

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **236527**  
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **428694**

(22) Data zgłoszenia: **28.01.2019**

(51) Int.Cl.  
**H02G 7/20 (2006.01)**  
**H02G 7/22 (2006.01)**

(54) **Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca  
szkodliwe pole elektromagnetyczne**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**10.08.2020 BUP 17/20**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**25.01.2021 WUP 02/21**

(73) Uprawniony z patentu:  
**POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**DARIUSZ SZTAFROWSKI, Wrocław, PL**  
**JACEK GUMIELA, Rudna, PL**

**PL 236527 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem według wynalazku jest linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne, które może stanowić zagrożenie dla zdrowia publicznego, znajdujący zastosowanie w liniach i stacjach elektroenergetycznych, głównych punktach zasilania (GPZ) i rozdzielniach elektrycznych.

Linia przesyłu energii o bardzo niskiej częstotliwości znana z opisu patentowego USA nr US5068543, redukuje natężenie pola magnetycznego generowane przez napowietrzną linię elektroenergetyczną z wykorzystaniem dodatkowych przewodów, których odpowiednio zaplanowana konfiguracja geometryczna pozwala na wzajemną kompensację pól magnetycznych pochodzących od prądów fazowych oraz pól magnetycznych pochodzących od dodatkowych przewodów kompensujących. Liczba oraz wzajemne odległości wszystkich tych elementów układu są zrealizowane poprzez podzielenie dostarczanego prądu na obciążenie między co najmniej trzema przewodami oraz przez zachowanie określonej relacji przestrzennej pomiędzy poszczególnymi przewodami. Przekładnia jednofazowa o zmniejszonym napromienianiu może występować przy użyciu trzech lub czterech przewodników ustawionych przestrzennie, patrząc w płaszczyźnie przekroju, odpowiednio w linii poziomej lub w układzie prostokątnym. Transmisja trójfazowa przy zredukowanym napromienianiu może wystąpić przy użyciu pięciu lub sześciu przewodów rozmieszczonych przestrzennie w narożach prostokątnego układu, z jednym przewodem odpowiednio w środku lub układem sześciokątnym.

Napowietrzna trójfazowa linia energetyczna eliminująca drobne pola elektryczne i magnetyczne znana jest z opisu patentowego USA nr US5218507. Redukcja natężenia pola elektrycznego oraz magnetycznego realizowana jest poprzez zastosowanie koncentrycznych przewodów zbudowanych z żyły roboczej oraz płaszcza, którym płynie prąd powrotny. Poprzez odpowiednią konfigurację połączeń: na wejściu kabla układ połączeń w gwiazdę, na wyjściu w trójkąt uzyskuje się wzajemną kompensację prądów płynących żyłami roboczymi oraz w płaszczech ochronnych przewodów koncentrycznych. Podając prąd o odpowiedniej amplitudzie i częstotliwości eliminuje się znaczną część generowanego podczas przesyłu pola elektromagnetycznego w otoczeniu przewodów linii przesyłowej, przez zastosowanie ulepszanego kabla zasilającego i układu przewodów, który wykorzystuje współosiowe linie przesyłowe skonfigurowane tak, że prąd powrotny przepływa w zewnętrznym przewodzie. Kabel zapewnia odpowiednie ekranowanie i zapewnia ochronę przed uderzeniami piorunów. Współosiowe linie transmisyjne eliminują promieniowanie fal elektromagnetycznych o częstotliwości 50-60 Hz.

Minimalizacja pola magnetycznego w przesyle mocy znana jest z opisu patentowego USA nr US5360998. Pole magnetyczne pochodzącego od torów prądowych linii napowietrznej redukuje się poprzez zastosowanie rozległej konstrukcji zlokalizowanej na dodatkowych słupach poniżej dolnych przewodów linii elektroenergetycznej. Konstrukcja ta ma charakter poziomo umieszczonej uziemionej pętli przewodzącej, przy czym płaszczyzna wyznaczona przez tę pętlę jest równoległa do płaszczyzny ziemi, z włączoną dodatkowo szeregową pojemnością. Dzięki tej pojemności indukowany w pętli prąd zostaje przesunięty w fazie w stosunku do wywołującego go prądu torów roboczych. Przy odpowiednim doborze parametrów układu poprzez wzajemną interakcję obu pól składowych uzyskuje się obniżenie wartości natężenia pola magnetycznego.

Sposób i urządzenie do łagodzenia pól magnetycznych ze źródeł pola magnetycznego o niskiej częstotliwości znane są z opisu patentowego USA nr US5365115, polega na zastosowaniu osłon wykonanych z materiału przewodzącego lub o strukturze warstwowej z zawartością materiałów ferromagnetycznych. Osłony przymocowane są do konstrukcji wsporczych lub posiadają własne zamocowanie posadowione na ziemi. Urządzenie składa się z korpusu z materiału magnetycznego umieszczonego w sąsiedztwie co najmniej jednego przewodnika wieloliniowego układu przenoszenia energii elektrycznej. Elementy magnetyczne są umieszczone pomiędzy przewodami a kierunkiem usytuowanym wzdłuż linii przesyłowych mocy, tak że leżą w polu magnetycznym wytwarzanym przez energetyczną linię przesyłową, przez co zmniejszają wielkość pola magnetycznego. W jednym z przykładów zbadanych dla linii elektroenergetycznej w konfiguracji X, została osiągnięta redukcja o 84%, na brzegu prawej strony drogi przesyłu z łukowatym elementem magnetycznym umieszczonym w sąsiedztwie jednego z najniższych przewodników.

Układ przesyłu energii elektrycznej i sposób asymetrycznego przesyłania mocy w celu złagodzenia pól magnetycznych znane są z opisu patentowego USA nr US5391929. Redukcję natężenia pola magnetycznego pochodzącego od torów prądowych linii napowietrznej w określonym obszarze przestrzeni, osiąga się poprzez zastosowanie elementów dodatkowych, rozmieszczonych asyme-

trycznie względem osi linii elektroenergetycznej elementów. Linie transmisyjne i dystrybucyjne wykorzystują różne parametry linii, poprzez umiejscowienie przewodów wokół osi symetrii linii, wielkości prądu i kąty fazowe prądów płynących w przewodnikach w optymalny asymetryczny sposób. Asymetrię wg rozwiązania można uzyskać poprzez: asymetrię wymiarów geometrycznych, sterowanie wartością prądu płynącego w elementach dodatkowych, kąt przesunięcia fazowego prądu płynącego w dodatkowych elementach względem prądów płynących w torach prądowych.

Dla wielofazowych układów przesyłowych jakie powszechnie występują w elektroenergetyce, pole elektromagnetyczne stanowi uboczny efekt podczas transportu i przetwarzania energii elektrycznej. Wartość natężenia składowej elektrycznej pola jest uzależniona przede wszystkim od: wartości napięcia, międzyprzewodowych przesunięć faz napięcia przemienne, odległości przewód-ziemia, odległości międzyprzewodowych, liczby przewodów w wiązce oraz jej konstrukcji w przypadku przewodów wiązkowych. Ze względów bezpieczeństwa oraz konieczności zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń dąży się do obniżenia natężenia pola elektromagnetycznego wytwarzanego podczas ich pracy oraz zabezpieczenia przed szkodliwym wpływem zewnętrznych obcych pól elektromagnetycznych na ich funkcjonowanie. Dotychczas powszechnie stosowanym sposobem na obniżenie emisji pola elektromagnetycznego niskiej częstotliwości przez linie elektroenergetyczne jest tworzenie uziemionych osłon lub barier wykonanych z metalowych blach lub siatek. Wykonanie takiej konstrukcji pozwala na znaczące ograniczenie natężenia pola elektrycznego (w mniejszym stopniu pola magnetycznego) niskiej częstotliwości w obszarze znajdującym się za taką konstrukcją patrząc od przewodów znajdujących się na wysokim potencjale przewodów fazowych względem ziemi. Wykorzystuje się tutaj efekt ekranowania elektromagnetycznego. Przemienne, zmienne co do wartości pole elektromagnetyczne, które występuje w otoczeniu większości linii oraz urządzeń elektroenergetycznych charakteryzuje się określonym działaniem dla pewnych przedziałów częstotliwości. Ponadto składowa elektryczna oraz magnetyczna tworzą odmienne interakcje w spotkaniu z elementami obcymi, niezwiązanymi z daną konstrukcją elektroenergetyczną.

Innym sposobem redukcji natężenia pola elektrycznego możliwym do zastosowania jedynie w przypadku wielotorowych układów wielofazowych jest możliwość wykorzystania wzajemnej kompensacji pól składowych tworzących wspólnie, zgodnie z zasadą superpozycji, wypadkowe pole elektryczne. Jeśli w odpowiedni sposób dobierze się sposób przestrzennej lokalizacji poszczególnych torów prądowych względem siebie oraz każdego z przewodów roboczych, którego napięcie jest przesunięte w fazie w stosunku do pozostałych przewodów można uzyskać efekt wzajemnego znoszenia się poszczególnych pól składowych pochodzących od pojedynczych przewodów, a w konsekwencji ograniczenie wypadkowego pola elektrycznego, co może to dotyczyć również składowej magnetycznej. Wadą tego rozwiązania jest wzrost natężenia wypadkowego pola elektrycznego generowanego przez taki układ przesyłowy w przypadku wyłączenia jednego z torów składowych lub stanu awaryjnego choćby jednej z faz. Kolejnym sposobem ograniczenia natężenia pola elektrycznego jest umieszczenie poniżej przewodu fazowego napowietrznej linii elektroenergetycznej dodatkowego przewodu galwanicznie połączanego z uziemem. Poprzez wzajemny wpływ składowych pól obu tych przewodów uzyskuje się obniżone natężenie pola elektrycznego w obszarze znajdującym się poniżej dolnego przewodu. Za wadę powyższego rozwiązania można uznać nierównomierne ograniczenie natężenia pola elektrycznego w poszczególnych kierunkach. Najlepsze efekty uzyskuje się w kierunku pionowym, podczas gdy w innych kierunkach to zabezpieczenie może okazać się niewystarczające.

Istota linii elektroenergetycznej według wynalazku polega na tym, że w odległości zachowującej bezpieczny odstęp izolacyjny od co najmniej jednego przewodu toru prądowego zamocowany jest na izolatorze co najmniej jeden ekranujący element przewodzący.

Korzystnie, ekranujące elementy przewodzące rozłożone są na okręgu o środku usytuowanym w osi symetrii przewodu toru prądowego.

Korzystnie, ekranujący element przewodzący ma rdzeń dielektryczny, na który naniesiona jest warstwa przewodząca.

Korzystnie, ekranujący element przewodzący ma rdzeń dielektryczny, na który naniesiona jest co najmniej jedna warstwa przewodząca na przemian z co najmniej jedną warstwą dielektryczną.

Korzystnie, na element przewodzący naniesiona jest zewnętrzna warstwa półprzewodząca.

Korzystnie, warstwa przewodząca wyposażona jest w styk połączony galwanicznie z uziemem.

Korzystnie, pomiędzy styk i uziom włączony jest szeregowo rezystor, najkorzystniej regulowany o zmiennej rezystancji/impedancji.

Korzystnie, ekranujący element przewodzący stanowi nieuziemiiony przewód metalowy.

Korzystnie, ekranujący element przewodzący zamocowany jest do konstrukcji wsporczych słupów elektroenergetycznych.

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne zgodnie z wynalazkiem, pozwala na ograniczenie składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego, dla której linie sił pola ulegają znaczącej deformacji na granicy ośrodków o różnych parametrach elektrycznych takich jak m.in. przenikalność elektryczna, przenikalność magnetyczna oraz przewodność ośrodka. W związku z deformacją linii sił pola elektrycznego na granicy ośrodków zmianie ulega natężenie pola elektrycznego. Bariera lub osłona elektromagnetyczna jest wykonana z metalu i dodatkowo może być uziemiona, to natężenie pola elektrycznego za osłoną zostaje znacznie obniżone. Objęcie indywidualną osłoną elektromagnetyczną każdego z przewodów toru prądowego linii przesyłowej pozwoliło na zaplanowane sterowanie rozkładem pola elektrycznego pochodzącego od linii napowietrznej, przez co możliwym stało się ograniczenie jego wartości w pobliżu ziemi to jest w miejscu przebywania ludzi oraz poprawiło bezpieczeństwo obsługi w zakresie ochrony przeciwporażeniowej, bezpieczniejszej pracy na obiektach elektroenergetycznych (w tym GPZ) oraz w wielu przypadkach prac tzw. pod napięciem. Rozwiązanie to obejmuje zarówno uziemiony jak i nieuziemiiony co najmniej pojedynczy ekranujący element przewodzący umieszczony w pobliżu przewodu toru prądowego linii przesyłowej, gdzie całkowity rozkład pola elektromagnetycznego od źródła pola odbywa się wewnątrz osłony elektromagnetycznej utworzonej przez ekranujące elementy przewodzące. Na pole elektromagnetyczne występujące na zewnątrz osłony elektromagnetycznej wpływ mają jedynie źródła zewnętrzne, a zatem nie związane z linią elektroenergetyczną podlegającą ochronie. Identyfikację rozkładu pola elektrycznego każdorazowo oblicza się w oparciu o numeryczną metodę elementów skończonych, tak więc ze względu na odmienne parametry linii elektroenergetycznej oraz geometrię jej przewodów toru prądowego każdorazowo należy indywidualnie dokonać analizy i doboru odpowiedniej konstrukcji służącej redukcji natężenia pola elektrycznego w wybranych miejscach w przestrzeni otaczającej dany obiekt elektroenergetyczny.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania uwidoczniiony jest na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przewód toru prądowego z dwoma ekranującymi elementami przewodzącymi, fig. 2 – przewód toru prądowego z trzema ekranującymi elementami przewodzącymi, fig. 3 – przewód toru prądowego z pięcioma ekranującymi elementami przewodzącymi rozmieszczonymi na okręgu o środku usytuowanym w osi symetrii przewodu toru prądowego, zaś ekranującymi elementami przewodzącymi na końcu promieni tego okręgu, przy czym pomiędzy promieniami są kąty wynoszące  $15^\circ$ , fig. 4 – przewód toru prądowego z dziewięcioma ekranującymi elementami przewodzącymi, fig. 5 – przewód toru prądowego z pięcioma ekranującymi elementami przewodzącymi rozmieszczonymi na okręgu o środku usytuowanym w osi symetrii przewodu toru prądowego, zaś ekranującymi elementami przewodzącymi na końcu promieni tego okręgu, przy czym pomiędzy promieniami są kąty wynoszące  $30^\circ$ , fig. 6 – ekranujący element przewodzący zawierający rdzeń dielektryczny pokryty warstwą przewodzącą, fig. 7 – ekranujący element przewodzący zawierający rdzeń dielektryczny pokryty warstwą przewodzącą, na który naniesiona jest warstwa dielektryczna, fig. 8 – ekranujący element przewodzący zawierający rdzeń dielektryczny pokryty kolejno warstwą przewodzącą, warstwą dielektryczną, warstwą przewodzącą i warstwą półprzewodzącą, fig. 9 – ekranujący element przewodzący zawierający rdzeń dielektryczny pokryty kolejno warstwą przewodzącą, warstwą dielektryczną, warstwą przewodzącą i warstwą półprzewodzącą, w którym warstwy przewodzące połączone galwanicznie z uziemem, a fig. 10 – ekranujący element przewodzący zawierający rdzeń dielektryczny pokryty kolejno warstwą przewodzącą, warstwą dielektryczną, warstwą przewodzącą i warstwą półprzewodzącą, w którym warstwy przewodzące połączone galwanicznie poprzez rezystor z uziemem.

#### Przykład 1

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne zawiera dwa przewodzące elementy ekranujące SW1, SW2 umieszczone równolegle względem przewodu toru prądowego L linii przesyłowej. Przewodzące elementy ekranujące SW1, SW2 zamocowane są na izolatorze i umieszczone w odległości zachowującej bezpieczny odstęp izolacyjny od przewodu toru prądowego L. W rozwiązaniu tym ekranujące elementy przewodzące SW1, SW2 stanowią nieuziemiiony przewód metalowy. Ponadto ekranujące elementy przewodzące SW1, SW2 rozłożone są na okręgu o środku usytuowanym w osi symetrii przewodu toru prądowego L.

#### Przykład 2

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że ma trzy przewodzące elementy ekranujące SW1, SW2, SW3 umieszczone równolegle względem przewodu toru prądowego L linii przesyłowej.

#### Przykład 3

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że ma pięć przewodzących elementów ekranujących SW1, SW2, SW3, SW4, SW5 umieszczonych równolegle względem przewodu toru prądowego L linii przesyłowej. Przewodzące elementy ekranujące SW1, SW2, SW3, SW4, SW5 rozmieszczone na okręgu o środku usytuowanym w osi symetrii przewodu toru prądowego L, przy czym ekranujące elementy przewodzące SW1, SW2, SW3, SW4, SW5 na końcu promieni tego okręgu, pomiędzy którymi to promieniami są kąty wynoszące  $15^\circ$ .

#### Przykład 4

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że ma dziewięć ekranujących elementów przewodzących SW1, SW2, SW3, ..., SW9.

#### Przykład 5

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne wykonana jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że ma pięć przewodzących elementów ekranujących SW1, SW2, SW3, SW4, SW5 umieszczonych równolegle względem przewodu toru prądowego L linii przesyłowej. Przewodzące elementy ekranujące SW1, SW2, SW3, SW4, SW5 rozmieszczone na okręgu o środku usytuowanym w osi symetrii przewodu toru prądowego L, przy czym ekranujące elementy przewodzące SW1, SW2, SW3, SW4, SW5 na końcu promieni tego okręgu, pomiędzy którymi to promieniami są kąty wynoszące  $30^\circ$ .

#### Przykład 6

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne wykonana jak w przykładzie od pierwszego do piątego z tą różnicą, że ekranujące elementy przewodzące SW1, SW2, SW3, ..., SW9 mają rdzeń dielektryczny RD, na który naniesiona jest warstwa przewodząca CL. Ponadto ekranujący element przewodzący SW1, SW2, SW3, ..., SW9 zamocowany jest do konstrukcji wsporczych słupów elektroenergetycznych.

#### Przykład 7

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne wykonana jak w przykładzie od pierwszego do piątego z tą różnicą, że ekranujące elementy przewodzące SW1, SW2, SW3, ..., SW9 mają rdzeń dielektryczny RD, pokryty warstwą przewodzącą CL, na który naniesiona jest warstwa dielektryczna DL.

#### Przykład 8

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne wykonana jak w przykładzie od pierwszego do piątego z tą różnicą, że ekranujące elementy przewodzące SW1, SW2, SW3, ..., SW9 mają rdzeń dielektryczny RD, na który naniesione są kolejno warstwa przewodząca CL, warstwa dielektryczna DL, warstwa przewodząca CL i warstwa półprzewodząca SL.

#### Przykład 9

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne wykonana jak w przykładzie od pierwszego do piątego z tą różnicą, że ekranujące elementy przewodzące SW1, SW2, SW3, ..., SW9 mają rdzeń dielektryczny RD, na który naniesione są kolejno warstwa przewodząca CL, warstwa dielektryczna DL, warstwa przewodząca CL i warstwa półprzewodząca SL, przy czym warstwy przewodzące CL wyposażone są w styki C połączone galwanicznie z uziomem E.

#### Przykład 10

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne wykonana jak w przykładzie dziewiątym z tą różnicą, że pomiędzy styk C i uziom E włączony jest szeregowo rezystor Z regulowany o zmiennej impedancji.

### Przykład 11

Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne wykonana jak w przykładzie dziewiątym z tą różnicą, że pomiędzy styk C i uziom E włączony jest szeregowo rezystor Z regulowany o zmiennej rezystancji.

Dla linii elektroenergetycznej niskiej częstotliwości zamocowanej na słupach 400 kV typu Y52, konfiguracje geometryczne ekranujących elementów przewodzących SW1, SW2, SW3, ..., SW9 stanowiących nieuziemiowane przewody na przykład stalowy typu FL 70 mm<sup>2</sup> poprzez izolator zamocowane do przewodu toru prądowego L, uziemiony aluminiowy z rdzeniem stalowym typu AFL 120 mm<sup>2</sup> poprzez izolator zamocowany do przewodu toru prądowego L lub przewód wiązkowy typu AFL 350 mm<sup>2</sup> o odległość pomiędzy przewodami wiązkowymi 0,5 m zawieszony na słupie typu Y52 umiejscowiony od osi przewodu toru prądowego L linii przesyłowej na okręgu, którym przesyłany jest prąd o napięciu 400 kV, w odległości 6 m. Ekranujące elementy przewodzących SW1, SW2, SW3, ..., SW9 poprzez izolator mocuje się do przewodu toru prądowego L. Dla powyższych wariantów wyniki analizy pokazały, że maksymalne natężenie pola elektrycznego rejestrowane na wysokości  $h = 2$  m nad poziomem terenu pochodzące od nieekranowanej linii napowietrznej 400 kV wynosi niespełna 2 kV/m. Po analizie rozkładu pola elektrycznego dla układu przewodów toru prądowego L linii przesyłowej otoczonych koncentrycznie ekranującymi elementami przewodzącymi SW1, SW2, SW3, ..., SW9 w odległości 6 m po pełnym okręgu, okazało się, że następuje szczelne zamknięcie źródeł pola w przewodzących obudowach powoduje właściwie 100% redukcję natężenia pola elektrycznego poza tymi konstrukcjami, a cały rozkład pola ma miejsce wewnątrz wyżej wymienionych ekranujących elementów przewodzących SW1, SW2, SW3, ..., SW9. Dla przypadku, w którym pod przewodem toru prądowego L linii przesyłowej ekranujące elementy przewodzące SW1, SW2, SW3, ..., SW9 są rozmieszczone na odcinku okręgu stanowiącego jego połowę, maksymalne natężenie pola elektrycznego rejestrowane na wysokości 2 m ponad poziomem ziemi wynosi znacznie mniej niż 0,1 kV/m, na przykład identyfikacja pola elektrycznego metodą elementów różnicowych dla takiego przypadku daje  $E_{\max} = 0,032$  kV/m. Wszystkie opisane wyżej warianty stanowią rozwiązania pośrednie pomiędzy rozkładem pola elektrycznego linii przesyłowej pozbawionej systemu ekranowania oraz takiej linii, której przewody toru prądowego L w dolnej przestrzeni otoczone są ekranującymi elementami przewodzącymi SW1, SW2, SW3, ..., SW9 uziemione i zamocowane są trwale do konstrukcji wsporczych ponadto rozmieszczone symetrycznie na połowie okręgu, którego oś leży w osi przewodu toru prądowego L. Ilość i rozmieszczenie zastosowanych przewodzących elementów ekranujących SW1, SW2, SW3, ..., SW9 oraz ich odległość względem każdego przewodu toru prądowego L linii przesyłowej powinno być każdorazowo poprzedzone analizą zarówno najbliższego otoczenia linii przesyłowej jak i spodziewanych efektów uzyskanych w otoczeniu linii niskiej częstotliwości, w której będzie częściowo eliminowane szkodliwe pole elektromagnetyczne. Zastosowanie trzech lub więcej przewodzących elementów ekranujących SW1, SW2, SW3, ..., SW9 na każdy przewód toru prądowego L powoduje obniżenie maksymalnej wartości natężenia pola elektrycznego poniżej 1 kV/m. Zastosowanie przewodzących elementów ekranujących SW1, SW2, SW3, ..., SW9 w formie dodatkowych uziemionych przewodów umieszczonych pod linią przesyłową powoduje, że niewielkiemu powiększeniu ulega odległość pomiędzy dwoma maksimami natężenia pola elektrycznego jednakże z powodu ograniczenia wartości maksimów jest to bez znaczenia z punktu widzenia obowiązujących przepisów dotyczących natężenia pola elektrycznego o częstotliwości 50 Hz.

#### Wykaz oznaczeń na rysunku:

- C – styk, połączenie galwaniczne
- CL – warstwa przewodząca
- DL – warstwa dielektryczna
- E – uziom, układ uziomowy
- L – przewód toru prądowego
- RD – rdzeń dielektryczny
- SL – warstwa półprzewodząca
- SW1–SW9 – ekranujący element przewodzący
- Z – impedancja – rezystor/włączona szeregowo

### Zastrzeżenia patentowe

1. Linia elektroenergetyczna niskiej częstotliwości częściowo eliminująca szkodliwe pole elektromagnetyczne zawierająca elementy ekranujące umieszczone równolegle względem przewodów toru prądowego linii przesyłowej, **znamienna tym**, że w odległości zachowującej bezpieczny odstęp izolacyjny od co najmniej jednego przewodu toru prądowego (L) zamocowany jest na izolatorze co najmniej jeden ekranujący element przewodzący (SW1, SW2, SW3, ..., SW9).
2. Linia według zastrz. 1, **znamienna tym**, że ekranujące elementy przewodzące (SW1, SW2, SW3, ..., SW9) rozłożone są na okręgu o środku usytuowanym w osi symetrii przewodu toru prądowego (L).
3. Linia według zastrz. 1, **znamienna tym**, że ekranujący element przewodzący (SW1, SW2, SW3, ..., SW9) ma rdzeń dielektryczny (RD), na który naniesiona jest warstwa przewodząca (CL).
4. Linia według zastrz. 1, **znamienna tym**, że ekranujący element przewodzący (SW1, SW2, SW3, ..., SW9) ma rdzeń dielektryczny (RD), na który naniesiona jest co najmniej jedna warstwa przewodząca (CL) na przemian z co najmniej jedną warstwą dielektryczną (DL).
5. Linia według zastrz. 4, **znamienna tym**, że na element przewodzący (SW1, SW2, SW3, ..., SW9) naniesiona jest zewnętrzna warstwa półprzewodzącą (SL).
6. Linia według zastrz. 4, **znamienna tym**, że warstwa przewodząca (CL) wyposażona jest w styk (C) połączony galwanicznie z uziomem (E).
7. Linia według zastrz. 6, **znamienna tym**, że pomiędzy styk (C) i uziom (E) włączony jest szeregowo rezystor (Z), korzystnie regulowany o zmiennej rezystancji/impedancji.
8. Linia według zastrz. 1, **znamienna tym**, że ekranujący element przewodzący (SW1, SW2, SW3, ..., SW9) stanowi nieuziemiiony przewód metalowy.
9. Linia według zastrz. 1, **znamienna tym**, że ekranujący element przewodzący (SW1, SW2, SW3, ..., SW9) zamocowany jest do konstrukcji wsporczych słupów elektroenergetycznych.

## Rysunki

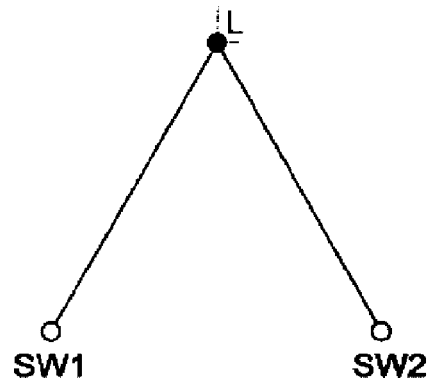


Fig. 1

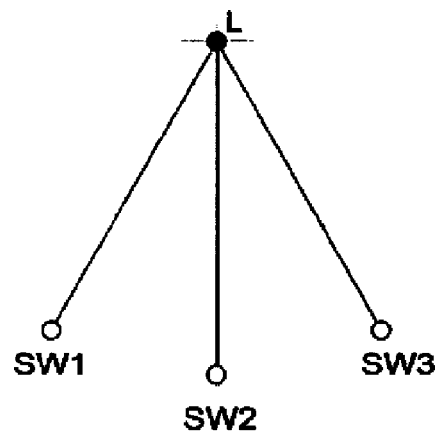


Fig. 2

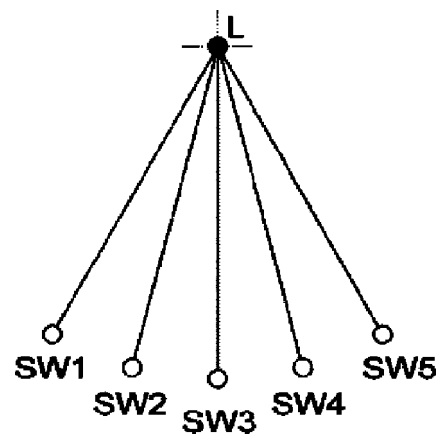


Fig. 3

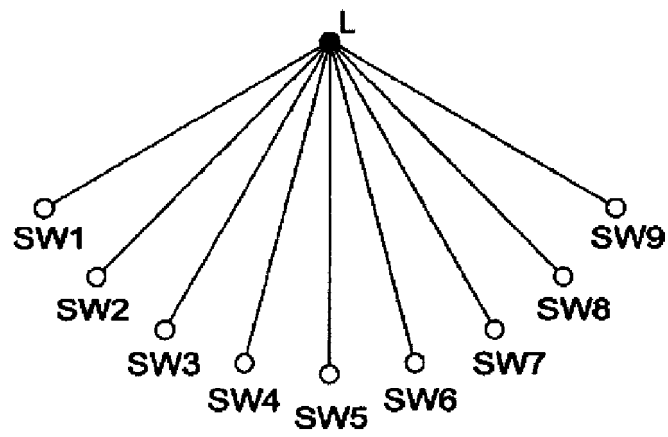


Fig. 4

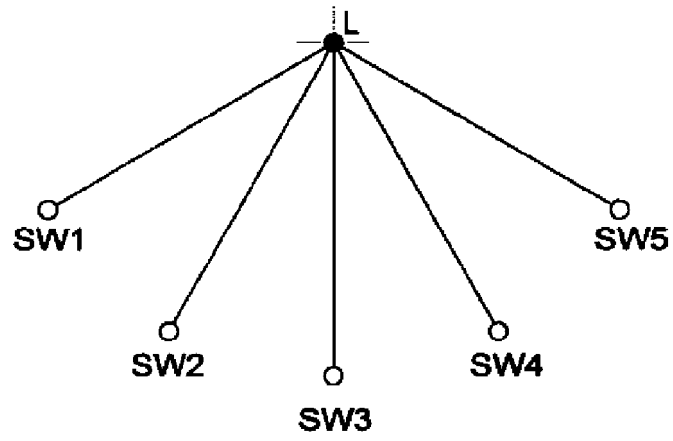


Fig. 5

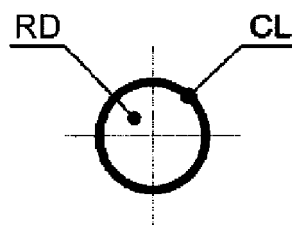


Fig. 6

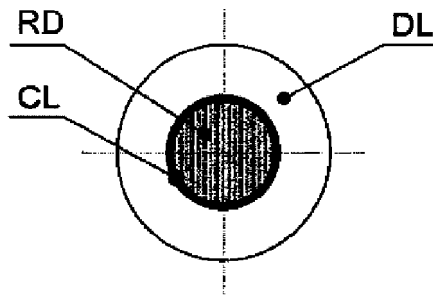


Fig. 7

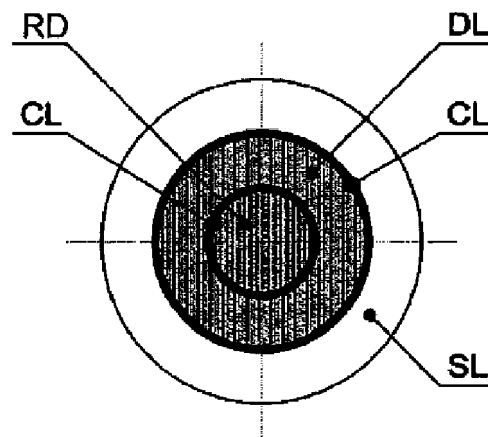


Fig. 8

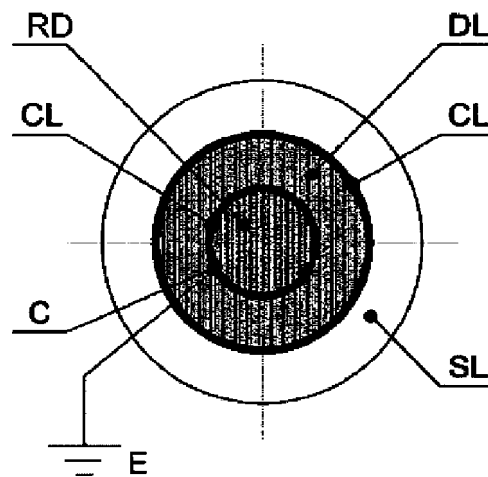


Fig. 9

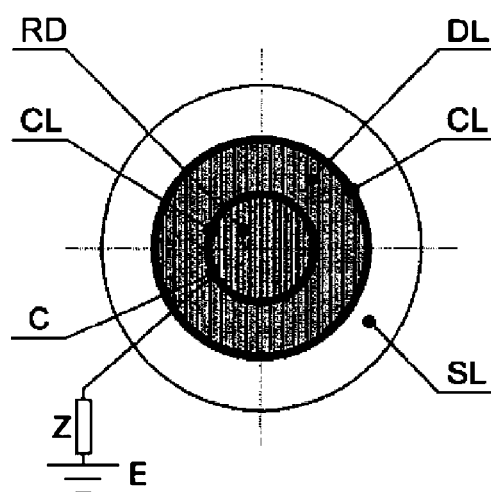


Fig. 10