

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **238728**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **432458**

(51) Int.Cl.
H02H 3/33 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **30.12.2019**

(54)

System zabezpieczenia różnicowoprądowego

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

02.11.2020 BUP 23/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

27.09.2021 WUP 26/21

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA OPOLSKA, Opole, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

JAROSŁAW ZYGARLICKI, Krzyżowice, PL

MAŁGORZATA ZYGARLICKA, Krzyżowice, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Wiesława Surmiak

PL 238728 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ zabezpieczenia różnicowoprądowego przeznaczony do instalowania w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia, dla ochrony ludzi przed porażeniem prądem elektrycznym.

Znany jest z publikacji E. Skrzyneckiego „Zabezpieczenia różnicowoprądowe”, <http://www.sonel.pl/pl/teoria-pomiarow/zabezpieczenia-roznicowopradowe.html>, listopad 2016, Schemat obwodu zabezpieczonego wyłącznikiem różnicowoprądowym, w którym wejście fazowe systemu zabezpieczenia różnicowoprądowego stanowi wejście fazowe wyłącznika różnicowoprądowego zawierającego przekładnik prądowy Ferrantiego, którego wyjście fazowe stanowi wyjście fazowe systemu. Wejście neutralne systemu zabezpieczenia różnicowoprądowego stanowi wejście neutralne wyłącznika różnicowoprądowego zawierającego przekładnik prądowy Ferrantiego, którego wyjście neutralne stanowi wyjście neutralne systemu. Wyjście fazowe systemu zabezpieczenia różnicowoprądowego połączone jest z wejściem fazowym odbiornika energii elektrycznej. Wyjście neutralne systemu zabezpieczenia różnicowoprądowego połączone jest z wejściem neutralnym odbiornika energii elektrycznej. Wyjście ochronne systemu zabezpieczenia różnicowoprądowego połączone jest z wejściem ochronnym odbiornika energii elektrycznej. Wejście ochronne systemu zabezpieczenia różnicowoprądowego połączone jest z uziemieniem.

W przypadku zasilania większej liczby obwodów chronionych, znany układ powoduje powstawanie niepożądanych wyłączeń wyłącznika różnicowoprądowego wskutek sumowania się prądów upływności. W przypadku zasilania elektronicznych urządzeń impulsowych większej mocy, mogą występować przerwy w ich zasilaniu, co najczęściej przynosi wymierne straty.

Istota systemu zabezpieczenia różnicowoprądowego według wynalazku polega na tym, że końcówka pierwsza uzwojenia wtórnego przekładnika prądowego Ferrantiego połączona jest z końcówką pierwszą rezystora pierwszego i z wejściem wzmacniacza pomiarowego, którego wyjście połączone jest z wejściem filtra dolnoprzepustowego. Wyjście filtra dolnoprzepustowego połączone jest z wejściem filtra górnoprzepustowego i z wejściem przetwornika, analogowo-cyfrowego układu przetwarzania sygnałów cyfrowych, którego wyjście przetwornika cyfrowo-analogowego połączone jest z wejściem nieodwracającym wzmacniacza mocy. Wyjście filtra górnoprzepustowego połączone jest z wejściem odwracającym wzmacniacza mocy, którego wyjście połączone jest z końcówką pierwszą rezystora drugiego. Końcówka druga uzwojenia pierwotnego pierwszego przekładnika prądowego Ferrantiego połączona jest z wejściem fazowym wyłącznika różnicowoprądowego, a końcówka druga uzwojenia pierwotnego drugiego przekładnika prądowego Ferrantiego połączona jest z wejściem neutralnym wyłącznika różnicowoprądowego. Końcówka druga rezystora drugiego połączona jest z wyjściem neutralnym systemu według wynalazku.

System zabezpieczenia różnicowoprądowego według wynalazku umożliwia, dzięki zastosowaniu filtra górnoprzepustowego i układu przetwarzania sygnałów cyfrowych, analizę pasm częstotliwościowych prądów upływności oraz detekcję stanów rażenia prądem, co znacznie ogranicza ilość wyłączeń zasilania obwodów chronionych podnosząc poziom bezpieczeństwa ludzi znajdujących się w obrębie zasilanego obwodu. Ponadto system umożliwia, zasilanie większej liczby obwodów bez skutków występowania niepożądanych wyłączeń wyłącznika różnicowoprądowego, jak również ciągle zasilanie elektronicznych urządzeń impulsowych mocy. Zwiększona złożoność budowy systemu według wynalazku, przez szeregowo włączony niezmodyfikowany w swej budowie wyłącznik różnicowoprądowy o klasycznej strukturze, nie wpływa na obniżenie poziomu bezawaryjnej pracy systemu.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania Uwidoczniony jest na rysunku przedstawiającym układ blokowy systemu zabezpieczenia różnicowoprądowego.

Wejście **We** fazowe **L** systemu stanowi końcówka pierwsza uzwojenia pierwotnego pierwszego przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf**, którego końcówka druga połączona jest, z wejściem fazowym wyłącznika różnicowoprądowego **Rn**. Wejście **We** neutralne **N** systemu połączone jest z poziomem odniesienia i z końcówką pierwszą uzwojenia pierwotnego drugiego przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf**, którego końcówka druga połączona jest z wejściem neutralnym wyłącznika różnicowoprądowego **Rn**. Końcówka pierwsza uzwojenia wtórnego przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** połączona jest z końcówką pierwszą rezystora pierwszego **R1** i z wejściem wzmacniacza pomiarowego **K**, którego wyjście połączone jest z wejściem filtra dolnoprzepustowego **FDP**. Wyjście filtra dolnoprzepustowego **FDP** połączone jest z wejściem filtra górnoprzepustowego **FGP** i z wejściem przetwornika analogowo-cyfrowego układu przetwarzania sygnałów cyfrowych **uDSP**, którego wyjście przetwornika cy-

frowo-analogowego połączone jest z wejściem nieodwracającym wzmacniacza mocy **Wm**. Wyjście filtra górnoprzepustowego **FGP** połączone jest z wejściem odwracającym wzmacniacza mocy **Wm**, którego wyjście połączone jest z końcówką pierwszą rezystora drugiego **R2**. Końcówka druga rezystora pierwszego **R1**, wejście poziomu odniesienia wzmacniacza mocy **Wm** oraz końcówka druga uzwojenia wtórnego przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** połączone są z poziomem odniesienia. Wyjście fazowe wyłącznika różnicowoprądowego **Rn** stanowi wyjście **Wy** fazowe **L** systemu według wynalazku. Wyjście **Wy** neutralne **N** systemu według wynalazku połączone jest z końcówką drugą rezystora drugiego **R2** i z wyjściem neutralnym wyłącznika różnicowoprądowego **Rn**.

Zmienne napięcie z sieci elektroenergetycznej zasila wejście **We** fazowe **L** oraz wejście **We** neutralne **N** systemu według wynalazku.

W fazie pierwszej działania systemu według wynalazku, wyłącznik różnicowoprądowy **Rn** jest włączony i jego wejście fazowe jest zwarte z jego wyjściem fazowym, jego wejście neutralne jest zwarte z jego wyjściem neutralnym, a prądy upływności nie występują. Zmienne napięcie zasilające wejście **We** systemu według wynalazku powoduje przepływ zmiennego prądu przez uzwojenie pierwotne pierwsze przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** oraz przez wejście i wyjście fazowe wyłącznika różnicowoprądowego **Rn** do wyjścia **Wy** fazowego **L**. Zmienne napięcie zasilające wejście **We** systemu według wynalazku powoduje przepływ zmiennego prądu przez uzwojenie pierwotne drugie przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** oraz wejście i wyjście neutralne wyłącznika różnicowoprądowego **Rn** do wyjścia **Wy** neutralnego **N**. Wartości bezwzględne natężenia prądów płynących przez wejście **We** fazowe **L** oraz wejście **We** neutralne **N** są sobie równe i mają przeciwny znak, co powoduje, że zjawisko indukcji napięć w uzwojeniu wtórnym przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** nie zachodzi. Wyłącznik różnicowoprądowy **Rn** pozostaje w stanie włączenia.

W fazie drugiej działania systemu według wynalazku, wyłącznik różnicowoprądowy **Rn** jest włączony i jego wejście fazowe jest zwarte z jego wyjściem fazowym oraz jego wejście neutralne jest zwarte z jego wyjściem neutralnym, a dodatkowo pojawia się niezgodny ze wzorcem rażenia prąd upływności do ziemi na jednym z wyjść **Wy**. Zmienne napięcie zasilające wejście **We** systemu według wynalazku powoduje przepływ zmiennego prądu przez uzwojenie pierwotne pierwsze przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** oraz przez wejście i wyjście fazowe wyłącznika różnicowoprądowego **Rn** do wyjścia **Wy** fazowego **L**. Zmienne napięcie zasilające wejście **We** systemu według wynalazku powoduje przepływ zmiennego prądu przez uzwojenie pierwotne drugie przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** oraz przez wejście i wyjście neutralne wyłącznika różnicowoprądowego **Rn** do wyjścia **Wy** neutralnego **N**. Wartości bezwzględne natężenia prądów płynących przez wejście **We** fazowe **L** oraz przez wejście **We** neutralne **N** nie są sobie równe, w wyniku czego, zachodzi zjawisko indukcji napięć w uzwojeniu wtórnym przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf**. Wyindukowane zmienne napięcie z końcówki pierwszej uzwojenia wtórnego przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** podawane jest na wejście wzmacniacza pomiarowego **K**, w którym jest wzmacniane oraz na rezystor pierwszy **R1**, w którym jest normowane. Wzmocnione zmienne napięcie z wyjścia wzmacniacza pomiarowego **K** podawane jest na wejście filtra dolnoprzepustowego **FDP**, w którym pasmo częstotliwości składowych zmiennego napięcia jest ograniczane, w celu zapewnienia stabilności układu sprzężenia zwrotnego we wzmacniaczu mocy **Wm** oraz spełnienia warunku próbkowania sygnałów w układzie przetwarzania sygnałów cyfrowych **uDSP**. Odfiltrowane zmienne napięcie z wyjścia filtra dolnoprzepustowego **FDP**, podawane jest na wejście filtra górnoprzepustowego **FGP** i na wejście przetwornika analogowo-cyfrowego układu przetwarzania sygnałów cyfrowych **uDSP**. Odfiltrowane składowe wysokoczęstotliwościowe zmiennego napięcia wejściowego filtra górnoprzepustowego **FGP** z jego wyjścia podawane są na wejście odwracające wzmacniacza mocy **Wm**. Zmienne napięcie z wejścia przetwornika analogowo-cyfrowego układu przetwarzania sygnałów cyfrowych **uDSP** przetwarzane jest na postać cyfrową napięcia w przetworniku analogowo-cyfrowym układu przetwarzania sygnałów cyfrowych **uDSP** i poddawane jest przetwarzaniu cyfrowemu, które pozostawia w sygnale, składowe, niecharakterystyczne dla rażenia prądem elektrycznym. Przetworzony sygnał konwertowany jest w przetworniku cyfrowo-analogowym na postać analogową napięcia i z wyjścia przetwornika cyfrowo-analogowego układu przetwarzania sygnałów cyfrowych **uDSP** podawane jest na wejście nieodwracające wzmacniacza mocy **Wm**, gdzie sumowane jest ze zmiennym napięciem z jego wejścia odwracającego i wzmocnione podawane jest na wyjście wzmacniacza mocy **Wm**. Wzmocnione napięcie z wyjścia wzmacniacza mocy **Wm** podane na rezystor drugi **R2** powoduje przepływ zmiennego prądu, który dodaje się do zmiennego prądu płynącego do wyjścia **Wy** neutralnego **N** systemu według wynalazku i kompensuje niezgodny ze wzorcem rażenia prąd upływności do ziemi, powodując zanik zjawiska

indukcji napięć w uzwojeniu wtórnym przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** oraz powstrzymanie wyłącznika różnicowoprądowego **Rn** przed nieuzasadnionym rozłączeniem obwodów chronionych.

W fazie trzeciej działania systemu według wynalazku wyłącznik różnicowoprądowy **Rn** jest wyłączony i jego wejście fazowe jest zwarte z jego wyjściem fazowym oraz jego wejście neutralne jest zwarte z jego wyjściem neutralnym, a dodatkowo pojawia się zgodny ze wzorcem rażenia prąd upływności do ziemi na jednym z wyjść **Wy**. Zmienne napięcie zasilające wejście **We** systemu według wynalazku powoduje przepływ zmiennego prądu przez uzwojenie pierwotne pierwsze przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** oraz przez wejście i wyjście fazowe wyłącznika różnicowoprądowego **Rn** do wyjścia **Wy** fazowego **L**. Zmienne napięcie zasilające wejście **We** systemu według wynalazku powoduje przepływ zmiennego prądu przez uzwojenie pierwotne drugie przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** oraz wejście i wyjście neutralne wyłącznika różnicowoprądowego **Rn** do wyjścia **Wy** neutralnego **N**. Wartości bezwzględne natężenia prądów płynących przez wejście **We** fazowe **L** oraz wejście **We** neutralne **N** nie są sobie równe w wyniku czego zachodzi zjawisko indukcji napięć w uzwojeniu wtórnym przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf**. Wyindukowane zmienne napięcie z końcówki pierwszej uzwojenia wtórnego przekładnika prądowego Ferrantiego **Tf** podawane jest na wejście wzmacniacza pomiarowego **K**, w którym jest wzmacniane oraz na rezystor pierwszy **R1**, w którym jest normowane. Wzmocnione zmienne napięcie z wyjścia wzmacniacza pomiarowego **K** podawane jest na wejście filtra dolnoprzepustowego **FDP**, w którym pasmo częstotliwości składowych zmiennego napięcia jest ograniczane, w celu zapewnienia stabilności układu sprzężenia zwrotnego we wzmacniaczu mocy **Wm** oraz spełnienia warunku próbkowania sygnałów w układzie przetwarzania sygnałów cyfrowych **uDSP**. Odfiltrowane zmienne napięcie z Wyjścia filtra dolnoprzepustowego **FDP**, podawane jest na wejście filtra górnoprzepustowego **FGP** i na wejście przetwornika analogowo-cyfrowego układu przetwarzania sygnałów cyfrowych **uDSP**. Odfiltrowane składowe wysokoczęstotliwościowe zmiennego napięcia wejściowego filtra górnoprzepustowego **FGP** z jego wyjścia przyjmują wartość zerową napięcia, która podawana jest na wejście odwracające wzmacniacza mocy **Wm**. Zmienne napięcie z wejścia przetwornika analogowo-cyfrowego układu przetwarzania sygnałów cyfrowych **uDSP** przetwarzane jest na postać cyfrową napięcia w przetworniku analogowo-cyfrowym układu przetwarzania sygnałów cyfrowych **uDSP** i poddawane jest przetwarzaniu cyfrowemu, które pozostawia w sygnale niecharakterystyczne dla rażenia prądem elektrycznym składowe, co skutkuje wyzerowaniem sygnału. Przetworzony zerowy sygnał konwertowany jest w przetworniku cyfrowo-analogowym na postać analogową napięcia, która przyjmuje zerową wartość i z wyjścia przetwornika cyfrowo-analogowego układu przetwarzania sygnałów cyfrowych **uDSP** zerowe napięcie podawane jest na wejście nieodwracające wzmacniacza mocy **Wm**, gdzie sumowane jest z napięciem z jego wejścia odwracającego i wzmocnione podawane na wyjście wzmacniacza mocy **Wm**. Zerowe napięcie z wyjścia wzmacniacza mocy **Wm** podane na rezystor drugi **R2** nie powoduje przepływu prądu i w efekcie kompensacja prądu upływności nie występuje. nieskompensowany prąd upływności z kolei powoduje zadziałanie zabezpieczenia – wyłącznika różnicowoprądowego **Rn** i rozłączenie jego wejścia fazowego z jego wyjściem fazowym oraz jego wejścia neutralnego z jego wyjściem neutralnym. Wyłączenie wyłącznika różnicowoprądowego **Rn** powoduje przejście do fazy czwartej działania systemu według wynalazku.

W fazie czwartej działania systemu według wynalazku, wyłącznik różnicowoprądowy **Rn** jest wyłączony i jego wejście fazowe jest rozwarne z jego wyjściem fazowym, a jego wejście neutralne jest rozwarne z jego wyjściem neutralnym. Zmienne napięcie zasilające wejście **We** systemu według wynalazku jest odłączone od wyjścia **Wy** i obwód podłączony do wyjścia **Wy** nie jest zasilany, co powoduje zanik prądu upływności, który powodował rażenie prądem.

System według wynalazku pozostaje w fazie czwartej aż do momentu włączenia przez operatora wyłącznika różnicowoprądowego **Rn**. Wyjście z fazy czwartej działania systemu według wynalazku powoduje jego przejście do jednej z trzech pierwszych faz: pierwszej lub drugiej lub trzeciej.

Zastrzeżenie patentowe

1. System zabezpieczenia różnicowoprądowego, w którym wejście fazowe stanowi końcówka pierwsza uzwojenia pierwotnego pierwszego przekładnika prądowego Ferrantiego, a wejście neutralne połączone jest z końcówką pierwszą uzwojenia pierwotnego drugiego przekładnika prądowego Ferrantiego, przy czym wyjście fazowe wyłącznika różnicowoprądowego stanowi wyjście fazowe, a wyjście neutralne połączone jest z wyjściem neutralnym

wyłącznika różnicowoprądowego, **znamienny tym**, że końcówka pierwsza uzwojenia wtórnego przekładnika prądowego Ferrantiego (**Tf**) połączona jest z końcówką pierwszą rezystora pierwszego (**R1**) i z wejściem wzmacniacza pomiarowego (**K**), którego wyjście połączone jest z wejściem filtra dolnoprzepustowego (**FDP**), wyjście filtra dolnoprzepustowego (**FDP**) połączone jest z wejściem filtra górnoprzepustowego (**FGP**) i z wejściem przetwornika analogowo-cyfrowego układu przetwarzania sygnałów cyfrowych (**uDSP**), którego wyjście przetwornika cyfrowo-analogowego połączone jest z wejściem nieodwracającym wzmacniacza mocy (**Wm**), wyjście filtra górnoprzepustowego (**FGP**) połączone jest z wejściem odwracającym wzmacniacza mocy (**Wm**), którego wyjście połączone jest z końcówką pierwszą rezystora drugiego (**R2**), przy czym końcówka druga uzwojenia pierwotnego pierwszego przekładnika prądowego Ferrantiego (**Tf**) połączona jest z wejściem fazowym wyłącznika różnicowoprądowego (**Rn**), a końcówka druga uzwojenia pierwotnego drugiego przekładnika prądowego Ferrantiego (**Tf**) połączona jest z wejściem neutralnym wyłącznika różnicowoprądowego (**Rn**), zaś końcówka druga rezystora drugiego (**R2**) połączona jest z wyjściem (**Wy**) neutralnym (**N**).

Rysunek

