działania wyposażony w główny tor prądowy, zawierający wyzwalacz termobimetalowy (3), wyzwalacz elektromagnetyczny (5) i zestyk zwierny (7), pomocniczy tor prądowy, zawierający wyzwalacz termobimetalowy (2), zestyk zwierny (4) i rezystor ograniczający (10) oraz tor pomiarowy zawierający zestyk zwierny (6), rezystor ograniczający (13) i przełącznik podnapięciowy (12), **znamienny tym**, że do rezystora (10) ograniczającego prąd w obwodzie pomocniczym, dołączony jest równolegle dodatkowy tor prądowy w postaci szeregowego połączenia zestyku zwiernego (8) dodatkowego toru prądowego oraz rezystora ograniczającego (9) dodatkowego toru prądowego, przy czym wyjście normalnie otwartego zestyku zwiernego (8) połączone jest z pierwszym wyprowadzeniem rezystora (9) a wejście zestyku (8) połączone jest z pierwszym wyprowadzeniem rezystora ograniczającego (10) toru pomiarowego, natomiast drugie wyprowadzenie tego rezystora połączone jest z drugim wyprowadzeniem rezystora (9) i wyjściem wyłącznika selektywnego o zwiększonej selektywności działania, zaś do wyjścia wyłącznika selektywnego przyłączony jest tor pomiarowy składający się z równoległego połączenia dodatkowego zwłocznego przełącznika podnapięciowego (11) oraz podstawowego przełącznika podnapięciowego (12) których wejścia przyłączone są do wyjścia wyłącznika selektywnego o zwiększonej selektywności działania, zaś ich wyjścia przyłączone jest do przewodu neutralnego N instalacji, za pośrednictwem szeregowego połączenia zestyku zwiernego toru pomiarowego (6) i rezystora ograniczającego toru pomiarowego (13).

Rysunki

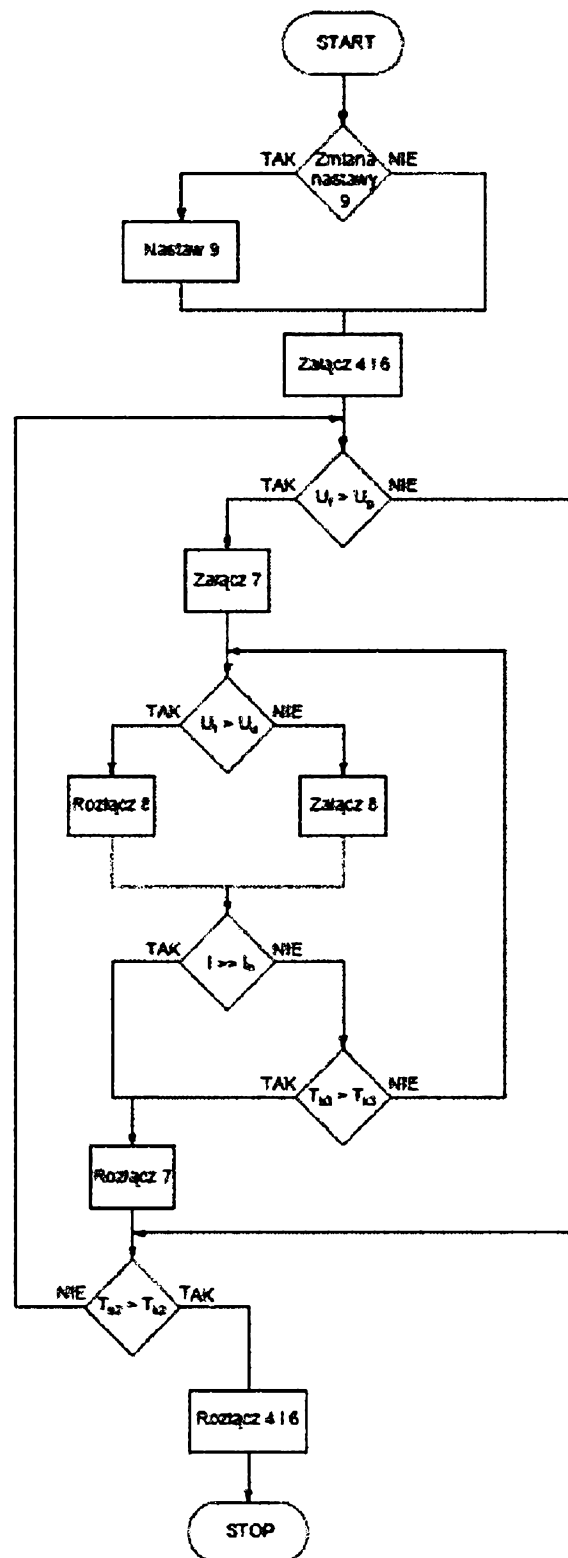


Fig. 1

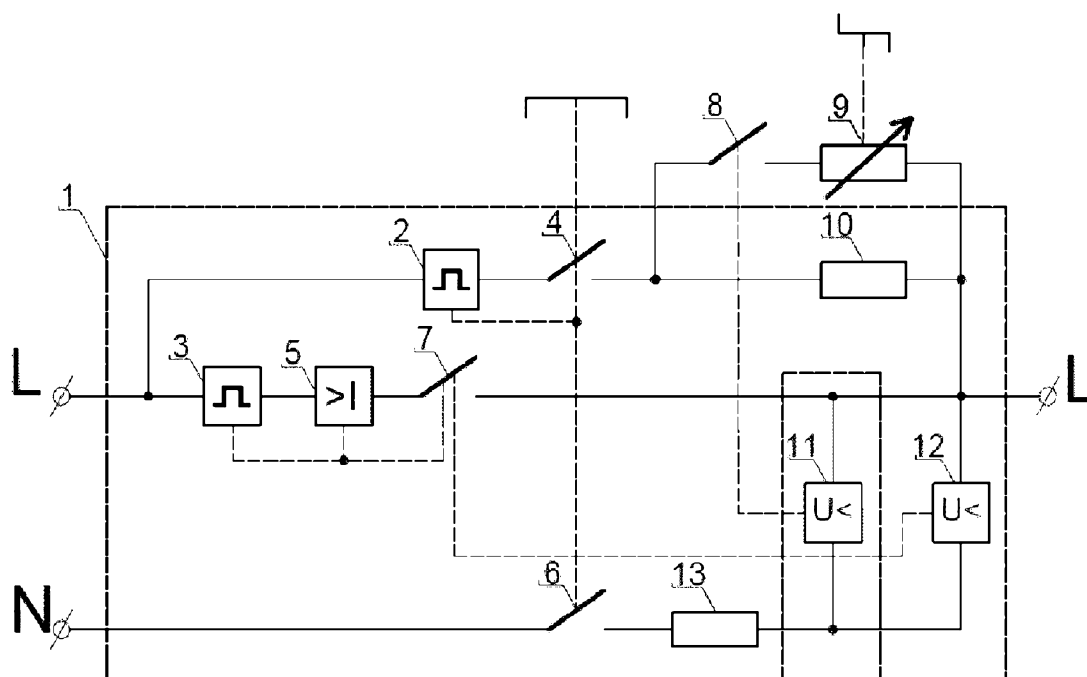


Fig. 2