

2

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

54080

Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 23.IV.1964 (P 104 403)

Pierwszeństwo:

Opublikowano: 20.X.1967

Kl. 21 c, 68/50

MKP H 02

BIBLIC KA

UKD rządu PRL
Prezesa Rady Ministrów

Współtwórcy wynalazku: dr inż. Stanisław Szpilka, mgr inż. Alfons Tomik, inż. Paweł Kudera, mgr inż. Joachim Piesiur

Właściciel patentu: Główny Instytut Górnictwa, Katowice (Polska)

Układ asymetrycznego zabezpieczenia trójfazowych silników elektrycznych i ich obwodów zasilających

1

Przedmiotem wynalazku jest układ asymetrycznego zabezpieczenia trójfazowych silników elektrycznych i ich obwodów, reagujący na asymetrię prądów będącą wynikiem pełnych i niepełnych zwarć dwufazowych, zwarć międzyzwojowych, oraz zwiększenia oporności lub przerwy w jednej fazie, w tym także w obwodzie wirnika.

Znane zabezpieczenia reagujące na asymetrię prądów, oparte na zasadzie odfiltrowania składowej symetrycznej przeciwnej kolejności faz prądów, wyposażone są na ogół w bardzo czułe spolaryzowane przekładniki, pobierające moc do zadziałania bezpośrednio z filtru prądowego. Wymaga to stosowania dokładnych przekładników prądowych o dużej mocy, celem uzyskania niezbędnej mocy filtru do zadziałania przekładnika przy małych asymetriach oraz zmniejszenia uchybu filtru. Oprócz tego zabezpieczenia takie mają tę wadę, że na skutek trudności zestrojenia filtru w szerokim zakresie zmian prądów, jak również wyeliminowania uchybu wypadkowego przekładników, oraz wobec występującej asymetrii odbiorników, pojawia się dość znaczny fałszywy sygnał wzrastający wraz z obciążeniem roboczym. Ogranicza to czułość tych zabezpieczeń do rzędu 30%, oraz zmusza do stosowania dość znacznej zwłoki czasowej, celem wyeliminowania fałszywych zadziałań.

Wyjątek stanowi tu zabezpieczenie trójfazowych sieci elektrycznych, reagujące na asymetrię prądów, które dzięki dokładnemu napięciowemu filtrowi

2

składowej symetrycznej przeciwnej kolejności faz prądów, współpracującemu z przekładnikiem za pośrednictwem wzmacniacza o wejściu ograniczającym częściowo fałszywe sygnały w stanach nieustalonych, działa praktycznie bezwzględnie z dużą czułością maksymalną wynoszącą 15% w stosunku do prądu znamionowego. Zabezpieczenie to jednak nie nadaje się do pojedynczego silnika, gdyż jego prąd rozruchowy wielokrotnie przekraczałby prąd znamionowy zabezpieczenia, co nie występuje tak drastycznie w sieci zasilającej grupę odbiorników, mogących w najniekorzystniejszych przypadkach rozruchu spowodować prąd maksymalny niewiele przekraczający prąd znamionowy. Przede wszystkim przy kilkakrotnym przekroczeniu prądu znamionowego, które w sieci może być spowodowane tylko zwarcie trójfazowym wzrasta sygnał od trzech harmonicznych prądów pojawiających się nieuchronnie w obwodach wtórnych przekładników prądowych, mogący spowodować fałszywe zadziałanie zabezpieczenia. Również następuje tutaj duży wzrost nieustalonej asymetrii w chwili zamykania styków łącznika, oraz w okresie trwania przetężenia potęguje się asymetria wstępna, spowodowana warunkami zasilania i różnicami w impedancjach poszczególnych faz silnika.

Poza tymi trudnościami, w zabezpieczeniu pojedynczego silnika chodzi o dalsze zwiększenie czułości, celem objęcia ochroną również uszkodzeń wewnętrznych.

Wszystkie dotychczasowe trudności i wady zostały usunięte dzięki zastosowaniu układu według wynalazku. Istota wynalazku polega na zastosowaniu dwóch filtrów napięciowych składowych symetrycznych przeciwnej i zgodnej kolejności faz prądów uniwersalnych do dowolnej kolejności faz sieci, zasilanych z dwóch dwuuzwojeniowych przekładników prądowych o małej mocy, przy czym filtr składowej przeciwnej stanowi człon rozpoznający stan awaryjny zabezpieczonego obiektu, sterujący przez bardzo czuły wzmacniacz tranzystorowy przekazywnikiem wykonawczym, zaś filtr składowej zgodnej, steruje członem korygującym odpowiednio czułość wzmacniacza na okres trwania przetężeń symetrycznych. Poza tym w obwodzie filtru składowej przeciwnej, celem zwiększenia czułości zastosowano filtr częstotliwościowy eliminujący wpływ trzeciej harmonicznej od składowej zgodnej, występującej w prądach wtórnych przekładników. Istotne jest również sterowanie członu korygującego czułość w chwili załączenia silnika, zrealizowanego stykami pomocniczymi łącznika, dla odstrojenia się od nieustalonej asymetrii, pojawiającej się na skutek nierównoczesnego zamykania styków łącznika włączającego silnik. W efekcie uzyskano bardzo wysoką czułość maksymalną zabezpieczenia na składową symetryczną przeciwnej kolejności faz prądu wynoszącą 5% prądu znamionowego, przy działaniu praktycznie bezzwłocznym.

Wynalazek przedstawiony jest w przykładowym wykonaniu na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia układ połączeń zabezpieczenia asymetrycznego trójfazowego silników, fig. 2 — zależność czułości zabezpieczenia C od składowej zgodnej prądu J1 w stosunku do prądu znamionowego JN, zaś fig. 3 charakterystykę czasowo zależną zabezpieczenia, jako funkcję czasu zadziałania t od stosunku składowych przeciwnej kolejności faz prądów I2, I2r.

Zabezpieczenie składa się z członu pomiarowego CP, członu wykonawczego CW, oraz zasilacza sieciowego ZS. Człon pomiarowy CP ma dwa obciążone przekładniki prądowe dwuuzwojeniowe I11, I12 oraz I21, I22, podłączone do dwóch dowolnych faz obwodu trójfazowego, oraz samoczynny przełącznik kolejności faz zaopatrzony w bezpośredni filtr kolejności faz napięć składający się z oporników R27 i kondensatora C11, podłączonych do odpowiednich faz obwodu jak przekładniki prądowe, oraz z prostownika w układzie Gretza Pr3, oporu R26 i przekazywnika P2.

Główne uzwojenia wtórne prądowych przekładników I11 i I21 obciążone są jednakowymi dzielnikami oporowymi R1 i R2, oraz przesuwnikami fazowymi składającymi się z kondensatora C1 i dzielnika oporowego R3 i R4, zaś uzwojenia pomocnicze I21 i I22 obciążone są podobnie, lecz dzielnikami z R5 i R6, oraz przesuwnikami C2, R7 i R8.

Połączenia oporników R2 z opornikami R4 oraz analogiczne oporników R6 z R8 przez odpowiednie styki przekazywnika P2 do zacisków wyjściowych a—b oraz c—d, stanowią właściwe filtry napięciowe składowych symetrycznych przeciwnej i zgodnej kolejności faz prądu, niezależnie od występującej kolejności faz w obwodzie zabezpieczonym.

Na wejściu a—b członu wykonawczego CW znaj-

dują się w kolejności równolegle włączone obwody: korektora czułości składającego się z opornika R20 i tranzystora T6, filtru częstotliwościowego z indukcyjności L1 i L2 i kondensatora C3, korektora charakterystyki z diody D1 i kondensatora C4, opornika wejściowego R10, oraz kompensacji temperaturowej złożonej z oporników R11, R12, R13, R14, diody D2 i tranzystora T3 — połączone przez opornik R9 i opornik regulowany Rr ze wzmacniaczem na tranzystorach T1 i T2, których kolektory połączone są z przekazywnikiem wykonawczym P1. Styk p11 przekazywnika P1 bocznikuje emiter i kolektor tranzystora T2. Drugi zestyk przełączny p12 włączany jest w obwód przekazywnika Pst sterującego stycznikiem głównym zabezpieczonego obwodu St, oraz w obwód lampki sygnalizacyjnej L.

Natomiast na drugim wejściu c—d członu wykonawczego CW połączonym z filtrem składowej zgodnej, znajduje się prostownik Pr2 połączony przez filtr wygładzający złożony z kondensatora C9 i oporników R16 i R17 ze wzmacniaczem prądu stałego na tranzystorach T4 i T5 o oporze wejściowym R18, których kolektory połączone są z opornikiem obciążającym R15, oraz bazą tranzystora T6 — korektora czułości.

Dodatkowo na wejście wzmacniacza prądu stałego za pośrednictwem styku pst przekazywnika Pst włączony jest szeregowy układ opornika R19 i naładowanego kondensatora C10.

Wzmacniacze zasilane są z zasilacza prądu stałego ZS składającego z prostownika w układzie Gretza Pr1 — którego zaciski g — h podłączone są do napięcia prądu zmiennego, z filtru wygładzającego C7, C8 i R25, oraz z dzielnika oporowego R21, R22, R23, R24 stabilizowanego diodami Zenera Dz1 i Dz2.

Do zacisków wyjściowych e—f członu pomiarowego CP połączony jest przycisk Pp do przeprowadzania próby.

Przed załączeniem stycznika St, włączającego zabezpieczany odcinek wraz z silnikiem S do sieci, następuje samoczynne dopasowanie filtrów składowych symetrycznych przeciwnej i zgodnej kolejności faz prądów do występującej w sieci kolejności faz, dzięki filtrowi kolejności faz napięć, na którym pojawia się sygnał uruchamiający przekazywnik P2 tylko w przypadku kolejności faz niezgodnej ze stanem zainstalowania zabezpieczenia.

Styki przełączne przekazywnika P2 służą do połączenia będących do dyspozycji użytecznych spadków napięć na oporach R2 oraz R6 dzielników obciążających i na oporach R4 oraz R8 dzielników przesuwników fazowych w ten sposób, aby niezależnie od kolejności faz, zawsze na zaciskach a—b pojawiał się sygnał napięciowy proporcjonalny do składowej symetrycznej przeciwnej kolejności faz prądów, zaś na zaciskach c—d sygnał proporcjonalny do składowej symetrycznej zgodnej kolejności faz prądu. Poziomy tych sygnałów jak i czułości współpracujących wzmacniaczy są tak dobrane, aby sygnał uruchamiający przekazywnik wykonawczy P1 za pośrednictwem wzmacniacza odpowiadał składowej przeciwnej prądu o wartości 5% prądu znamionowego, zaś sygnał wyprostowany, zaczynający reagować na wzmacniacz prądu stałego, odpo-

wiadał składowej zgodnej prądu poczynawszy od wartości 150% prądu znamionowego.

Na wyjściu **a—b** czułego filtru składowej przeciwniej, pojawia się również sygnał od trzeciej i dalszych harmonicznych składowej zgodnej w wyniku odkształcenia prądów wtórnych, który celem zapewnienia wysokiej czułości zabezpieczenia jest eliminowany przez filtr częstotliwościowy **L1**, **L2** oraz **C3**.

Do załączenia stycznika **St** układ przygotowany jest w ten sposób, że obwód pojemności **C10** i oporu **R19** łąduje się przez styk **pst** napięciem z zasilacza, osiągając potencjał **+2**, zaś wzmacniacz **T4**, **T5** spolaryzowany jest przepustowo tak, że praktycznie potencjał **+3** polaryzuje maksymalnie zaporowo tranzystor **T6** korektora czułości, nie znieczulając w tym stanie wzmacniacza prądu zmiennego **T1**, **T2**. W chwili załączania, styki **pst** przełączają naładowany obwód **C10**, **R19** na wejście wzmacniacza **T4**, **T5** powodując jego polaryzację zaporową na krótki okres określony stałą czasową tego obwodu. W tym czasie potencjał **+1** polaryzuje przepustowo tranzystor **T6**, powodując zmniejszenie czułości do poziomu określonego oporem **R20**, niezbędnego dla odstrojenia się od asymetrii w stanie nieustalonym, pochodzącej od nierównoczesnego łączenia styków stycznika **St**. Jednocześnie w obwodzie zaczyna płynąć duży prąd rozruchowy załączonego silnika **S**, uwypuklający wielokrotnie jego dopuszczalną asymetrię, powodującą pojawienie się znacznego sygnału na filtrze składowej przeciwniej, oraz dużego sygnału na filtrze składowej zgodnej. Zabezpieczenie jednak nie zadziała, gdyż sygnał od składowej zgodnej po wyprostowaniu polaryzuje zapasowo wzmacniacz **T4**, **T5**, powodując zmniejszenie czułości w sposób omówiony wyżej, przy czym intensywność i czas trwania znieczulenia są funkcją prądu składowej zgodnej, którą przedstawiono na fig. 2.

Przy normalnej pracy silnika **S** nie zadziała więc korektor czułości. Dopiero po pojawieniu się asymetrii w prądach na wyjściu filtru składowej przeciwniej, powstaje sygnał, który wzmocniony przez wzmacniacz **T1**, **T2**, uruchamia przekaźnik **P1**, powodujący wyłączenie silnika **S** oraz zaświecenie lampki sygnalizacyjnej **L**. Przy dużych zwarciach dwufazowych pojawia się również składowa zgodna, powodująca działanie korektora czułości, co jednak nie zablokuje zabezpieczenia, gdyż w tym przypadku składowa przeciwna wielokrotnie przekracza wielkość rozruchową.

Obwód diody **D1** i kondensatora **C4** jest przeznaczony do kształtowania charakterystyki czasowo-zależnej, przedstawionej na fig. 3, co ma istotne znaczenie przy współpracy kilku zabezpieczeń. Jest on ważnym uzupełnieniem korektora czułości w zakresie odstrojenia się od krótkotrwałych asymetrii, szczególnie gdy są spowodowane poza zabezpieczonym obwodem.

Działanie kompensatora temperaturowego w zakresie do **+45°C** polega na zmianie oporności wejściowej przez obwód opornika **R11** oraz tranzystora **T3**, do sterowania którego wykorzystano zależność prądu wstecznego diody **D2** od temperatury, jak i zmianę prądów zerowych tranzystorów **T2** i **T3**, co zapewniają sprzężenia oporowe **R11**, **R14**. Opor-

nik regulowany **Rr** służy do zmiany czułości zabezpieczenia, zaś przycisk **Pp** daje możliwości próbnego sprawdzenia całego układu przy normalnym obciążeniu symetrycznym.

Zasadniczym osiągnięciem zabezpieczenia według wynalazku jest praktycznie bezzwłoczne reagowanie na zwarcie dwufazowe z wysoką czułością, a więc również na zwarcia niepełne, oraz zwarcie wewnętrzne w silniku, co jest warunkiem zwiększenia bezpieczeństwa eksploatacji, jak i ograniczenia rozmiarów uszkodzenia przez jego wczesne wykrycie, bądź ograniczenie działania ciepłego prądu zwarcia. Zabezpieczenie niedopuszcza do pracy dwufazowej silników również na biegu jałowym.

Układ zabezpieczenia oparty jest na elementach miniaturowych, co umożliwia wykonanie urządzenia o małym ciężarze i małych gabarytach. Zabezpieczenie nie wymaga fazowania, a tym samym dopuszcza do zmiany kolejności faz sieci, co często następuje przy zmianach kierunku obrotów silnika.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ asymetrycznego zabezpieczenia trójfazowych silników elektrycznych i ich obwodów, reagujący na asymetrię prądów, **znamienny tym**, że ma człon pomiarowy (**CP**) zaopatrzony w dwa napięciowe uniwersalne filtry (**Fp** i **Fz**) składowych symetrycznych przeciwniej i zgodnej kolejności faz prądów, podłączone do dwóch dwuuzwojeniowych przekładników prądowych małej mocy (**I11**, **I21**) i (**I21**, **I22**), włączonych do dowolnych faz sieci, oraz w bezpośredni filtr (**Fn**) kolejności faz napięć, połączony przez prostownik (**Pr2**) z przekątnikiem (**P2**), przełączającym filtry (**Fp**, **Fz**) składowych symetrycznych prądów, do występującej kolejności faz w obwodzie zabezpieczanym.
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zaciski wyjściowe (**a—b**) członu pomiarowego (**CP**) połączone są z wejściem członu wykonawczego (**CW**) zowierającym równolegle połączone obwody; korektora czułości (**R20** i **T6**), filtru częstotliwościowego (**L1**, **L2**, **C3**), korektora charakterystyki (**D1** i **C4**), oporu wejściowego (**R10**), oraz kompensacji temperaturowej (**R11**, **R12**, **R13**, **R14**, **D2**, **T3**), które to obwody połączone są przez opornik (**R9**) i opornik regulowany (**Rr**) ze wzmacniaczem na tranzystorach (**T1** i **T2**), do których w kolektory włączony jest przekaźnik wykonawczy (**P1**), zaś zaciski wyjściowe (**c—d**) połączone są przez prostownik (**Pr2**) i filtr wygładzający (**C9**, **R16** i **R17**) ze wzmacniaczem prądu stałego na tranzystorach (**T4** i **T5**), których kolektory połączone są z oporem obciążającym (**R15**) oraz z bazą tranzystora (**T6**) korektora czułości.
3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że obwód opornika (**R19**) i kondensatora (**C10**) naładowanego uprzednio z zasilacza (**ZS**) do potencjału **(+2)**, przełączany jest na wejście wzmacniacza prądu stałego (**T4** i **T5**) za pomocą styku pomocniczego (**pst**) przekaźnika włączającego stycznik **St** uruchamiającego zabezpieczany silnik (**S**).

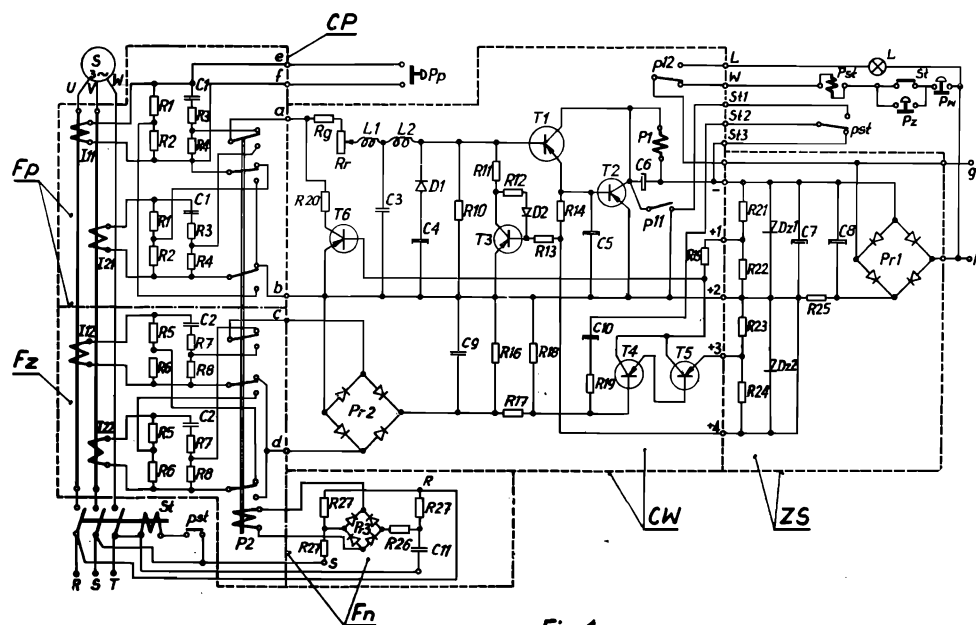


Fig.1

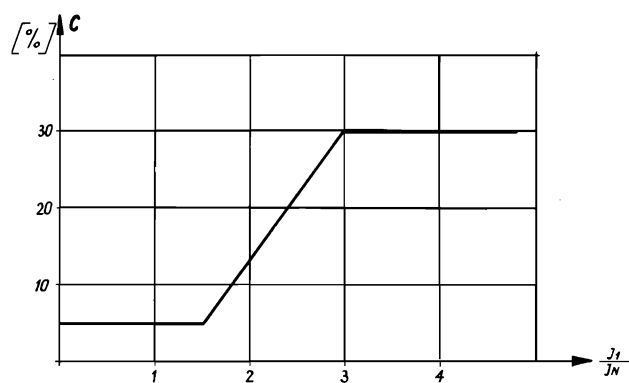


Fig.2

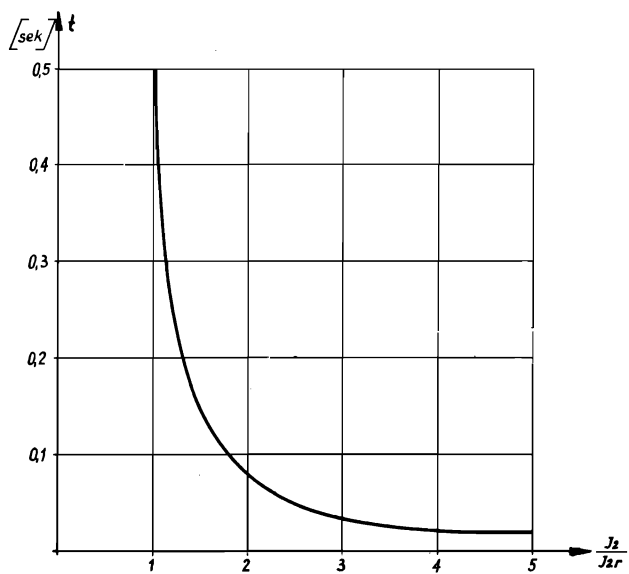


Fig.3