



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.02.2000 Patentblatt 2000/06

(51) Int. Cl.⁷: **H01P 1/202**

(21) Anmeldenummer: **99115530.0**

(22) Anmeldetag: **05.08.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Lang, Manfred, Dr.
82024 Taufkirchen (DE)**

(74) Vertreter:
**Prietsch, Reiner, Dipl.-Ing.
Patentanwalt
Schäufeleinstrasse 7
80687 München (DE)**

(30) Priorität: **06.08.1998 DE 19835531**

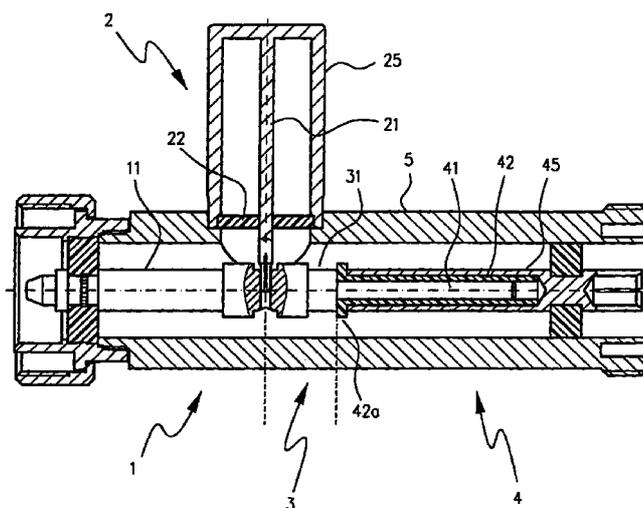
(71) Anmelder:
**Spinner GmbH Elektrotechnische Fabrik
80335 München (DE)**

(54) **Breitbandiger koaxialer Überspannungsableiter**

(57) Ein besonders breitbandiger koaxialer Überspannungsableiter besteht aus einer zu einem Koaxialleitungsabschnitt (1) parallelschalteten Kurzschlußleitung (2), einem an die Parallelschaltung anschließenden, transformierenden koaxialen Leitungsstück (3) mit einer Länge $< \lambda/4$ und einer auf dieses Leitungsstück (3) folgenden, leerlaufenden Leitung (4). Die Länge des

transformierenden Leitungsstücks (3) ist so gewählt, daß die den frequenzabhängigen Verlauf des Reflexionsfaktor wiedergebende Kurve bei zwei unterschiedlichen Betriebsfrequenzen, die sehr weit auseinander liegen können, je ein Minimum aufweist.

Figur 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen breitbandigen koaxialen Überspannungsableiter, mit einer zu einem Koaxialleitungsabschnitt parallel geschalteten Kurzschlußleitung und einer in Serie geschalteten leerlaufenden Leitung.

5 **[0002]** Koaxiale Überspannungsableiter, die aus einem Koaxialleitungsabschnitt mit parallel geschalteter Kurzschlußleitung, in der Regel eine $\lambda/4$ -Kurzschlußleitung, bestehen, sind bekannt. Sie sind sehr schmalbandig. Auch wenn man ein VSWR von 1,1 zuläßt, ist nur eine relative Bandbreite von 20 % realisierbar. Eine größere Bandbreite läßt sich erreichen, wenn man den Wellenwiderstand Z_K der Kurzschlußleitung größer als den Wellenwiderstand Z_O des Koaxialleitungsabschnitts macht. Allerdings kann Z_K nicht beliebig groß gemacht werden, da die verbleibende Reststörspannung
10 proportional zu Z_K ist. Schaltet man jedoch der Parallelschaltung aus dem Koaxialleitungsabschnitt und der Kurzschlußleitung in Serie eine leerlaufende Leitung nach, so läßt sich für ein VSWR von 1,1 (entsprechend einem Reflexionsfaktor von etwa 0,05) an den Rändern des Übertragungsbereiches eine Bandbreite von etwa einer Oktave erreichen.

[0003] Ein derartiger Überspannungsableiter ist allerdings nur bedingt geeignet, wenn über die Leitung zwei schmale
15 Frequenzbänder übertragen werden müssen, deren Mittenfrequenzen sehr weit, z.B. eine Oktave, auseinander liegen. Dies gilt u.a. für den Mobilfunk, wo die Signale des D-Netzes (890 bis 960 MHz) und des E-Netzes (1710 bis 1880 MHz) über ein gemeinsames Antennenkabel zur Antenne der Basisstation übertragen werden.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen breitbandigen koaxialen Überspannungsableiter zu schaffen, der an den Rändern eines vorgegebenen Frequenzbereiches einen besonders niedrigen Reflexionsfaktor hat.

20 **[0005]** Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zwischen dem Anschlußpunkt der Kurzschlußleitung und dem Anschlußpunkt der leerlaufenden Leitung ein transformierendes koaxiales Leitungsstück mit einer Länge $< \lambda/4$ liegt.

[0006] Dabei ist λ die der Mittenfrequenz des vorgegebenen Frequenzbereichs entsprechende Wellenlänge. Es wurde festgestellt und läßt sich auch rechnerisch zeigen, daß bei dem vorgeschlagenen Überspannungsableiter der
25 frequenzabhängige Verlauf des Reflexionsfaktors zwei sehr kleine Minima ausreichender Bandbreite beidseits eines etwa in der nicht genutzten Bandmitte liegenden Maximums hat. Die Minima können mehr als eine Oktave auseinanderliegen. Ihre Lage und ihre Größe hängen von der Bemessung der beteiligten, transformierenden Leitungselemente, also der Kurzschlußleitung, des transformierenden Leitungsstücks und der leerlaufenden Leitung, ab.

[0007] Insbesondere kann die Länge des seriellen transformierenden Leitungsstücks so gewählt ist, daß die den frequenzabhängigen Verlauf des Reflexionsfaktors wiedergebende Kurve bei zwei unterschiedlichen Betriebsfrequenzen
30 des Überspannungsableiters je ein Minimum aufweist (Anspruch 2).

[0008] Zweckmäßig ist dabei der Wellenwiderstand der Kurzschlußleitung hochohmiger und der Wellenwiderstand der leerlaufenden Leitung niederohmiger als der Wellenwiderstand des Koaxialleitungsabschnitts bemessen (Anspruch
3).

35 **[0009]** Insbesondere kann der Wellenwiderstand der Kurzschlußleitung das zwei- bis dreifache des Wellenwiderstandes der Koaxialleitung und der Wellenwiderstand der leerlaufenden Leitung etwa die Hälfte bis ein Viertel des Wellenwiderstandes des Koaxialleitungsabschnitts betragen. (Anspruch 4).

[0010] Der Überspannungsableiter nach dem vorliegenden Vorschlag hat auch den Vorteil, kleiner zu bauen als ein Überspannungsableiter nach dem Stand der Technik, denn sowohl die Länge der Kurzschlußleitung als auch die Länge
40 der leerlaufenden Leitung können etwa 20 bis 30 % kleiner als $\lambda/4$ gewählt werden (Ansprüche 5 und 6).

[0011] Für die meisten Anwendungen kann die Länge des seriellen transformierenden koaxialen Leitungsstücks etwa 20 bis 50 % von $\lambda/4$ betragen (Anspruch 7).

[0012] Bei einer bevorzugten Ausführungsform besteht die leerlaufenden Leitung aus einem Abschnitt verringerten Durchmessers des Innenleiters des transformierenden koaxialen Leitungsstücks, einer diesen Abschnitt umgebenden
45 Hülse aus einem dielektrischen Werkstoff, deren Länge der Länge der leerlaufenden Leitung entspricht und aus einem die Hülse koaxial umschließenden rohrförmigen Abschnitt des die Koaxialleitung fortsetzenden Innenleiters im Zusammenwirken mit dem durchgehenden Außenleiter des Überspannungsableiters (Anspruch 8).

[0013] In der Zeichnung ist ein Überspannungsableiter nach der Erfindung in einer beispielhaft gewählten Ausführungsform schematisch vereinfacht dargestellt und dessen Reflexionsverhalten durch ein Diagramm erläutert. Es zeigt:
50

Fig. 1 den Überspannungsableiter im Längsschnitt

Fig. 2 den frequenzabhängigen Verlauf des Reflexionsfaktors für ein praktisches Ausführungsbeispiel des Überspannungsableiters.

55 Fig. 3 eine stark vereinfachte Darstellung des Überspannungsableiters, nur zur Erläuterung der Bedeutung der Rechengrößen, auf denen das Reflexionsdiagramm in Fig. 2 beruht.

[0014] Der in Fig. 1 dargestellte Überspannungsableiter ist hier als koaxiale Baugruppe ausgebildet, die an ihren beiden Enden mit Steckanschlüssen grundsätzlich beliebiger und hier nicht näher interessierender Art ausgestattet ist. Der Überspannungsableiter ist reziprok und umfaßt einen koaxialen Leitungsabschnitt 1, eine dazu parallel geschaltete Kurzschlußleitung 2, ein kurzes, transformierendes koaxiales Leitungsstück 3 und eine dazu in Serie geschaltete, leerlaufende Leitung 4. Der Außenleiter 25 der Kurzschlußleitung 2 kann als Teil des den übrigen Leitungsabschnitten gemeinsamen Außenleiters 5 betrachtet werden. Mit dem Innenleiter 11 des Koaxialleitungsabschnitts 1 ist wie üblich der Innenleiter 21 der Kurzschlußleitung 2 verbunden, bzw. hier nach dem Stecker/Buchse-Prinzip. An seinem anderen Ende ist der Innenleiter 21 mit dem Außenleiter 25 elektrisch leitend verbunden. Die Länge der Kurzschlußleitung ist kleiner als $\lambda/4$, wobei λ die der rechnerischen, jedoch nicht genutzten Bandmittenfrequenz entsprechende Wellenlänge ist. Der Durchmesser des Innenleiters 21 und der Innendurchmesser des Außenleiters 25 der Kurzschlußleitung sind nach dem bekannten Zusammenhang so gewählt, daß der Wellenwiderstand der Kurzschlußleitung etwa das zwei- bis dreifache des Wellenwiderstandes der Koaxialleitung beträgt.

[0015] An den Verbindungspunkt des Innenleiters 11 des Koaxialleitungsabschnitts 1 und des Innenleiters 21 der Kurzschlußleitung 20 schließt sich der Innenleiter 31 des transformierenden Leitungsstücks 3 an. Die Länge dieses Leitungsstücks ist in der Regel kleiner als $\lambda/8$. Der nur schematisch dargestellte Durchmessersprung dient der Kompensation der Öffnung in dem Außenleiter 5, über die der Innenleiter 21 der Kurzschlußleitung 2, gehalten von einer Isolierstoffscheibe 22, herausgeführt ist.

[0016] An das transformierende Leitungsstück 3 schließt sich in Serie die leerlaufende Leitung 4 an. Diese kann etwa die gleiche Länge wie die Kurzschlußleitung 2 haben und umfaßt einen den Innenleiter 31 fortsetzenden Innenleiter 41, dessen Durchmesser erheblich kleiner als derjenige des Innenleiters 31 ist. Weiter umfaßt die leerlaufende Leitung eine diesen Innenleiter 41 umgebende Hülse 42 aus einem dielektrischen Werkstoff. Die Hülse 42 hat einen umlaufenden Flansch 42a, der den rohrförmigen, die Hülse umgebenden Abschnitt 45 des die Koaxialleitung fortsetzenden Innenleiters von dem Innenleiter 41 des transformierenden Leitungsstücks 3 elektrisch trennt. Deshalb bildet der rohrförmige Abschnitt 45 den Außenleiter der leerlaufenden Leitung 4. Diese hat zufolge der gegebenen Durchmesserhältnisse und der Dielektrizitätskonstanten der Hülse 42 einen Wellenwiderstand, der etwa die Hälfte bis ein Viertel des Wellenwiderstandes des Koaxialleitungsabschnitts 1 beträgt.

[0017] Mit folgenden Größen

- Z_0 = Impedanz der Überspannungsableitung
- Z_k = Eingangsimpedanz (Blindwiderstand) der Kurzschlußleitung
- Z_3 = Wellenwiderstand der transformierenden Leitung mit der Länge l_3
- Z_L = Eingangsimpedanz (Blindwiderstand) des Leerlaufs
- l_k = Länge der Kurzschlußleitung
- l_3 = Länge der transformierenden Leitung
- l_L = Länge der Leerlaufleitung
- f = Frequenz

gelten entsprechend den bekannten Transformationsgleichungen folgende Beziehungen zur Ermittlung des frequenzabhängigen Reflexionsfaktors $r(f)$:

$$Z_k(f) = j \cdot Z_k \cdot \tan\left(2 \cdot \pi \cdot l_k \cdot \frac{f \cdot \sqrt{\epsilon_r}}{c} \cdot 10^3\right) \quad Z_1(f) = \frac{Z_0 \cdot Z_k(f)}{Z_0 + Z_k(f)}$$

$$Z_2(f) = Z_1(f) \cdot \frac{1 + \left(\frac{Z_3}{Z_1(f)}\right) \cdot i \cdot \tan\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{l_3 \cdot f \cdot \sqrt{\epsilon_r}}{c} \cdot 10^3\right)}{\left[1 + \left(\frac{Z_1(f)}{Z_3}\right) \cdot i \cdot \tan\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{l_3 \cdot f \cdot \sqrt{\epsilon_r}}{c} \cdot 10^3\right)\right]}$$

$$Z_L(f) = -i \cdot Z_L \cdot \frac{1}{\tan\left(2 \cdot \pi \cdot l_L \cdot \frac{f \cdot \sqrt{\epsilon_r}}{c} \cdot 10^3\right)} \quad Z_3(f) = Z_2(f) + Z_L(f)$$

$$r(f) = \frac{Z_3(f) - Z_0}{Z_3(f) + Z_0}$$

$$r_{\text{abs}}(f) := \sqrt{(\text{Re}(r(f)))^2 + (\text{Im}(r(f)))^2}$$

5 **[0018]** Mit folgenden Werten der in die schematisierte Darstellung des Überspannungsableiters in Fig. 3 eingetragenen Größen:

$$f := 800,810 \dots 2000 \text{ MHz} \quad Z_0 := 50 \text{ Ohm} \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad \epsilon_r := 1$$

10 $Z_K := 120 \text{ Ohm} \quad l_K := 40 \text{ mm}$

$$Z_L := 20.743 \text{ Ohm} \quad l_L := 40 \text{ mm}$$

$$Z_3 := 50 \text{ Ohm} \quad l_3 := 12 \text{ mm}$$

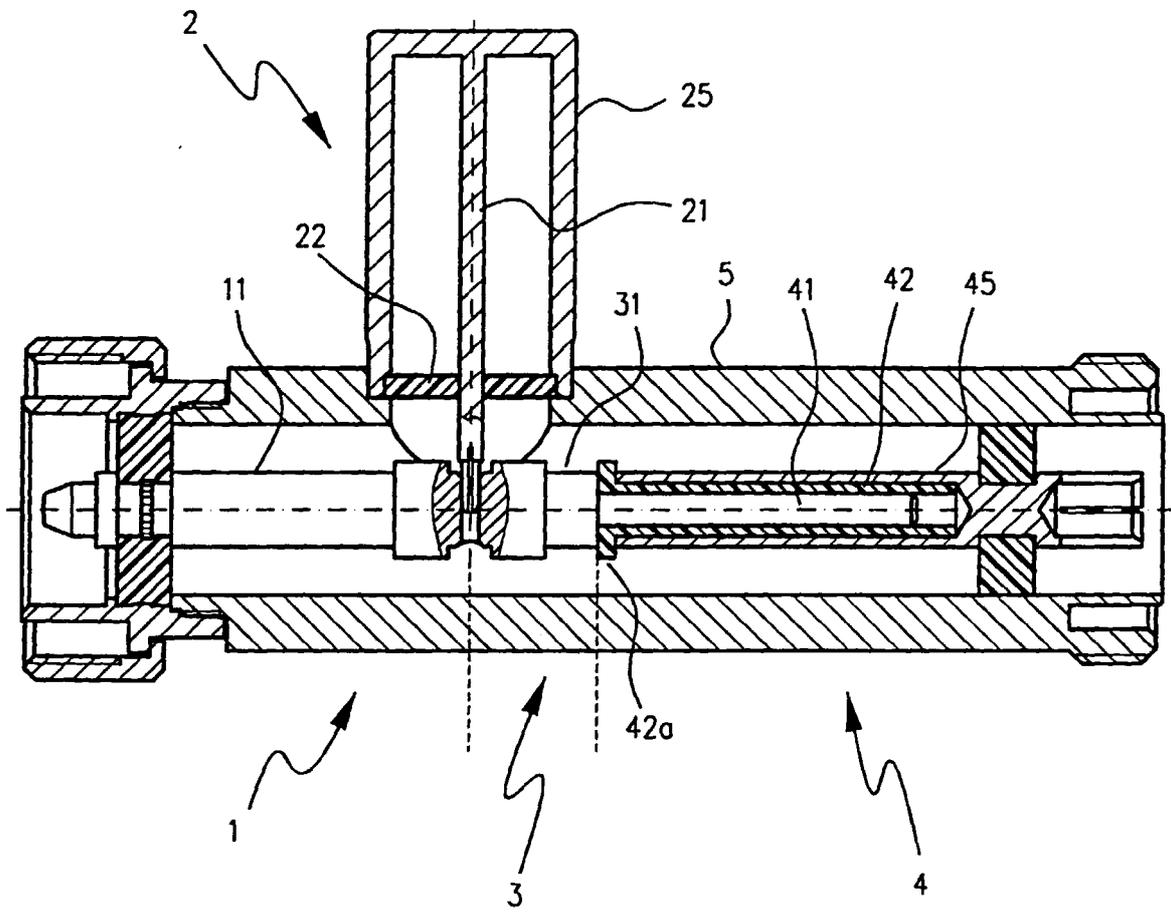
15 ergibt sich der in Fig. 2 dargestellte Verlauf des Reflexionsfaktors r für ein Ausführungsbeispiel eines Überspannungsableiters, der zur Verwendung in einem gemeinsamen Antennenkabel einer D-Netz- und einer E-Netz-Basisstation ausgelegt ist.

Patentansprüche

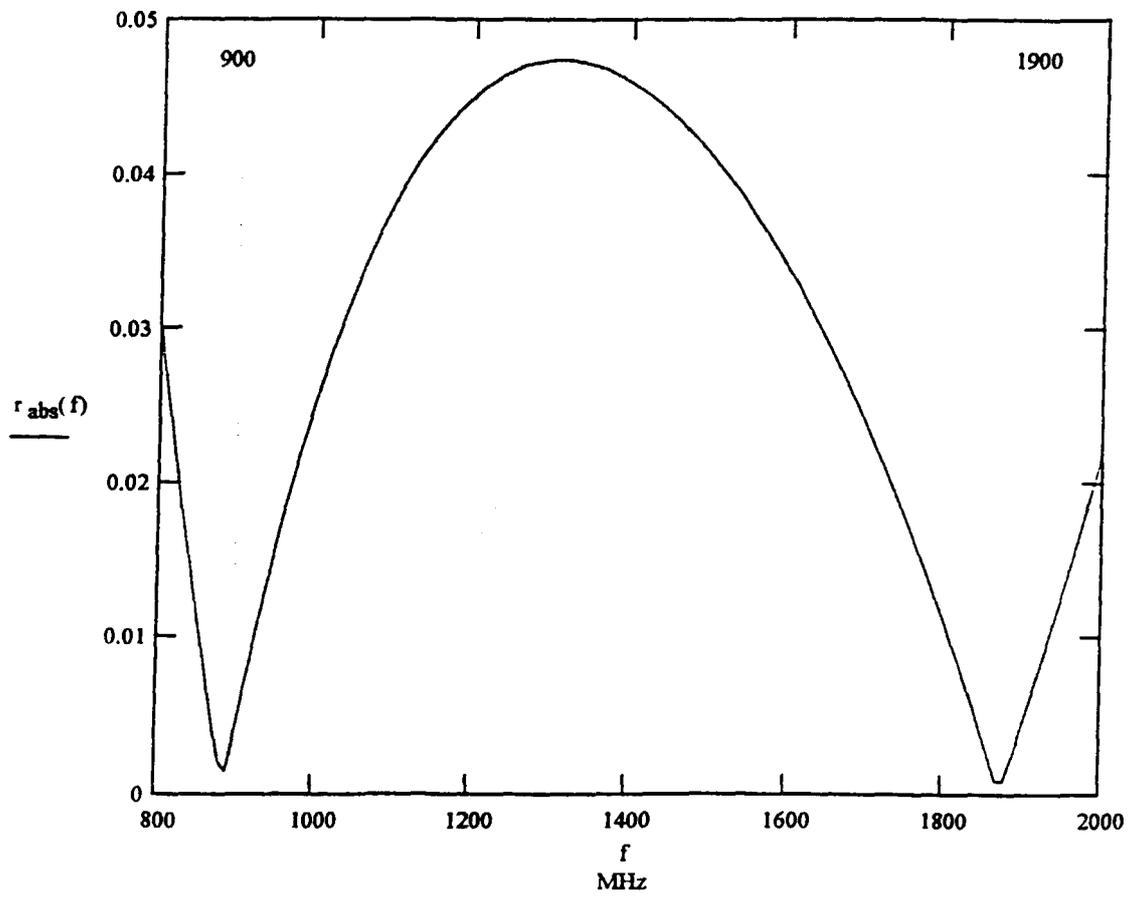
- 20
1. Breitbandiger koaxialer Überspannungsableiter, mit einer zu einem Koaxialleitungsabschnitt (1) parallel geschalteten Kurzschlußleitung (2) und einer in Serie geschalteten leerlaufenden Leitung (4), **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen dem Anschlußpunkt der Kurzschlußleitung (2) und dem Anfang der leerlaufenden Leitung (4) ein transformierendes koaxiales Leitungsstück (3) mit einer Länge $< \lambda/4$ liegt.
 - 25
 2. Überspannungsableiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des transformierenden Leitungsstücks (3) so gewählt ist, daß die den frequenzabhängigen Verlauf des Reflexionsfaktors wiedergebende Kurve bei zwei unterschiedlichen Betriebsfrequenzen des Überspannungsableiters je ein Minimum aufweist.
 - 30
 3. Überspannungsableiter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Wellenwiderstand der Kurzschlußleitung (2) hochohmiger und der Wellenwiderstand der leerlaufenden Leitung (4) niederohmiger als der Wellenwiderstand des Koaxialleitungsabschnitts (1) bemessen ist.
 - 35
 4. Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Wellenwiderstand der Kurzschlußleitung (2) das zwei- bis dreifache des Wellenwiderstandes des Koaxialleitungsabschnitts (1) und der Wellenwiderstand der leerlaufenden Leitung (4) etwa die Hälfte bis ein Viertel des Wellenwiderstandes des Koaxialleitungsabschnitts (1) beträgt.
 - 40
 5. Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Kurzschlußleitung (2) etwa 20 bis 30 % kleiner als $\lambda/4$ ist.
 6. Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der leerlaufenden Leitung (4) etwa 20 bis 30 % kleiner als $\lambda/4$ ist.
 - 45
 7. Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des transformierenden koaxialen Leitungsstücks (3) etwa 20 bis 50 % von $\lambda/4$ beträgt.
 - 50
 8. Überspannungsableiter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die leerlaufende Leitung (4) aus einem Abschnitt (41) verringerten Durchmessers des Innenleiters (31) des transformierenden koaxialen Leitungsstücks (3), einer diesen Abschnitt umgebenden Hülse (42) aus einem dielektrischen Werkstoff, deren Länge der Länge der leerlaufenden Leitung (4) entspricht und aus einem die Hülse (42) koaxial umschließenden rohrförmigen Abschnitt (45) des anschließenden Innenleiters im Zusammenwirken mit dem durchgehenden Außenleiter (5) des Überspannungsableiters besteht.

55

Figur 1



Figur 2



Figur 3

