

40265/62



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 45487

Kl. 21 c, 68/70

Robert Moser
Saint-Gall, Szwajcaria

Jacques Morel
Paryż, Francja

Wyłącznik ochronny zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym

Patent trwa od dnia 20 września 1960 r.

Pierwszeństwo: 2 października 1959 r. (Francja).

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie zabezpieczające przed porażeniem prądem elektrycznym i zapewniające automatyczną kontrolę dobroci izolacji obwodów elektrycznych.

Niebezpieczeństwo porażenia powstaje na skutek różnorodnych przyczyn i dlatego warunki techniczne, które winny być spełnione, aby w sposób skuteczny, to jest przez otwarcie wyłącznika ochronnego, zabezpieczyć osoby przed porażeniem, są niezwykle złożone.

Jedną z najważniejszych przyczyn porażenia, często śmiertelnego, jest prąd elektryczny przechodzący przez ciało ludzkie między fazą lub obudową metalową stykającą się przypadkowo z fazą a ziemią. Prąd ten będzie w dalszym ciągu nazywany „bezpośrednim prądem zwarcia przepływającym przez ciało ludzkie” do ziemi.

Znane są wyłączniki ochronne, które działają przy przepływie do ziemi prądu o tym samym natężeniu przez inny opór niż ciało ludzkie. W niepomyślnych okolicznościach prąd nawet kilkudziesięciu mA przepływając przez człowieka może spowodować jego śmierć. Poszukiwano sposobu zabezpieczenia przed porażeniem, stosując wyłączniki sterowane przez prąd z uzwojenia wtórnego tak zwanego transformatora wykrywającego prądy zwarcia do ziemi, przez wykorzystanie zachwiania równowagi między prądami fazowymi obwodu a prądem w przewodzie zerowym, które powstaje w razie upływu prądu do ziemi. Z uwagi na to, że już małe natężenie prądu jest niebezpieczne dla człowieka, przełączniki sterujące te wyłączniki muszą być niezwykle czułe.

Liczne urządzenia posiadają już z racji swej konstrukcji pewien normalny upływ prądu przez przewód uziemiający, który również powoduje także zachwianie równowagi. Ma to miejsce w płytach grzejnych, piecach, pralkach, to znaczy we wszystkich urządzeniach, gdzie z uwagi na obecność wody, pary wodnej lub skroplin czasowy przepływ prądu w przewodzie uziemiającym musi być uważany jako zjawisko normalne. Urządzenia te posiadają z reguły przewód uziemiający, który zabezpiecza przed wzrostem potencjału masy ponad pewną wartość maksymalną, która wynosi zazwyczaj 24 V. Masa może jednak znaleźć się pod potencjałem znacznie wyższym i już niebezpiecznym, w przypadku bezpośredniego jej zwarcia z przewodem fazowym lub w przypadku uszkodzenia uziemienia, co wymagałoby otwarcia wyłącznika przez prąd zwarcia, to znaczy przez prąd stanowiący sumę geometryczną prądów przepływających przez przewody fazowe i przewód zerowy, który nie jest równy zeru i którego natężenie jest takie same, jak w urządzeniu nie uziemionym. Ten warunek jest niewykonalny, ponieważ chwilowy prąd upływający do ziemi, przewidziany z góry dla danego urządzenia, posiada wartość przekraczającą wielokrotnie bezpośredni prąd uziemienia przepływający przez ciało ludzkie, niebezpieczny dla człowieka. Należało się więc ograniczyć do stosowania przekątnika tego samego typu jak podano powyżej, posiadającego mniejszą czułość, przez wprowadzenie do obwodu uziemienia oporu, którego wartość jest tak dobrana, że ogranicza napięcie zwarcia między urządzeniem i ziemią do wartości nie zagrażającej bezpieczeństwu człowieka. Zabezpieczenie to jest skuteczne jednak tylko wówczas, gdy jest zapewniona ciągłość obwodu uziemienia.

Inne przyczyny porażenia lub uszkodzenia urządzeń mogą wynikać z faktu, gdy potencjał przewodu zerowego instalacji jest różny od zera, a szczególnie potencjał przewodu zerowego przekroczy wartość z góry ustaloną.

W związku z tym wynalazek ma na celu stworzenie urządzenia zapewniającego otwarcie wyłącznika ochronnego instalacji elektrycznej w przypadku, jeżeli jeden z poniżej podanych parametrów osiągnie zbyt wysoką wartość a mianowicie: natężenie prądu zwarcia między fazą i ziemią przepływającego przez ciało ludzkie lub inną masę przewodzącą, natężenie prądu zwarcia, określone konstrukcją wyłącznika ochronnego, to znaczy prądu, mogącego powstać wskutek przebicia izolacji w obwodzie

uziemiającym, po zatym potencjał przewodu zerowego wyłącznika bezpieczeństwa w stosunku do ziemi, oraz opór rzeczywisty obwodu uziemienia.

Omówiony powyżej wyłącznik ochronny różni się od znanych wyłączników tym, że zapewnia kontrolę co najmniej dwóch z wyżej podanych parametrów.

Urządzenie zabezpieczające, stanowiące przedmiot wynalazku, obejmuje wyłącznik ochronny przeciwporażeniowy z wyzwalczem zasilanym przez wtórne uzwojenie transformatora, posiadającego uzwojenia pierwotne przez które przepływają prądy przewodów fazowych i przewodu zerowego, wytwarzające strumienie magnetyczne, których wartości dodają się geometrycznie. Przy wartości bezpośredniego prądu zwarcia płynącego poprzez ciało ludzkie równej dopuszczalnej wartości maksymalnej, transformator wytwarza strumień wystarczający dla zadziałania przekątnika. Transformator odznacza się tym, że aby umożliwić przepływ przez obwód uziemienia normalnego prądu zwarcia, którego natężenie przekracza natężenie bezpośredniego prądu zwarcia do ziemi poprzez ciało ludzkie, posiada on dodatkowe uzwojenie pierwotne połączone w szereg z obwodem uziemienia. To dodatkowe uzwojenie pierwotne posiada ilość zwojów różną od ilości zwojów uzwojeń pierwotnych połączonych z poszczególnymi fazami i przewodem zerowym na tyle, aby dla dopuszczalnej wartości granicznej prądu zwarcia do ziemi powstał w transformatorze taki sam strumień, jak dla wartości maksymalnej bezpośredniego prądu zwarcia do ziemi poprzez ciało ludzkie.

Urządzenie to pozwala na kontrolę natężenia bezpośredniego prądu upływu między przewodem fazowym i ziemią poprzez ciało ludzkie, lub też w przypadku uszkodzenia instalacji za urządzeniem powodującym przepływ prądu za pośrednictwem obudowy urządzenia oraz kontrolę natężenia prądu zwarcia do ziemi według założeń konstrukcyjnych wyłącznika bezpieczeństwa. Budowę wyłącznika bezpieczeństwa można jednakże dostosować do kontroli jednego lub wszystkich parametrów wyżej wymienionych. Według jednej z odmian wykonania wynalazku kontrola potencjału przewodu zerowego instalacji może być zapewniona przez połączenie oporu między przewodem zerowym z jednej strony instalacji, licząc od strony uzwojenia pierwotnego i obwodem uziemienia za jego dodatkowym uzwojeniem pierwotnym. Wartość tego oporu jest dobrana w ten sposób, by w

przypadku gdy napięcie przewodu zerowego przekroczy wartość z góry ustaloną, natężenie prądu przepływającego przez opornik do ziemi, który tym samym stanowi prąd doziemny przepływający przez uzwojenie będące połączone w szereg z przewodem zerowym, było równe maksymalnemu natężeniu, przyjętemu dla prądu upływu do ziemi poprzez ciało ludzkie, co stwarza warunki do wyłączenia wyłącznika bezpieczeństwa. Układ taki zapewnia poza tym jednocześnie kontrolę napięcia dotyku między masą metalową odbiornika a ziemią oraz kontrolę oporności uziemienia. Napięcie dotyku niebezpieczne dla człowieka może pojawić się jedynie wówczas, jeżeli oporność uziemienia jest zbyt duża, co powoduje przepływ przez powyżej wspomniany opór prądu upływu, który przepływa jednocześnie przez uzwojenie pierwotne połączone w szereg z przewodem zerowym oraz dodatkowe uzwojenie pierwotne załączone w obwód uziemienia ochronnego.

Wynalazek jest dokładniej opisany poniżej na podstawie rysunku, na którym przedstawiony jest schemat wyłącznika ochronnego według wynalazku w obwodzie instalacji odbiorczej.

Wyłącznik ochronny oznaczony jest cyfrą 1 i obramowany linią przerywaną. Przykład przedstawia instalację niskiego napięcia, jednofazową, w której odbiorniki podłączone są do fazy R i O. RO jest oporem uziemienia przewodu zerowego, który może wynosić na przykład około 1 oma. Instalacja zasila urządzenie 2 na przykład maszynę elektryczną lub płytę grzejną, piec, pralkę itp., których korpus jest uziemiony za pośrednictwem przewodu uziemniającego Z, zawierającego opór RM, który wynosi około 50 omów. Podczas normalnej pracy, na częściach elektrycznych zjawia się czasowo w obwodzie uziemienia prąd upływu spowodowany obecnością wody, pary wodnej lub skroplin. Prąd ten może osiągnąć wartość kilkuset miliamperów.

Urządzenie zasila również na przykład aparat elektryczny 3, którego masa nie jest uziemiona.

Wynalazek ma na celu zabezpieczenie tej instalacji przeciw niebezpieczeństwu porażenia elektrycznego. Niebezpieczeństwo porażenia powstaje na skutek różnych przyczyn. W przypadku złego stanu izolacji przewodów może powstać zwarcie 4 między przewodem fazowym i obudową aparatu 2 lub aparatu 3, skutkiem czego obudowa aparatu może znaleźć się pod napięciem zbliżonym do napięcia zasilania

w przypadku aparatu 3 lub spowodować pojawienie się ciągłego prądu zwarcia w przewodzie uziemiającym Z, przekraczającego prąd określony konstrukcją wyłącznika ochronnego, co miałyby miejsce w przypadku aparatu 2.

W przypadku aparatu 3 napięcie takie stanowi niebezpieczeństwo porażenia, ponieważ może ono spowodować przepływ prądu do ziemi poprzez ciało ludzkie, przekraczający natężenie maksymalne I_{dh} , którego wartość może być różna w zależności od przyjętych norm bezpieczeństwa, ale nie może przekraczać 40 miliamperów. W przypadku aparatu 2, obwód uziemienia ma dostatecznie mały opór, aby nie dopuścić, by obudowa aparatu znajdowała się pod napięciem wyższym od dopuszczalnego napięcia dotyku, którego wartość stanowiłaby niebezpieczeństwo porażenia śmiertelnego. Celem jest wykrywanie prądów zwarcia, gdy tylko ich wartość przekroczy natężenie maksymalne I_{dc} określone przez konstrukcję aparatu i które wynosi na przykład 200 miliamperów, ponieważ to oznacza bezpośrednie zwarcie między przewodem fazowym i obudową aparatu.

Poza tym uziemienie ochronne może okazać się nieskuteczne na skutek przypadkowego wzrostu wartości oporu uziemienia RM lub przerwania obwodu instalacji uziemienia. Obudowa aparatu 2 może wówczas znaleźć się pod napięciem, które jeżeli przekroczy wartość maksymalną U_{c1} , staje się niebezpieczne. Wreszcie przewód zerowy 0 instalacji może otrzymać nienormalnie wysoki potencjał na przykład na skutek pojawienia się dodatkowego oporu spowodowanego rozluźnieniem zacisku przewodu zerowego. Napięcie przewodu zerowego nie może w żadnym przypadku przekraczać wartości U_d .

Aby zapewnić niezawodność kontroli, używa się transformatora 5, w którym dodają się geometrycznie strumienie wytworzone przez prądy płynące w uzwojeniach pierwotnych 6. Są to prądy w przewodzie lub w przewodach fazowych instalacji oraz prąd w przewodzie zerowym. W instalacji przedstawionej na rysunku, typu jednofazowego, są zastosowane tylko dwa takie uzwojenia: jedno dla przewodu fazowego, drugie dla przewodu zerowego.

Transformator zastosowany do wyłącznika ochronnego według wynalazku zawiera ponadto uzwojenie dodatkowe 7 podłączone w szereg w obwód przewodu uziemienia. Uzwojenie wtórne transformatora 8 jest połączone w szereg z uzwojeniem 9 przełącznika 10, którego

zwora 11, gdy jest przyciągana, otwiera styki 12 wyłącznika ochronnego. W przypadku, gdy lokalne przepisy bezpieczeństwa zabraniają przerywania przewodu zerowego, przy odbiorniku jednofazowym odpowiedni styk 12 jest usunięty. Wyłącznik może być otworzony również ręcznie za pomocą przycisku 13 i zamykany za pomocą przycisku 14.

Instalacja wewnętrzna wyłącznika zawiera ponadto opór 15 włączony między obwodem przewodu zerowego za uzwojeniem pierwotnym 6 a obwodem uziemienia za uzwojeniem 7, to jest w kierunku ziemi.

Działanie przeciwporażeniowego wyłącznika ochronnego jest opisane poniżej.

W czasie pracy normalnej przez uzwojenia pierwotne 6 przepływają prądy o jednakowym natężeniu, wytwarzające strumienie magnetyczne, których suma geometryczna jest równa zero. Jeżeli przyjmie się, że nie ma żadnego prądu zwarcia do ziemi, przez uzwojenie wtórne 8 nie płynie żaden prąd.

Jeżeli natomiast powstanie przypadkowe zwarcie 4 między przewodem fazowym i obudową aparatu nie uziemionego, wskutek czego może powstać prąd upływu do ziemi poprzez ciało ludzkie, ten prąd upływu powoduje zakłócenie równowagi między strumieniami wzbudzonymi przez prądy płynące w uzwojeniach 6. Strumień wypadkowy indukuje wtedy prąd w uzwojeniu wtórnym 8, a gdy ten prąd osiągnie dostatecznie dużą wartość, odpowiadającą czułości przekąźnika, elektromagnes 10 przyciąga zworę 11 i otwiera wyłącznik bezpieczeństwa. Czułość prądowa przekąźnika winna być taka, aby natężenie I_{dh} prądu zwarcia nie przekraczało na przykład 40 miliamperów. Czułość ta zależy od ilości zwojów N uzwojeń 6. Impuls zadziałania przekąźnika winien być osiągnięty przy ilości amperozwojów Ni równej $N \cdot I_{dh}$, którą przyjmuje się równą 1200 mA skąd wynika, że dla $i = 40$ miliamperów, $N = 30$ zwojów.

Z tego pierwszego przypadku wyłączania wynika również, że przy każdym prądzie zwarcia, przepływającym przez jakiekolwiek ciało, którego natężenie przekracza I_{dh} , przekąźnik zadziała i otworzy wyłącznik bezpieczeństwa.

W opisanym układzie prąd zwarcia do ziemi i pochodzący z obudowy aparatu 2 musi przepłynąć przez uzwojenie 7. Jeżeli to uzwojenie zawiera N_1 zwojów, strumień będzie proporcjonalny do N_1i . W transformatorze ten stru-

mień dodaje się geometrycznie do strumieni wytworzonych przez uzwojenia w przewodzie fazowym i zerowym, między którymi istnieje zachwianie równowagi proporcjonalne do wartości prądu zwarcia i' , odpowiadające różnicy przepływów równej N_1i , przy czym znak tej różnicy jest z racji budowy transformatora wyłącznika przeciwny w stosunku do N_1i' . Suma geometryczna strumieni wzbudzonych przez prądy przepływające w uzwojeniach 6 i 7 w przypadku prądu zwarcia do ziemi o natężeniu i' jest więc równa $(N_1 - N)i'$, niezależnie od tego, jaka jest wartość prądu roboczego przepływającego przez oba uzwojenia 6. Otwarcie wyłącznika może nastąpić jedynie wówczas, jeżeli natężenie i' przekroczy wartość I_{dc} określoną przez konstrukcję wyłącznika dla prądu zwarcia w przewodzie uziemiacym, a będącą wielokrotnością I_{dh} , to jest prądu upływu do ziemi przez ciało ludzkie człowieka. Z drugiej strony natomiast przekąźnik zadziała, jeżeli przepływ w transformatorze jest równy $N \cdot I_{dh}$. Przez odpowiednie dobranie układu transformatora należy więc stworzyć równość:

$$(N_1 - N) I_{dc} = N I_{dh} \text{ lub } \frac{N}{N_1 - N} = \frac{I_{dc}}{I_{dh}}$$

I_{dc} oraz I_{dh} są wartościami z góry ustalonymi. N zależy od czułości, którą zamierza się osiągnąć. Z równania można więc określić liczbę zwojów N_1 , którą powinno posiadać uzwojenie 7 aby przekąźnik mógł zadziałać przy każdym z góry założonym prądzie przepływającym przewodem uziemiacym, którego natężenie jest wyższe od I_{dh} . Jeżeli przyjmie się wartości $I_{dc} = 200$ miliamperów, a $I_{dh} = 40$

6
miliamperów, otrzymamy $N_1 = \frac{6}{5} N$, a więc

na przykład dla $N = 30$ zwojów — $N_1 = 36$ zwojów.

Jeżeli teraz rozpatrzy się kontrolę napięcia przewodu zerowego w stosunku do ziemi, które na ogół pochodzi z sieci, powoduje ono prąd płynący do ziemi poprzez opór 15 i przez uzwojenie 6 połączone w szereg z przewodem zerowym, jednak nie popłynie ani przez drugie uzwojenie pierwotne 6, połączone w szereg z przewodem fazowym, ani przez dodatkowe uzwojenie pierwotne 7 połączone w szereg z przewodem uziemiacym. Jeżeli natężenie tego prądu jest równe I_{dh} , wyłącznik otwiera się tak, jak to opisano uprzednio powyżej. Jeżeli dopuszczalne napięcie dotyku dla przewo-

du zerowego oznaczy się przez U_d , wartość r oporu 15 musi być następująca:

$$r + RM = \frac{U_d}{Idh}$$

Jeżeli dopuszczalne napięcie dotyku U_d jest równe 22 V, otrzymuje się:

$$r + RM = \frac{22}{0,04} = 550 \text{ omów}$$

a ponieważ $RM = 50$ omów

$$r = 500 \text{ omów}$$

Jeżeli na odwrót wartość oporu uziemienia RM wzrośnie, napięcie pojawiające się na obudowie aparatu 2 z powodu uszkodzenia izolacji w instalacji kontrolowanej powoduje prąd płynący w kierunku przewodu zerowego poprzez dodatkowe uzwojenie pierwotne 7, opór 15 oraz uzwojenie pierwotne 6 połączone w szereg z przewodem zerowym. Natężenie tego prądu jest funkcją napięcia U_{c1} , czyli napięcia dotyku między obudową i przewodem zerowym, wartości r oporu 15 i oporu uziemienia RM .

Jeżeli opór RM wzrośnie do nieskończoności, natężenie i'' prądu między obudową a przewodem zerowym staje się równe $\frac{U_{c1}}{r}$. Prąd i''

przepływa jednocześnie przez dodatkowe uzwojenie pierwotne 7 oraz uzwojenie pierwotne 6 połączone w szereg z przewodem zerowym, zachowuje się więc jak prąd zwarcia w obwodzie uziemienia ochronnego, z tym jednak, że nie powoduje zachwiania równowagi między przewodem fazowym i przewodem zerowym. Różnica przepływów jest równa Ni'' , czyli N_1

U_{c1}

—, gdyż RO można tu pominąć, jako wartość r

znikomą, a przekątnik zadziała, gdy ta różnica przepływów osiągnie wartość $N \cdot Idh$. Wynika stąd, że wyłącznik otworzy się, gdy na-

piecie zwarcia U_{c1} osiągnie wartość $\frac{N}{N_1} Idh \cdot r$

czyli:

$$\frac{5}{6} \times 0,04 \times 500 = 16,6 \text{ V}$$

Jeżeli wartość oporu RM nie jest równa nieskończoności dopuszczalne napięcie dotyku powoduje powstanie prądu i'' płynącego przez opór RM , który to prąd wytwarza przepływ Ni''

w uzwojeniu połączonym w szereg z przewodem fazowym i przepływ przeciwny Ni' pochodzący z uzwojenia połączanego w szereg z przewodem uziemiającym powodującym powstanie prądu i'' przepływającego przez opór r do przewodu zerowego, który ze swojej strony wytwarza przepływ Ni'' przez uzwojenie połączone w szereg z przewodem fazowym oraz dwa przepływy przeciwnie Ni oraz Ni' i wzbudzone przez uzwojenia połączone w szereg z przewodem zerowym i przewodem uziemiającym. Przepływ wytwarzany przez uzwojenie wtórne jest więc równy $(N_1 - N) i'' + Ni''$. Górna granica tej wartości jest równa $N Idh$, a stąd można wyprowadzić:

$$(N_1 - N) \frac{U_{c1}}{RM} + N_1 \frac{U_{c1}}{r} = N Idh$$

Widać stąd, że wartość oporności uziemienia jest stale kontrolowana przez zależność:

$$\frac{1}{5} \frac{U_{c1}}{RM} + \frac{6}{5} \frac{U_{c1}}{r} = Idh$$

Wartość dopuszczalnego napięcia dotyku, powodującego wyłączenie przy oporze uziemienia równym 100 omów i oporze r równym 500 omów, wynosi więc:

$$\frac{1}{5} \frac{U_{c1}}{100} + \frac{6}{5} \frac{U_{c1}}{500} = 0,04, \text{ skąd } U_{c1} = 9 \text{ V}$$

Rodzaj wykonania wyłącznika ochronnego przeciwporażeniowego opisanego powyżej dla przykładowo może ulegać różnym zmianom, tym niemniej jego zasada opiera się zawsze na niniejszym wynalazku.

Zastrzeżenia patentowe

1. Wyłącznik ochronny zabezpieczający przed porażeniem prądem elektrycznym przepływającym poza obwód instalacji zabezpieczonego odbiornika, składający się z przekątnika wyzwalającego, zasilanego z wtórnego uzwojenia transformatora, którego uzwojenia pierwotne wytwarzają strumienie dodające się geometrycznie i przez które przepływają prądy przewodów fazowych i zerowego, znamieny tym, że transformator (5) zasilający przekątnik, zawiera dodatkowe uzwojenie pierwotne (7) połączone w szereg z przewodem uziemiającym, przy czym to dodatkowe uzwojenie (7) posiada ilość zwojów na tyle różną od ilości zwojów uzwojeń pierwotnych (6) połączonych w sze-

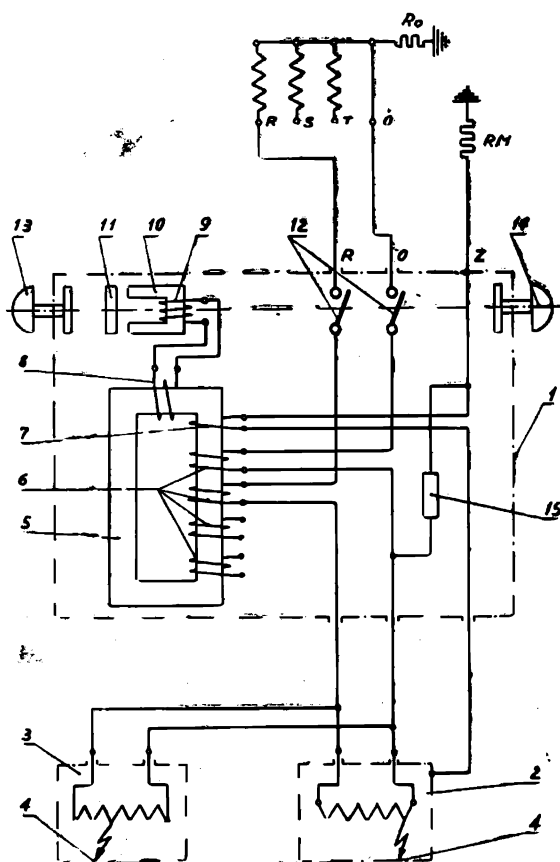
2. Wyłącznik według zastr. 1, znamieny tym, że ilość zwojów (N_1) dodatkowego uzwojenia pierwotnego (7) jest wyższa od ilości zwojów (N) każdego z głównych uzwojeń pierwotnych (6) o ilość zwojów ($N_1 - N$) równą ilości zwojów (N) jednego głównego uzwojenia pierwotnego (6) pomnożonego przez I_{dh}

przeptywającego do ziemi przez ciało ludzkie (I_{dh}) do normalnego prądu płynącego w obwodzie uziemienia (I_{dc}).

3. Wyłącznik bezpieczeństwa według zastr. 1 i 2, znamieny tym, że posiada opór (15) włączony jednym końcem za uzwojeniem pierwotnym (6) przewodu zerowego (0), a drugim uzwojeniem pierwotnym (7) przewodu uzziemienia (Z), licząc od strony zasilania.

Jacques Morel

**Zastępca: mgr Bolesław Kuźnicki,
rzecznik patentowy**



BIBLIOTEK
Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej