



H/01 b 11/04

POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 41476

Kl. 21 c, 4/10

Erwin Wedemeyer

Berlin-Rahnsdorf, Niemiecka Republika Demokratyczna

Horst Straubel

Berlin-Friedrichsfelde, Niemiecka Republika Demokratyczna

Johannes Weiss

Berlin, Niemiecka Republika Demokratyczna

**Sposób ochrony kabli telekomunikacyjnych
przed indukcyjnym lub galwanicznym oddziaływaniem prądów silnych**

Patent trwa od dnia 30 kwietnia 1956 r.

Wynalazek dotyczy sposobu ochrony kabli telekomunikacyjnych przed indukcyjnym lub galwanicznym oddziaływaniem prądów silnych w przypadku zakłóceń w sieci wysokiego napięcia, np. wskutek zwarcia. Gdy w sieciach wysokiego napięcia, w których obecnie stosuje się zazwyczaj bezpośrednie uziemienie punktu zerowego zdarzą się zwarcia, to w pewnych przypadkach zjawiają się znaczne prądy zwarciove o natężeniu wynoszącym niekiedy tysiące amperów. Dla kabli telekomunikacyjnych, które krzyżują się z siecią wysokiego napięcia lub zbliżają się do niej, takie prądy stanowią niebezpieczeństwo, gdyż w kablach powstają napięcia sięgające kilku kV. Gdyby nie było odpowiedniej ochrony, stałoby się możliwe zarówno uszkodzenie kabla i urządzeń stacyjnych, jak również porażenie personelu.

Znane są sposoby ochrony polegające na tym, że przez zmniejszenie wzdłuż płaszcza kabla oporności dla prądu stałego lub przez zwiększenie oporności dla prądu zmiennego tegoż kabla, względnie przez zastosowanie obu środków jednocześnie, obniża się współczynnik redukcji kabla, tzn. stosunek napięcia indukowanego w kablu chronionym do napięcia indukowanego w kablu niechronionym, aby obniżyć napięcie zagrożenia. Znane sposoby wykazują jednak poważne wady, a zwłaszcza dzisiaj, kiedy powszechnie stosuje się bezpośrednie uzziemienie punktu zerowego w sieciach wysokiego napięcia. W celu zmniejszenia wspomnianej oporności dla prądu stałego stosuje się tzw. ochronę miedzianą, która polega na tym, że pod płaszczem ołowianym kabla umieszcza się druty miedziane. Środek ten jest na ogół mało skuteczny, gdyż ochrona miedziana obniża tylko oporność dla prądu stałego, a nie zmienia jednocześnie oporności dla prądu zmiennego, gdyż przenikalność miedzi praktycznie jest równa jedności. Oprócz tego taka ochrona wymaga bardzo dużego zużycia metali kolorowych. W celu zwiększenia oporności dla prądu zmiennego stosuje się tzw. ochronę żelazną. Polega ona na obandażowaniu ochronnym taśm żelaznych. Według dotychczasowych poglądów wymaga się od ochrony żelaznej tylko dużej przenikalności początkowej, gdyż znaczne indukowane napięcia wzdłuż kabla mogą wystąpić nawet przy małym oddziaływaniu w przypadku równoległego ułożenia na dłuższym odcinku kabli telekomunikacyjnych i elektrycznych sieci trakcyjnych, gdzie dawniej najczęściej stosowano kable chronione. Zmiana przenikalności pod wpływem dużych prądów nie była dotychczas uwzględniana.

Ochrona żelazna w dotychczasowej postaci posiada tę zasadniczą wadę, że duża przenikalność początkowa bardzo znacznie się obniża pod wpływem dużych prądów indukcyjnych, tak iż ochrona staje się nieskuteczna właśnie w miejscach najbardziej zagrożonych.

Wynalazek opiera się na stwierdzeniu, że wystarczająca ochrona telekomunikacyjnych urządzeń kablowych jest zapewniona tylko wtedy, gdy przez zastosowanie odpowiednich środków współczynnik redukcji przy dużych natężeniach pól indukcyjnych jest utrzymany na praktycznie stałej wartości, wystarczającej dla niezawodnej ochrony kabla.

Według wynalazku przez dokonanie odpowiedniego pocięcia materiału magnetycznego i wykonanie w nim wycięć oraz przez odpowiedni dobór grubości tego materiału ustala się taki współczynnik redukcji, że w zakresie niebezpiecznych natężeń pól indukcyjnych osiąga się praktycznie stałą wartość, wystarczającą dla niezawodnej ochrony kabla.

Istota wynalazku jest wyjaśniona na rysunku.

Na fig. 1 krzywa I przedstawia przebieg współczynnika redukcji kabla telekomunikacyjnego, posiadającego zwykłą ochronę żelazną, w zależności od napięcia zagrożenia. Jak widać wartość współczynnika redukcji szybko spada wskutek wielkiej przenikalności początkowej żelaznego obandażowania, osiąga minimum i potem znacznie wzrasta. Z powyższego wynika, że w zakresie dużych napięć indukcyjnych współczynnik redukcji ma wartość w przybliżeniu równą

jedności i tym samym nie ma działania ochronnego. Krzywa II przedstawia przebieg współczynnika redukcji kabla z ochroną według wynalazku. W tym przypadku krzywa spada również stosunkowo stromo. Krzywa ta jednak nie wznosi się znowu stromo jak krzywa I, lecz przebiega z bardzo małym nachyleniem, tak iż w zakresie wysokich napięć zagrożenia współczynnik redukcji kabla jest jeszcze wystarczająco mały. Oznacza to, że w zakresie krytycznych napięć indukcyjnych zapewnione jest wystarczające działanie ochronne. Na fig. 2, 3 i 4 przedstawiono niektóre możliwości otrzymania współczynnika redukcji kabla według wynalazku, przy czym zaznaczono na nich schematycznie różne rodzaje wykonania ochrony przed zagrożeniem. Fig. 2 przedstawia ochronę w postaci rury żelaznej, a fig. 3 i 4 przedstawiają ochronę w postaci bandażu z taśm żelaznych o różnych skokach nawijania.

Współczynnik redukcji jest między innymi zależny od rodzaju materiału magnetycznego /tworzywa i postaci/, od grubości materiału magnetycznego i od postaci nałożenia materiału magnetycznego na kabel chroniony.

Gdy jako materiał magnetyczny stosuje się np. taśmę żelazną, to można przez odpowiednie ustalenie grubości i postaci nałożenia materiału magnetycznego otrzymać współczynniki redukcji kabla o takim przebiegu, jak przedstawia krzywa II na fig. 1. Osiąga się to w ten sposób, że np. przy określonej grubości i szerokości taśmy żelaznej dobiera się taki charakterystyczny dla wymaganego współczynnika redukcji χ kąt skoku α , żeby była spełniona zależność $r = f / \sin \alpha$ /. Ustalenie współczynnika redukcji kabla według wynalazku można osiągnąć jednak również przez bezpośrednie oddziaływanie na strumień magnetyczny ϕ , gdyż istnieje również zależność $r = f / \phi$ /. Takie oddziaływanie na strumień magnetyczny można osiągnąć przez odpowiednie wycięcia w materiale magnetycznym, np. w materiale, stanowiącym ochronę, wycina się szczeliny. Na fig. 2 wycięcia zaznaczono linią przerywaną. Wycięcia mogą być również wykonane w materiale taśmowym.

Przy zwarciu z ziemią powstaje jak wiadomo prąd ziemny tego rodzaju, że natężenie prądu i tym samym spadek napięcia mogą być przedstawione w postaci wykresu o przebiegu lejkowatym.

W bezpośredniej bliskości zetknięcia z ziemią natężenie prądu jest wielkie i oczywiście również jest wielki spadek napięcia. W dużej odległości zarówno natężenie prądu, jak i spadek napięcia są małe lub znikomo małe. To samo dotyczy uziemienia roboczego siłowni lub podstawy.

Znane dotychczas sposoby ochrony przewidują równomierną jednorodną ochronę kabla telekomunikacyjnego na całej jego długości nie uwzględniając różnorodnego zagrożenia kabla w różnych miejscach. Wskutek tego ochrona kabla jest obliczona na maksymalne zagrożenie występujące lokalnie. Taka ochrona pociąga za sobą niepotrzebne zużycie materiału. Według wynalazku w dalszym rozwinięciu sposobu ochrony kabla można zróżnicować ochronę odpowiednio do lokalnie nierównych zagrożeń chronionego kabla. Przy wykonaniu takiej ochrony przyjmuje się jako punkt wyjścia fakt, że przy zwarciu z ziemią spadek napięcia, jak zaznaczono wyżej, ma przebieg lejkowaty, a współczynnik redukcji kabla powinien być dostosowany do różnych lokalnych wpływów zagrożenia,

aby uzyskać skuteczną ochronę. Jak wykazały badania kabel telekomunikacyjny jest chroniony przed wpływem prądów silnych wtedy, gdy jego współczynnik redukcji posiada wartość w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalną do gradientu napięcia w odpowiednim obszarze lejka napięć indukcyjnych, w którym przebiega chroniony kabel.

Na fig.5 przedstawiono stosunki zachodzące w obszarze lejka napięcia przy zwarcu z ziemią lub przy uziemieniu roboczym, gdzie przebiega kabel telekomunikacyjny. Wykres przedstawia z jednej strony przebieg gradientu napięcia w ziemi względem oddalonego uziemienia /krzywa I/, a z drugiej strony przebieg współczynnika redukcji chronionego kabla, przy czym ten współczynnik powinien mieć według wynalazku wartość w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalną do gradientu napięcia /krzywa II/ . Jak widać z rzutu kilku punktów gradientu napięć na powierzchnię rozkładu potencjałów w części początkowej gradientu o dużych różnicach potencjałów należy liczyć się z dużymi napięciami indukcyjnymi, tak że dla ochrony przed tymi napięciami są wymagane bardzo małe współczynniki redukcji. W dalszym przebiegu gradientu napięć różnice potencjałów między równoodległymi punktami stają się coraz mniejsze w kierunku wzrastających odległości od miejsca uziemienia, tak iż współczynnik redukcji może mieć coraz większe wartości bez szkody dla ochrony kabla. Oczywiście zmiana współczynnika redukcji może przebiegać nie tylko w sposób ciągły, lecz również skokami. Przez dostosowanie działania ochrony do lokalnych warunków zagrożenia można wykonać ochronę znacznie oszczędniej, niż to było możliwe przy jednorodnym wykonaniu ochrony na całej długości kabla.

Opisane wyżej sposoby ochrony stanowią środki ochrony przed napięciami zagrożenia, indukowanymi w chronionym kablu. Aby zapewnić niezawodną ochronę należy jeszcze uwzględnić zagrożenie, wynikające z galwanicznego oddziaływania na kabel telekomunikacyjny.

Uziemienie robocze siłowni lub podstacji wykazuje skończoną oporność względem czynnego odległego uziemienia. Wskutek tego przy zwarcu sieci wysokiego napięcia poza podstacją lub siłownią uziemienie robocze posiada napięcie względem odległego uziemienia równe spadkowi napięcia na uziemieniu roboczym przy prądzie zwarcia według wzoru:

$$U_B = J_K \cdot R_B$$

gdzie U_B oznacza napięcie zwarcia uziemienia roboczego względem odległego uziemienia, J_K - prąd zwarcia i R_B - opór uziemienia roboczego. Na ogół podstacje i siłownie są połączone kablem telefonicznym z sieciami publicznymi lub prywatnymi. Wskutek tego żyły telefoniczne, które z reguły posiadają galwaniczne połączenie z uziemieniem roboczym przez aparaty ruchu, np. baterie, w przypadku zwarcia otrzymują potencjał uziemienia roboczego i przenoszą go niekiedy na duże odległości, tak iż kabel może być uszkodzony, a na odległym końcu występuje zagrożenie ludzi i aparatów. Zagrożenie może wystąpić również wtedy,

kiedy żyły kabla telefonicznego są w stanie jałowym w urządzeniach wysokiego napięcia, a na odległym końcu są uziemione w urządzeniu telekomunikacyjnym. W razie zwarcia występuje wówczas napięcie zagrożenia na będących w stanie jałowym końcach przewodów w urządzeniu wysokiego napięcia.

Dotychczas prądy zwarcia były ograniczone przez indukcyjne uziemienie za pomocą cewek Petersena w takim stopniu, że prąd zwarcia był mały i nie było zagrożenia. Z chwilą przejścia z uziemienia indukcyjnego na bezpośrednie uziemienie punktu zerowego, jak to dziś stosuje się powszechnie, prądy zwarcia mogą osiągać wartości wielokrotnie większe niż dotychczas. Niekiedy trzeba się liczyć z prądami zwarcia o wartości np. 10000 - 15000 A i w przypadkach gdy opór uziemienia R_B wynosi $0,5 \Omega$, to napięcie U_B może wynosić 5 - 7,5 kV.

Dla wyjaśnienia tych okoliczności przedstawiono na fig.6 siłownię 1 z odchodzącą linią napowietrzną 2 oraz z kablem telefonicznym 3, wprowadzonym do obszaru siłowni. Omówione wyżej warunki zwarcia są przedstawione za pomocą tych samych oznaczeń U_B , J_K i R_B . Uziemienie robocze siłowni oznaczono cyfrą 4, przewodzącą osłonę ochronną kabla 3 - cyfrą 5 i żyły kablowe - cyfrą 6. Unieszkodliwienie takich napięć zagrożenia, które jak omówiono wyżej, występują na oddalonym końcu między płaszczem ołowianym lub inną przewodzącą osłoną kablową 5 i żyłami kablowymi 6, odbywa się według wynalazku w ten sposób, że w tych żyłach wytwarza się napięcie przeciwne, tak iż w każdym dowolnym miejscu różnica potencjałów między płaszczem ołowianym i żyłą jest w przybliżeniu równa zeru. Takie napięcie przeciwne może być wytworzone w ten sposób, że po pierwsze należy zatroszczyć się, aby ochronna osłona kablowa 5 dobrze przewodziła prąd, a z uziemieniem roboczym 4 miała dobre połączenie galwaniczne, a po wtóre należy zapewnić, aby między osłoną kablową 5 i żyłami kablowymi 6 było możliwie dobre sprzężenie magnetyczne. Wówczas dzięki galwanicznemu połączeniu osłona kablowa 5 jest częścią uziemienia 4, a spadek napięcia U_B , występujący na niej, jest równy spadkowi napięcia w żyłach kablowych 6. Poza tym przy dobrym sprzężeniu magnetycznym napięcie, indukowane na żyłach kablowych 6, jest w przybliżeniu równe napięciu na osłonie kablowej. Wskutek tego osłona kablowa i żyły kablowe mają w każdym dowolnym punkcie kabla w przybliżeniu jednakowy potencjał względem oddalonego uziemienia tak, iż pomiędzy płaszczem i żyłą pozostaje nieznaczna różnica potencjałów. Dzięki temu, że między osłoną kabla i żyłami kablowymi nie ma żadnej różnicy potencjałów, nie istnieje zagrożenie wskutek napięcia zwarcia. Na fig.7 przedstawiono powstawanie napięcia w żyłach kabla przeciwne napięciu na przewodzącej osłonie.

Wydzielając dowolny odcinek kabla, zawarty między punktami a, b i c, d na osłonie kabla lub na żyłach kabla, otrzymuje się przy zastosowaniu środków według wynalazku pomiędzy a i c napięcie skierowane od c do a. Napięcie to według prawa obiegu napięć między punktami b i d wytwarza napięcie skierowane od b do d, tzn. napięcie skierowane przeciwnie do napięcia powstającego

w osłonie przewodzącej. Zjawisko to występuje w każdym dowolnym odcinku kabla telefonicznego 3.

Z a s t r z e ż e n i a p a t e n t o w e

1. Sposób ochrony kabli telekomunikacyjnych przed indukcyjnym lub galwanicznym oddziaływaniem prądów silnych przy zastosowaniu powłok ochronnych z materiału magnetycznego, znamienny tym, że przez odpowiedni dobór rodzaju materiału magnetycznego, jego grubości i wycięć w nim stosowanych współczynnik redukcji, tzn. stosunek napięcia indukowanego w kablu chronionym do napięcia indukowanego w kablu nie chronionym w zakresie niebezpiecznych pól indukcyjnych zostaje sprowadzony do praktycznie jednakowej wartości, wystarczającej dla zapewnienia niezawodnej ochrony, przy czym dla uniknięcia rozprzestrzeniania się nierównomiernego spadku potencjału w żyłach kabla i osłonach ochronnych przewodzące osłony ochronne są połączone przy dobrej przewodności galwanicznej z uziemieniem roboczym a osłona kablowa /5/ jest sprzężona magnetycznie z żyłami kabla /6/ w sposób możliwie dobry.
2. Sposób według zastrz. 1, znamienny tym, że współczynnik redukcji kabla w dostosowaniu do lokalnie różnych na długości chronionego kabla natężeń oddziaływania, jest różny w poszczególnych odcinkach kabla, przy czym jego wartość powinna być w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalna do gradientu napięcia.
3. Sposób według zastrz. 2, znamienny tym, że jest stosowany tylko w szczególnie zagrożonych miejscach kabla.

Erwin Wedemeyer
Horst Straubel
Johannes Weiss

Zastępca: Kolegium Rzeczników Patentowych

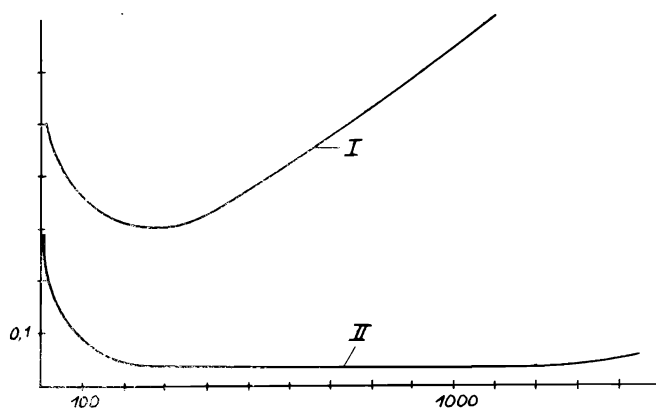


Fig. 1

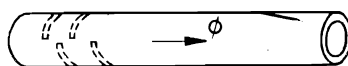


Fig. 2

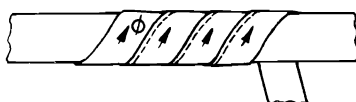


Fig. 3

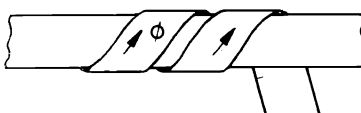


Fig. 4

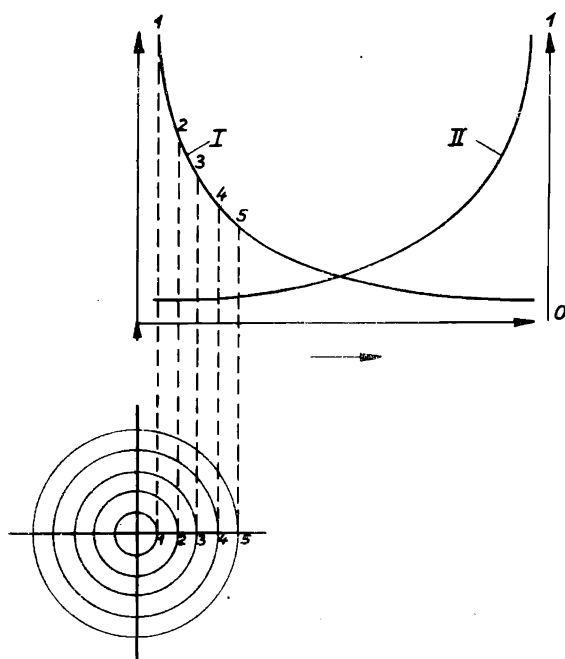


Fig. 5

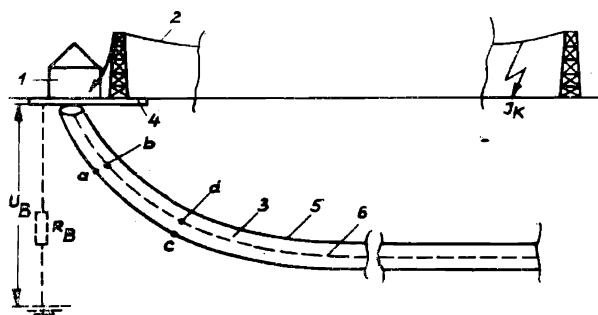


Fig. 6

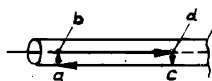


Fig. 7