

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 978 894 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.11.2004 Patentblatt 2004/47

(51) Int Cl. 7: **H01P 1/202**

(21) Anmeldenummer: **99115530.0**

(22) Anmeldetag: **05.08.1999**

(54) Breitbandiger koaxialer Überspannungsableiter

Coaxial broadband surge voltage arrester

Dérivateur de surtension coaxial à large bande

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.02.2000 Patentblatt 2000/06

(73) Patentinhaber: **Spinner GmbH Elektrotechnische
Fabrik
80335 München (DE)**

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

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

(56) Entgegenhaltungen:
**CH-A- 660 261 CH-A- 676 900
US-A- 5 764 114**

EP 0 978 894 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

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

[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 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 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.

[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 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 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).

[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 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 leerlaufende Leitung aus einem Abschnitt verringerten Durchmessers des Innenleiters des transformierenden koaxialen Leitungsstücks, einer diesen Abschnitt umgebenden 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:

Fig. 1 den Überspannungsableiter im Längsschnitt

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

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, uzw. 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 Durchmesserverhältnisse 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 frequenz-abhängigen Reflexionsfaktors $r(f)$:

$$Z_K(f) := j \cdot Z_K \cdot \tan \left(2 \cdot \pi \cdot l_K \cdot \frac{f \cdot \sqrt{\epsilon_r}}{c} \cdot 10^3 \right)$$

$$Z_1(f) := \frac{Z_0 \cdot Z_K(f)}{Z_0 + Z_K(f)}$$

50

55

5

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

10

15

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

20

$$Z_3(f) := Z_2(f) + Z_L(f)$$

25

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

25

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

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

30

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

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

35

$$Z_L := 20,743 \text{ Ohm} \quad l_L := 40 \text{ mm}$$

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

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

45

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.
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.
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.

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.
- 5
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.
- 10
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.
- 15
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.
- 20
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.

Claims

- 25 1. Broadband coaxial surge arrester with a short-circuit line (2), connected in parallel to a coaxial line section (1), and a no-load line (4) connected in series **characterized in that** between the connecting point of the short-circuit line (2) and the beginning of the no-load line (4) there lies a transforming coaxial line piece (3) with a length $< \lambda/4$.
- 30 2. Surge arrester according to claim 1, **characterized in that** the length of the transforming line piece (3) is chosen so that the curve reproducing the frequency-dependent course of the return-current coefficient, has a minimum for each of two different operating frequencies of the surge arrester.
- 35 3. Surge arrester according to claim 1 or 2, **characterized in that** the surge impedance of the short-circuit line (2) is of higher impedance and the surge impedance of the no-load line (4) is of lower impedance than the surge impedance of the coaxial line section (1).
- 40 4. Surge arrester according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** the surge impedance of the short-circuit line (2) is two to three times the surge impedance of the coaxial line section (1) and the surge impedance of the no-load line (4) is approximately a half to a quarter of the surge impedance of the coaxial line section (1).
- 45 5. Surge arrester according to one of claims 1 to 4, **characterized in that** the length of the short-circuit line (2) is approximately 20 to 30 % less than $\lambda/4$.
6. Surge arrester according to one of claims 1 to 5, **characterized in that** the length of the no-load line (4) is approximately 20 to 30 % less than $\lambda/4$.
7. Surge arrester according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** the length of the transforming coaxial line piece (3) is approximately 20 to 50 % of $\lambda/4$.
- 50 8. Surge arrester according to one of claims 1 to 7, **characterized in that** the no-load line (4) consists of a section (41) of reduced diameter of the internal conductor (31) of the transforming coaxial line piece (3), a sheath (42) surrounding this section made of a dielectric material, the length of which sheath corresponds to the length of the no-load line (4), and a tubular section (45), coaxially enclosing the sheath (42), of the adjoining internal conductor, in cooperation with the continuous external conductor (5) of the surge arrester.

Revendications

1. Dérivateur de surtension coaxial à large bande avec un guide de court circuit (2) monté en parallèle sur une section de guide coaxial (1) et un guide en circuit ouvert (4) monté en série, **caractérisé en ce que** une partie de guide coaxial transformant (3) de longueur $< \lambda/4$ se trouve entre le point de raccordement du guide de court circuit (2) et le début du guide en circuit ouvert (4).
2. Dérivateur de surtension selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la longueur de la partie de guide transformant (3) est choisie de telle façon que la courbe représentant l'allure du coefficient de réflexion en fonction de la fréquence présente respectivement un minimum à deux fréquences de fonctionnement différentes du déivateur de surtension.
3. Dérivateur de surtension selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'impédance caractéristique du guide de court circuit (2) est fixée à une valeur ohmique supérieure et l'impédance caractéristique du guide en circuit ouvert (4) à une valeur ohmique inférieure à l'impédance caractéristique de la section de guide coaxial (1).
4. Dérivateur de surtension selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'impédance caractéristique du guide de court circuit (2) est égale à deux à trois fois l'impédance caractéristique de la section de guide coaxial (1) et **en ce que** l'impédance caractéristique du guide en circuit ouvert (4) est approximativement égale à une valeur comprise entre la moitié et un quart de l'impédance caractéristique de la section de guide coaxial (1).
5. Dérivateur de surtension selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la longueur du guide de circuit court (2) est 20 à 30% plus petite que $\lambda/4$.
6. Dérivateur de surtension selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la longueur du guide de circuit court (4) est 20 à 30% plus petite que $\lambda/4$.
7. Dérivateur de surtension selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la longueur de la partie de guide coaxial transformant (3) est approximativement égale à 20 à 50 % de $\lambda/4$.
8. Dérivateur de surtension selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le guide en circuit ouvert (4) se compose d'une section (41) de diamètre réduit du conducteur interne (31) de la partie de guide coaxial transformant (3), d'un manchon (42) fait d'un matériau diélectrique qui entoure cette section et dont la longueur correspond à la longueur du guide en circuit ouvert (4), et d'une section tubulaire (45) du conducteur interne de raccordement qui entoure coaxialement le manchon (42), en coopération avec le conducteur externe traversant (5) du déivateur de surtension.

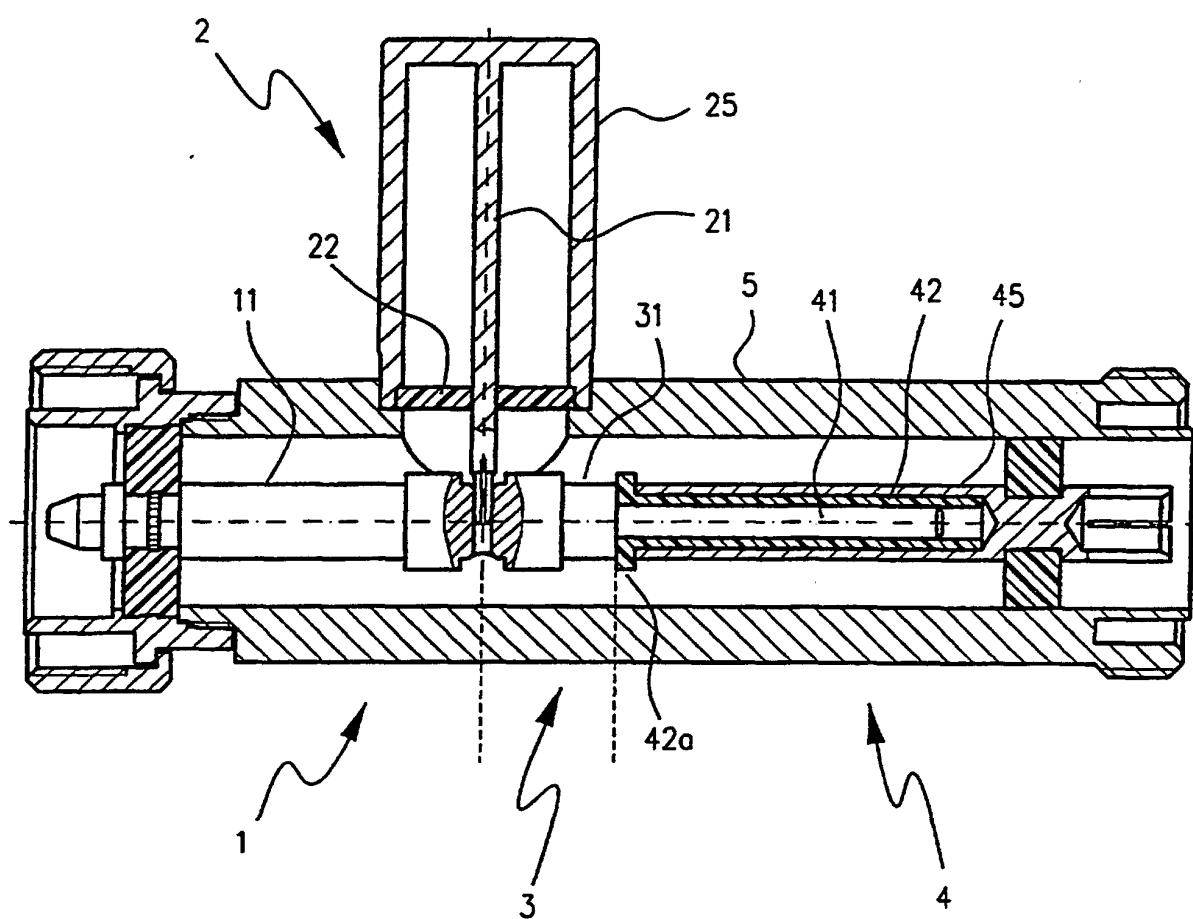
40

45

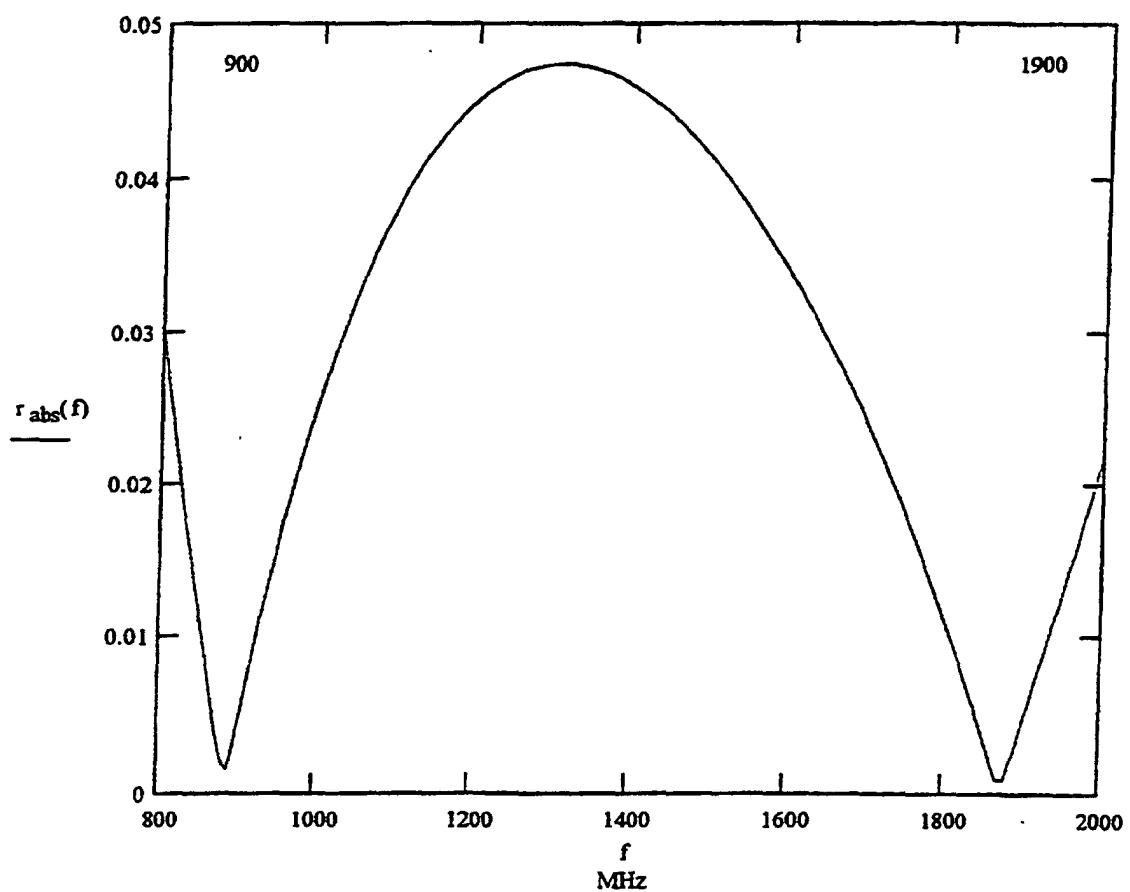
50

55

Figur 1



Figur 2



Figur 3

