

(19)



(11)

EP 2 828 862 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.05.2016 Patentblatt 2016/19

(51) Int Cl.:
H01B 11/02 (2006.01) H01B 11/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13713082.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/000770

(22) Anmeldetag: **14.03.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/139452 (26.09.2013 Gazette 2013/39)

(54) **SIGNALKABEL ZUR HOCHFREQUENTEN SIGNALÜBERTRAGUNG**

SIGNAL CABLE FOR HIGH-FREQUENCY SIGNAL TRANSMISSION

CÂBLE DE TRANSMISSION DE SIGNAUX À HAUTE FRÉQUENCE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **21.03.2012 DE 102012204554**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.01.2015 Patentblatt 2015/05

(73) Patentinhaber: **LEONI Kabel Holding GmbH 90402 Nürnberg (DE)**

(72) Erfinder:
• **KÖPPENDÖRFER, Erwin 91126 Schwabach (DE)**

- **STEUFF, Wolfgang 91781 Weissenburg (DE)**
- **WICKENHÖFER, Matthias 93479 Grafenwiesen (DE)**
- **JANSSEN, Bernd 26169 Friesoythe OT Neuscharrel (DE)**

(74) Vertreter: **FDST Patentanwälte Nordostpark 16 90411 Nürnberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 3 308 300 US-A1- 2001 032 448
US-A1- 2010 126 620

EP 2 828 862 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Signalkabel, nämlich ein Koaxialkabel oder ein symmetrisches Signalkabel mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1, bzw. 2, bzw. 3. Die Erfindung betrifft weiterhin die Verwendung eines solchen Signalkabels zur hochfrequenten Signalübertragung.

[0002] Als Signalkabel zur Übertragung von hochfrequenten Signalen, beispielsweise im GHz-Bereich werden häufig Koaxialkabel eingesetzt. Durch deren speziellen Aufbau mit einem zentralen als Signalleiter ausgebildeten Innenleiter, mit dem Dielektrikum sowie mit einem durch eine oder mehrere Schirmlagen gebildeten hohlzylindrischen Außenleiter ist die störungsfreie Übertragung auch von hochfrequenten, breitbandigen Signalen ermöglicht. Im Falle von äußeren Störfeldern werden diese von der Schirmlage abgeschirmt und beeinflussen die Signalübertragung beim Innenleiter nicht.

[0003] Neben Koaxialkabel werden zur Signalübertragung auch sogenannte symmetrische Signalkabel eingesetzt. Diese bestehen aus zumindest einem Paar von miteinander verseilten, isolierten Signalleitern, die einen Verseilverbund bilden. Dieser ist von einer Abschirmung (Paarschirmung) umgeben. Die beiden Signalleiter des Paares werden symmetrisch mit dem zu übertragenden Signal angesteuert, wobei in den einen Signalleiter das Ursprungssignal und in den anderen Signalleiter ein invertiertes (um 180° phasenverschoben) Signal eingespeist wird. Ausgewertet wird die Pegeldifferenz zwischen den beiden Signalleitern. Im Falle eines äußeren Störpegels wirkt dieser gleichermaßen auf die beiden Signalpegel in den Signalleitern ein, so dass das Differenzsignal unberührt bleibt.

[0004] Bei der Übertragung von Signalen insbesondere in Computernetzwerken werden Kabel eingesetzt, bei denen mehrere paarweise miteinander verdrahte, ungeschirmte Adernpaare nebeneinander in einem gemeinsamen Kabelmantel geführt werden. Typische derartige Datenkabel weisen beispielsweise vier oder auch mehr gemeinsam geführte Adernpaare auf. Derartige Kabel werden beispielsweise in Computernetzwerken als Cat 5- oder Cat 6-Kabel eingesetzt. Bei derartigen Computerkabeln oder auch Telefonkabeln ist als störender Effekt das sogenannte Nebensprechen bekannt, bei dem die Signalübertragung in dem einen Adernpaar die Signalübertragung in dem anderen Adernpaar beeinflusst.

[0005] Um dieses Nebensprechen zu vermeiden oder zumindest zu verringern sind unterschiedliche Maßnahmen bekannt. So ist beispielsweise aus der US 7,109,424 B2 oder auch der US 6,959,533 B2 eine Variation der Schlaglänge der Adernpaare zu entnehmen. Ein weiterer, beispielsweise in der WO 2005/041 219 A1 beschriebener Ansatz sieht für Cat 5 oder Cat 6-Kabel vor, die einzelnen Adernpaare mit unterschiedlichen Schlaglängen zu verseilen.

[0006] Aus der US 6,318,062 B1 ist beispielsweise eine Verseilmachine zu entnehmen, mit der eine Variation der Schlaglänge eines Adernpaares vorgenommen werden kann.

[0007] Ein anderer Ansatz zur Vermeidung oder Eindämmung des Nebensprechverhaltens sieht eine individuelle Abschirmung eines jeweiligen Adernpaares vor, so dass also keine störenden Einflüsse von dem Nachbarpaar auftreten können.

[0008] In der DE 19 43 229 wird ein weiterer, zu dem Problem des Nebensprechens unabhängiger Aspekt beschrieben, nämlich die sogenannte Rückflusssdämpfung. Diese entsteht beispielsweise bei koaxialen Leitungen aufgrund von Impedanzänderungen in der Übertragungsstrecke, wodurch an einer durch die Impedanzänderung hervorgerufenen Impedanzstoßstelle das Signal reflektiert wird, so dass insgesamt eine Signaldämpfung auftritt (Rückflusssdämpfung).

[0009] Aus der DE 19 43 229 ist zu entnehmen, dass eine periodische Verformung eines Kabels mit einer Vielzahl von miteinander verseilten Koaxialleitern zu einer hohen Rückflusssdämpfung bei bestimmten Übertragungsfrequenzen führt. Gemäß der DE 19 43 229 sind derartige Verformungen der Koaxialleiter durch die mechanische Belastung des jeweiligen Koaxialleiters bei dem Verseilprozess bedingt.

[0010] Gemäß diesem Dokument ist zur Vermeidung der Rückflusssdämpfung vorgesehen, die durch die Verseilung hervorgerufene Periodizität der mechanischen Verformungen durch eine Veränderung des Verseilprozesses zu verändern. Die durch die Verformung hervorgerufene Impedanzstörstelle tritt daher nicht mehr an sich periodisch wiederholenden Stellen auf, so dass die an den einzelnen Impedanzstoßstellen reflektierten Signalanteile sich nicht aufaddieren.

[0011] Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Signalkabel, nämlich ein Koaxialkabel oder ein symmetrisches Kabel mit verbesserten Eigenschaften insbesondere bei der Übertragung von hochfrequenten Datensignalen anzugeben.

[0012] Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch ein Signalkabel mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0013] Das Signalkabel ist als Hochfrequenz-Signalkabel zur Übertragung von Signalen mit einer Frequenz im Gigahertz-Bereich insbesondere bis zu etwa 100 Gigahertz ausgelegt und vorgesehen. Das Signalkabel ist dabei wahlweise als Koaxialkabel oder als symmetrisches Signalkabel ausgebildet. Das Koaxialkabel weist allgemein einen als Innenleiter ausgebildeten Signalleiter auf, welcher von einem Dielektrikum und anschließend von einem üblicherweise als Geflechtsschirm ausgebildeten Außenleiter umgeben ist, welcher wiederum von einem Kabelmantel umgeben ist. Das symmetrische Signalkabel weist zumindest ein miteinander verseiltes Adernpaar auf, das aus zwei isolierten Signalleitern gebildet ist und das von einer Abschirmung umgeben ist. Gemäß einer ersten Ausführungsvariante umgibt dabei die Abschirmung exakt ein Adernpaar, jedes Adernpaar des Kabels ist daher unmittelbar von einer Paarschirmung umgeben. Neben diesen mit einer Paarschirmung versehenen individuellen Adernpaaren ist auch die sogenannte Viererverseilung bei einem symmetrischen Signalkabel bekannt, bei dem zwei ein Signalpaar bildende Adernpaare gemeinsam miteinander

verseilt sind. Dieser Vierer-Verseilverbund ist ebenfalls von einer Abschirmung unmittelbar umgeben. Bei einem derartigen Sternvierer sind die vier einzelnen Signalleiter in einem Quadrat angeordnet, wobei die diagonal gegenüberliegenden Signalleiter jeweils ein Signalpaar zur Übertragung eines jeweiligen Datensignals bilden.

[0014] Bei derartigen Signalkabeln ist nunmehr erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Signalleiter als ein Litzenleiter bestehend aus einer Anzahl von einzelnen Litzendrähten ausgebildet ist und die Litzendrähte miteinander unter einer variierenden Schlaglänge verseilt sind. Alternativ oder in Kombination hierzu sind bei einem symmetrischen Signalkabel die Signalleiter miteinander unter einer variierenden Schlaglänge verseilt.

[0015] Diese Ausgestaltung geht von der Erkenntnis aus, dass selbst die streng homogen aufgebauten Signalkabeln, wie sie heutzutage bereits für die Übertragung von Signalen beispielsweise bis 100 Megahertz eingesetzt werden, für höherfrequenten Signale beispielsweise größer 500 Megahertz, und insbesondere im einstelligen Gigahertz-Bereich nur noch bedingt geeignet sind. Untersuchungen haben gezeigt, dass trotz einer exakt homogenen Ausgestaltung der Koaxialkabel ohne Formfehler, wie sie beispielsweise in der DE 19 43 229 beschrieben sind, eine Rückflusssdämpfung bei definierten Frequenzen auftritt. Es wurde weiterhin erkannt, dass diese Störungen durch die grundsätzliche Verseil-Periodizität der verseilten Komponenten, also entweder der miteinander verseilten einzelnen Litzendrähte des als Litzenleiter ausgebildeten Signalleiters oder durch die miteinander verseilten Signalleiter bei einem symmetrischen Kabel hervorgerufen sind. Ausgehend von diesen Erkenntnissen ist die variierende Schlaglänge gewählt, wodurch die bei einem definierten Frequenzbereich auftretende Rückflusssdämpfung verringert wird bzw. über ein größeres Frequenzband verteilt wird.

[0016] Diese Ausgestaltung mit der variierenden Schlaglänge geht also von der Erkenntnis aus, dass unmittelbar aufgrund des Verseil- oder Verlitzprozesses periodische Strukturen eingebracht werden, die trotz der homogenen, störungsfreien Ausbildung des Signalkabels ohne Formfehler in überraschender Weise für eine hochfrequente Datenübertragung eine periodisch wiederkehrende, regelmäßige Störung darstellt. Diese Störungen führen zu einer Erhöhung der Rückflusssdämpfung, d. h. zumindest ein frequenzfester Signalanteil wird vermehrt reflektiert und zurückgeworfen und mindert somit die übertragene Signalleistung. Unter Rückflusssdämpfung wird allgemein das Verhältnis von gesendeter zu reflektierter Leistung bzw. von eingespeister Energie zu rückgestreuter Energie verstanden. Die Rückflusssdämpfung ist daher ein Maß für Rückstreuungseffekte bei der Signalausbreitung im Signalkabel. Die Rückstreuungseffekte treten dabei an Störstellen in der Übertragungsstrecke auf.

[0017] Aufgrund der periodischen durch eine feste Schlaglänge eingebrachten Störungen wirken sich diese selektiv auf bestimmte Wellenlängen aus. Insbesondere sind derartige Signalanteile betroffen, deren Wellenlängen im Bereich der halben Schlaglänge oder einem ganzzahligen Vielfachen der halben Schlaglänge liegen. Die Rückflusssdämpfung zeigt daher Störpeaks, wenn $n \cdot \lambda/2 = s$, wobei n eine ganze Zahl ist, λ die Wellenlänge des Datensignals und s die Schlaglänge. Bei Doppelverseilmaschinen ist der die Störung bedingende periodische Abstand die doppelte Schlaglänge, so dass bei mit einer Doppelschlagmaschine hergestellten Kabel bzw. Litzen die Störpeaks auftreten wenn $n \cdot \lambda/2 = 2s$. Dieses Problem der Störpeaks in der Rückflusssdämpfung tritt insbesondere bei hochfrequenten Signalen im oberen Megahertz und im Gigahertz Bereich auf, da in diesem Fall die typischen Schlaglängen von Litzenleitern im Bereich eines Vielfachen von $\lambda/2$ bzw. $\lambda/4$ liegt. Bei einer Einfachschlagverseilmaschine und einer Schlaglänge s von 10mm entstehen die Störpeaks bei 10GHz ($\lambda/2=s$), 20GHz ($2 \cdot \lambda/2=s$), 30GHz ($3 \cdot \lambda/2=s$) usw.. Bei einer Doppelschlagverseilmaschine entstehen die Störpeaks bei 5GHz ($\lambda/2=2s$), 10GHz ($2 \cdot \lambda/2=2s$), 15GHz ($3 \cdot \lambda/2=2s$) usw.

[0018] Die durch die Schlaglänge eingebrachte periodische Struktur führt daher innerhalb des Signals selektiv zu einer hohen, peakartigen Rückflusssdämpfung bei einer definierten Frequenz (Wellenlänge). Durch die variierende Schlaglänge wird dieser Peak bei einer definierten Frequenz reduziert, so dass insgesamt bei dieser kritischen Frequenz die Rückflusssdämpfung verringert wird. Durch die Variation der Schlaglänge wird insgesamt die Rückflusssdämpfung infolge der durch die Verseilung eingebrachten Störungen auf ein breiteres Frequenzband verteilt. Damit besteht die Möglichkeit, insgesamt für die einzelnen Frequenzen die maximal zulässige Rückflusssdämpfung selbst bei hochfrequenten Datensignalen einzuhalten.

[0019] Unter Schlaglänge eines Litzenleiters wird allgemein die Länge verstanden, die ein einzelner Litzendraht aufgrund der Verseilung benötigt, um eine vollständige Umwicklung (360 Grad) in longitudinaler Richtung um ein Litzenzentrum auszuführen. Unter variierende Schlaglänge wird daher verstanden, dass der Längenabstand, den ein jeweiliger einzelner Litzendraht für eine 360 Grad-Umdrehung benötigt über die Länge des Litzenleiters sich verändert. Entsprechend wird unter Schlaglänge des Verseilverbunds auch die Länge verstanden, die der einzelne isolierte Signalleiter für eine vollständige Umwicklung benötigt.

[0020] Unter Litzenleiter werden vorliegend bevorzugt sogenannte konzentrische Litzenleiter verstanden, bei denen die einzelnen Litzendrähte eine genau definierte Lage aufweisen, so dass ein regelmäßiger Aufbau gewährleistet ist. Bei diesen sind allgemein ein oder mehrere Lagen von einzelnen Litzendrähten um ein Litzenzentrum herum verseilt. Das Litzenzentrum selbst ist üblicherweise auch ein Litzendraht. Bei einem einlagigen Litzenleiter ist der zentrale Litzendraht von sechs weiteren Litzendrähten umgeben. Bei einem zweilagigen Litzenleiter sind diese wiederum von 12 Einzeldrähten in der zweiten Lage, bei einem dreilagigen Litzenleiter sind diese wiederum von 18 Einzeldrähten in der dritten Lage umgeben. Daneben können die Litzenleiter alternativ auch als sogenannte Bündellitzen ausgebildet sein.

Bei diesen werden mehrere Einzeldrähte oder Drahtbündel verwürgt. Im Unterschied zu konzentrischen Litzen nehmen die Einzeldrähte keine genau definierte Lage innerhalb der Litze ein und es gibt keine feste Ordnung in der Stellung der Einzeldrähte zueinander.

[0021] Unter symmetrische Signalkabel werden Kabel mit zumindest einem Leiterpaar aus isolierten Signalleitern verstanden, die gemeinsam zur Übertragung eines Signals durch Einspeisen eines Ursprungssignals und eines hierzu invertierten Signals vorgesehen sind. Bei einer sogenannten Paarverseilung bildet das Leiterpaar den Verseilverbund, der von der Abschirmung umgeben ist. Neben der Paarverseilung ist auch eine sogenannte Viererverseilung, insbesondere der Sternvierer bekannt, bei dem jeweils zwei Adern (isolierte Signalleiter), beim Sternvierer die diagonal gegenüberliegenden Signalleiter, das jeweilige Leiterpaar bilden. Die bei der Viererverseilung vier miteinander verseilten Signalleiter bilden den Verseilverbund, der von der Abschirmung umgeben ist. Das Signalkabel weist in einer bevorzugten Variante mehrere von einer Abschirmung umgebene Verseilverbunde, also beispielsweise mehrere abgeschirmte Paare oder Sternvierer oder Kombinationen hiervon auf, die üblicherweise von einer weiteren Gesamtabschirmung umgeben sind.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung variiert dabei die Schlaglänge mit einem vorgegebenen Differenzwert um eine mittlere Schlaglänge. Die Schlaglänge variiert daher innerhalb einer durch den Differenzwert gebildeten Bandbreite um einen mittleren Wert nach oben und nach unten. Die mittlere Schlaglänge zuzüglich des Differenzwertes gibt daher eine maximale Schlaglänge und die mittlere Schlaglänge abzüglich des Differenzwertes gibt die minimale Schlaglänge an. Zwischen der maximalen und der minimalen Schlaglänge werden Zwischenwerte eingenommen.

[0023] Vorzugsweise liegt der Differenzwert dabei im Bereich von 5 bis 25 Prozent und insbesondere im Bereich von 10 bis 20 Prozent der mittleren Schlaglänge. Die sich einstellende Schlaglänge variiert daher zwischen 80 und 90 Prozent der mittleren Schlaglänge als minimale Schlaglänge bis hin zu 110 bis 120 Prozent der mittleren Schlaglänge als maximale Schlaglänge.

[0024] In zweckdienlicher Ausgestaltung oszilliert dabei die Schlaglänge um die mittlere Schlaglänge, nimmt also abwechselnd kontinuierlich bis zu einer maximalen Schlaglänge zu und bis zu einer minimalen Schlaglänge ab. Die Änderung der Schlaglänge ist dabei vorzugsweise kontinuierlich und stetig. Die Zu- und Abnahme folgt dabei insbesondere einer beispielsweise sinusförmigen Wellenbewegung.

[0025] Die Variation der Schlaglänge lässt sich herstellungstechnisch besonders einfach verwirklichen. Bei elektronisch gesteuerten Verlitz- oder Verseilmaschinen erfolgt dies bspw. durch eine Variation der Drehgeschwindigkeit des sogenannten Schlagbügels bei der Verseilung und/oder eine Variation der Abzugsgeschwindigkeit in Längsrichtung. Bei mechanisch verkoppelten Verseil- oder Verlitzmaschinen kann eine variierende Schlaglänge über exzentrisch gelagerte Räder innerhalb eines Antriebsgetriebes realisiert werden.

[0026] Alternativ zu einer gleichmäßigen beispielsweise sinusförmigen Veränderung der Schlaglänge ist in bevorzugter Ausgestaltung eine ungleichmäßige Variation vorgesehen. Die Schlaglänge verändert sich daher insbesondere willkürlich, vorzugsweise zufällig. Dies wird insbesondere bei elektronisch geregelten Verseilmaschinen vorzugsweise durch eine entsprechende ungleichmäßige Ansteuerung der Verseilmaschine erreicht. Insbesondere wird beispielsweise die Schlaglänge über einen Zufallsgenerator vorgegeben.

[0027] Für typische Anwendungen liegt die mittlere Schlaglänge bevorzugt im Bereich von 1 bis 40 mm, insbesondere im Bereich von 5 bis 40 mm. Zweckdienlicherweise beträgt die mittlere Schlaglänge allgemein etwa das 3 bis 50-fache des Durchmessers des Signalleiters. Durch diese gewählte Bandbreite der mittleren Schlaglänge in Kombination mit den gewählten mittleren Schlaglängen ist ausgehend von den gegenwärtig üblichen Litzenleitern mit den üblichen Schlaglängen ein Litzenleiter mit guten Rückflusdämpfungseigenschaften auch bei hohen Frequenzen erzielt.

[0028] Die variierende Schlaglänge lässt sich durch eine Einhüllende charakterisieren, die also die Zu- bzw. Abnahme der Schlaglänge angibt. Gemäß einer zweckdienlichen Ausgestaltung weist die Einhüllende selbst eine Länge im Bereich von wenigen Metern auf. Die Einhüllende kann dabei eine Länge von maximal bis zu 50 Metern aufweisen hat vorzugsweise jedoch eine deutlich geringere Länge beispielsweise von lediglich 0,3 Metern. Grundsätzlich besteht daher die Möglichkeit, dass nach dieser Länge oder Periodizität der Einhüllenden eine jeweilige Schlaglänge sich wiederholt, also mit einer Periodizität wiederholt, die der Periodizität der Einhüllenden entspricht. Durch die gewählte Länge der Einhüllenden im Bereich von einigen Metern wird erreicht, dass bei typischen Kabellängen, für die die Signalkabel üblicherweise eingesetzt werden, allenfalls nur wenige Schlaglängen sich identisch wiederholen. Insgesamt ist dadurch effektiv ein hoher Rückflusdämpfungs-Peak vermieden. Derartige Signalkabel werden beispielsweise als sogenannte Patch-Kabel bei Netzwerken eingesetzt. Allgemein liegen die Kabellängen im Bereich von wenigen Metern, maximal beispielsweise bei 30 m und insbesondere bei maximal etwa 15 m.

[0029] Um ergänzend auch den Effekt einer Periodizität der Einhüllenden zu verringern ist in zweckdienlicher Weiterbildung ergänzend eine Variation der Länge der Einhüllenden vorgesehen. Die Länge der Einhüllenden ist dabei charakterisiert durch den Abstand zweier Nulldurchgänge durch die mittlere Schlaglänge bei ansteigender Schlaglänge. Die Länge der Einhüllenden bei einer wellenförmigen Einhüllenden entspricht daher der Länge der Gesamtwelle, beispielsweise einer sinusartigen Welle. Vorzugsweise handelt es sich bei der Einhüllenden jeweils um eine symmetrische, beispielsweise sinusartige oder zackenförmige Welle. Diese wird daher vorzugsweise lediglich gestreckt. Ihre Maximal-

und Minimalwerte bleiben gleich. Durch die Variation der Länge wird in vorteilhafter Weise erreicht, dass der Abstand zwischen zwei identischen Schlaglängen von Einhüllender zu Einhüllender variiert, d.h. dass identische Schlaglängen zueinander keine feste Periodizität aufweisen.

[0030] Zweckdienlicherweise ist dabei die Variation der Länge der Einhüllenden vergleichsweise gering und beträgt beispielsweise nur 5 bis 10 Prozent einer mittleren Länge der Einhüllenden. Eine derartige variierende Einstellung sowohl der Schlaglängen als auch der Einhüllenden der Schlaglängen lässt sich herstellungstechnisch mit elektronisch gesteuerten Verseilmaschinen in besonders einfacher Weise durch eine entsprechende Ansteuerung insbesondere der Abzugsgeschwindigkeit erreichen. Insgesamt lässt sich daher ein derartiger Verseilverbund prozesstechnisch vergleichsweise einfach herstellen.

[0031] Die Variation der Einhüllenden lässt sich grundsätzlich wiederum durch eine Gesamteinhüllende beschreiben. Diese ist vorzugsweise ebenfalls beispielsweise durch eine Welle definiert. Innerhalb der Länge der Gesamteinhüllenden variiert daher die Länge der Einhüllenden jeweils kontinuierlich um einen Mittelwert. Die Länge der Gesamteinhüllenden liegt dabei vorzugsweise im Bereich von mehreren 10 Metern und insbesondere im Bereich von beispielsweise 20 bis 30 Meter. Durch diese Maßnahme wird sichergestellt, dass innerhalb der üblichen Kabellängen, für die die vorliegenden Signalkabel eingesetzt werden, eine Wiederholung einer Schlaglänge mit gleicher Periodizität ausgeschlossen ist.

[0032] Allgemein wird durch die variierenden Einhüllenden sowie durch die Gesamteinhüllende eine gleichmäßige Variation der Schlaglänge eingestellt, welche prozesstechnisch einfach handhabbar ist. Darüber hinaus besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit einer eher zufälligen und chaotischen Variation der einzelnen Parameter der Schlaglänge. Die dabei entstehenden Einhüllenden, insbesondere die Gesamteinhüllende weist vorzugsweise keine Periodizität auf.

[0033] So variiert beispielsweise gemäß einer zweckdienlichen Weiterbildung die maximale bzw. minimale Schlaglänge innerhalb zweier aufeinander folgender Einhüllender, d.h. die Maxima bzw. Minima der Einhüllenden nehmen unterschiedliche Werte ein.

[0034] Weiterhin ist in zweckdienlicher Weiterbildung vorgesehen, dass die Steigung von aufeinander folgenden Einhüllenden variiert. Auch kann vorgesehen sein, dass der Grad des Anstiegs vom Grad der Abnahme innerhalb einer Einhüllenden unterschiedlich ist. Die Zunahme bzw. Abnahme der Schlaglänge zwischen zwei Maxima bzw. Minima variiert also.

[0035] Durch diese insgesamt ungleichmäßige, zufällige oder auch chaotische Variation der Schlaglänge wird im Vergleich zu einer gleichmäßig variierenden Schlaglänge eine noch verbesserte Rückflusssdämpfung erreicht, da hierbei keinerlei periodische Strukturen innerhalb des Verseilverbundes enthalten sind.

[0036] Insgesamt ist dadurch bei vergleichsweise geringem Fertigungsaufwand ein im Hinblick auf die Rückflusssdämpfung deutlich verbessertes Signalkabel bereitgestellt.

[0037] Das hier beschriebene Verseilkonzept mit der variierenden Schlaglänge zur Vermeidung oder zumindest Reduzierung der Rückflusssdämpfung wird gemäß einer ersten Ausführungsvariante bei Koaxialleitern eingesetzt, welche als Signalleiter einen Litzenleiter aufweisen. Als Litzenleiter wird dabei vorzugsweise ein einlagiger Litzenleiter verwendet, bei dem also lediglich eine Lage an Litzendrähten verwendet sind, die beispielsweise um einen zentralen Litzendraht verseilt sind. Die Verseilung des Litzenleiters erfolgt dabei in einem einstufigen Verseilprozess, da dies besonders kosteneffizient ist.

[0038] Wird ein mehrlagiger Litzenleiter eingesetzt, bei dem also mehrere Lagen von einzelnen Litzendrähten konzentrisch zueinander angeordnet sind, so weisen die einzelnen Lagen vorzugsweise jeweils die gleiche Schlagrichtung und Schlaglänge auf. Auch hier wird daher der Litzenleiter zweckdienlicherweise in einem einstufigen Verseilprozess aus Kostengründen hergestellt. Die einzelnen Litzendrähte verlaufen daher allgemein parallel zueinander und weisen daher untereinander jeweils die gleiche Schlaglänge auf.

[0039] Grundsätzlich ist die Verwendung eines derartigen Litzenleiters nicht auf die Anwendung bei Koaxialkabeln beschränkt, sondern wird bevorzugt auch bei anderen hochfrequenten Signalkabeln mit Litzenleitern eingesetzt insbesondere bei symmetrischen Signalkabeln.

[0040] Das hier beschriebene Verseilkonzept mit der variierenden Schlaglänge wird gemäß der zweiten Ausführungsvariante bei der Verseilung von symmetrischen Signalkabeln eingesetzt. Derartige symmetrische Signalkabel weisen jeweils ein von einer Abschirmung umgebenes Signalpaar oder einen Sternvierer auf. Durch die Abschirmung ist bereits ein zuverlässiger Schutz gegen störende Effekte von außen wie beispielsweise das Nebensprechverhalten sichergestellt. Derartige von einer Paarschirmung umgebene Adernpaare werden beispielsweise bei Netzkabeln gemäß Cat 7, Cat 7a und höherwertige eingesetzt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass auch bei diesen verseilten, von einer Abschirmung umgebenen Signalleitern das Problem der Rückflusssdämpfung auftritt. Um dieses Problem zumindest zu reduzieren sind entsprechend auch die Signalleiter mit einer variierenden Schlaglänge verseilt, wie oben ausgeführt ist. Bei diesen Signalkabeln werden daher unterschiedliche Störeinflüsse, nämlich Störeinflüsse von außen oder Nebensprechprobleme einerseits und das Rückflusssdämpfungsproblem andererseits durch zwei unterschiedliche Maßnahmen, nämlich einerseits die Abschirmung und andererseits die variierende Schlaglänge vermieden.

[0041] In besonders bevorzugter Ausgestaltung bestehen die einzelnen Signalleiter des Verseilverbundes (Adernpaar bzw. Sternvierer) aus Litzenleitern und sowohl die Signalleiter als auch die einzelnen Litzendrähte sind mit variierender

Schlaglänge ausgebildet. Zur Reduzierung der Rückflussdämpfung ist daher eine doppelte Verseiloptimierung vorgesehen.

[0042] Bei einem symmetrischen Signalkabel ist dieses im montierten Zustand jeweils an einer Einspeisevorrichtung sowie an einer Auswertevorrichtung angeschlossen, wobei über die Einspeisevorrichtung ein zu übertragendes Ursprungssignal in den einen Signalleiter und ein hierzu invertiertes Signal in den anderen Signalleiter eingespeist wird. Die Auswertevorrichtung ist zur Auswertung der Pegeldifferenz zwischen diesen beiden Signalen ausgebildet. Auch hierdurch werden ergänzend störende Einflüsse von außen eliminiert, da diese typischerweise gleichzeitig auf beide Signaleile wirken und damit die Pegeldifferenz unbeeinflusst lassen.

[0043] Die Abschirmung sowohl bei einem Koaxialkabel als auch bei einem symmetrischen Signalkabel ist üblicherweise als ein Abschirmgeflecht ausgebildet. Bei einem Koaxialkabel bildet dieses zugleich den Außenleiter. Bei dem Geflecht handelt es sich allgemein um einen sich in Längsrichtung erstreckenden Hohlkörper, der durch das regelmäßige Ineinanderschlingen einer Mehrzahl von Geflechtsträngen gebildet ist. Die Geflechtstränge selbst bestehen wiederum aus einer Vielzahl von einzelnen feinen Einzeldrähten. Üblicherweise sind die einzelnen Geflechtstränge dabei ebenfalls unter einer festen Schlaglänge miteinander verflochten. Das Geflecht bzw. die Abschirmung ist allgemein derart ausgebildet, dass eine insbesondere gleichmäßige Abschirmung nach außen bzw. nach innen erfolgt. Entsprechend ist die Abschirmung homogen ausgebildet und weist eine gleichbleibende Schirmdämpfung auf. Im Hinblick auf eine effiziente Abschirmung sind dabei vorzugsweise doppelt geschirmte Abschirmungen vorgesehen, die typischerweise gebildet sind aus zwei Abschirmlagen, wobei die eine Lage beispielsweise aus dem Abschirmgeflecht und die andere Lage aus einer Metallfolie gebildet ist.

[0044] Zweckdienlicherweise ist in einer bevorzugten Weiterbildung vorgesehen, dass nunmehr auch die Schlaglänge der einzelnen Geflechtstränge eines derartigen Abschirmgeflechts über die Länge des Abschirmgeflechts variiert. Wie bei der variierenden Schlaglänge der Einzeldrähte des Litzenleiters ist auch hier vorzugsweise eine ungleichmäßige Variation vorgesehen. Daneben besteht auch die Möglichkeit einer gleichmäßigen Variation. Grundsätzlich ist die Ausgestaltung des Abschirmgeflechts mit variierender Schlaglänge auch unabhängig von der Ausgestaltung des Litzenleiters und / oder des Verseilverbundes mit variierender Schlaglänge möglich und vorgesehen. Die Einreichung einer Teilanmeldung auf diesen Aspekt bleibt vorbehalten.

[0045] Insgesamt ist das Signalkabel in zweckdienlicher Ausgestaltung daher als Hochfrequenzkabel für die Übertragung von Daten mit einer Frequenz im Gigahertzbereich ausgelegt, insbesondere bis etwa 100 Gigahertz.

[0046] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Diese zeigen in schematischen Darstellungen:

- Fig. 1 eine Schnittansicht durch ein Koaxialkabel,
- Fig. 2 eine Seitenansicht eines Litzenleiters,
- Fig. 3 eine Schnittansicht durch ein symmetrisches Signalkabel mit einem paarverseilten Leiterpaar,
- Fig. 4 eine stark vereinfachte Darstellung einer Vorrichtung zur Datenübertragung mit einem symmetrischen Signalkabel
- Fig. 5 eine Seitenansicht eines Abschirmgeflechts des Koaxialkabels
- Fig. 6 einen gleichmäßig variierenden Verlauf der Schlaglänge
- Fig. 7 eine variierende Einhüllende der Schlaglänge
- Fig. 8 einen stark ungleichmäßig variierenden Verlauf der Schlaglänge
- Fig. 9A eine qualitative Darstellung des Verlaufs der Rückflussdämpfung gegenüber der Frequenz eines Signals bei einem Litzenleiter mit konstanter Schlaglänge sowie
- Fig. 9B den qualitativen Verlauf der Rückflussdämpfung gegenüber der Frequenz eines Signals bei einem Litzenleiter mit variabler Schlaglänge.

[0047] In den Figuren sind gleichwirkende Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0048] Das Koaxialkabel 2a gemäß Fig. 1 weist einen zentralen als Litzenleiter 4a ausgebildeten Innen- und Signalleiter auf, der konzentrisch von einem Dielektrikum 6 und anschließend von einem Außenleiter umgeben ist, der durch eine durch ein Abschirmgeflecht gebildeten Abschirmung 8 gebildet ist. Diese ist wiederum von einem Kabelmantel 9 umgeben. Der Litzenleiter 4a weist eine Vielzahl von einzelnen miteinander verseilten Litzendrähten 10 auf.

[0049] Die einzelnen Litzendrähte 10 sind dabei derart miteinander verseilt, dass sie jeweils entlang einer Schraubenlinie in Längsrichtung 12 des Litzenleiters 4a verlaufen. Allgemein wird eine Schlaglänge s durch die Länge in Längsrichtung 12 definiert, die ein Litzendraht 10 für eine vollständige 360 Grad Umdrehung benötigt.

[0050] In der Fig. 2 sind schematisch verschiedene Schlaglängen s des Litzenleiters 4a eingezeichnet. Hervorgehoben ist dabei eine maximale Schlaglänge $s_{\max}$ sowie eine minimale Schlaglänge $s_{\min}$. Wie anhand der Seitenansicht der Fig. 2 zu erkennen ist, verändert sich die Schlaglänge s über die Länge des Litzenleiters 4a hinweg.

[0051] Das symmetrische Signalkabel 2b gemäß Fig. 3 weist im Ausführungsbeispiel ein Leiterpaar bestehend aus zwei isolierten Signalleitern 4b auf. Die Signalleiter 4b sind gebildet aus einem Leitungskern 14 und einer diesen um-

gebenden Isolierung 16. Der Leitungskern 14 ist bevorzugt ein als Draht ausgebildeter Vollleiter, alternativ ein Litzenleiter wahlweise mit konstanter oder variabler Schlaglänge. Das Leiterpaar ist von einer Abschirmung 8 und diese wiederum von einem Kabelmantel 9 umgeben. Das Leiterpaar bildet einen Verseilverbund aus. Im Ausführungsbeispiel ist ergänzend noch ein sogenannter Beilaufdraht 18 angeordnet, der nicht zwingend erforderlich ist. Das Signalkabel 2b besteht

im Ausführungsbeispiel aus dem abgeschirmten und vom Kabelmantel 9 umgebenen Verseilverbund. In alternativen Ausgestaltungen sind mehrere derartige Einheiten zu einem Gesamtkabel zusammengefasst und insbesondere von einer Gesamtabschirmung und einem Gesamtkabelmantel umgeben.

[0052] Ähnlich wie die einzelnen Litzendrähte 10 beim Litzenleiter 4a, so sind die Signalleiter 4b des Verseilverbundes miteinander unter einer variierenden Schlaglänge s verseilt. Die in Fig. 2 dargestellte Situation gilt daher gleichermaßen für den Verseilverbund.

[0053] Bei der Signalübertragung über ein symmetrisches Kabel wird gemäß der Fig. 4 ein zu übertragendes Signal mit Hilfe einer Einspeisevorrichtung 20 in das Signalkabel 2b eingespeist und mit Hilfe einer Auswertevorrichtung 22 wieder ausgekoppelt und ausgewertet. Wie durch die gestrichelten Linien schematisch angedeutet ist, wird dabei in den einen Signalleiter 4b ein Ursprungssignal D und in den anderen Signalleiter ein invertiertes, also um 180° phasenverschobenes Signal D' eingespeist. Durch die Auswertevorrichtung wird die Pegeldifferenz zwischen den Signalpegeln dieser Signale D , D' ausgewertet.

[0054] In Fig. 5 ist schematisch eine Seitenansicht der durch ein Abschirmgeflecht gebildeten Abschirmung 8 dargestellt. Die Abschirmung 8 besteht hierbei aus einer Vielzahl von miteinander verflochtenen Geflechtsträngen 24. Diese sind ebenfalls wiederum unter einer Schlaglänge s miteinander verflochten, wie dies schematisch in Fig. 3 dargestellt ist. Auch hier wird unter Schlaglänge s die Länge verstanden, die ein jeweiliger Geflechtstrang 24 benötigt, um eine vollständige Umwicklung (360°) auszuführen.

[0055] In den Fig. 6 bis 8 sind unterschiedliche Verläufe der variierenden Schlaglänge s dargestellt. Diese gelten gleichermaßen für die Verseilung des Litzenleiters 4a, des Verseilverbundes als auch des Abschirmgeflechts. In Fig. 6 ist zunächst eine gleichmäßige Variation der Schlaglänge s illustriert. Diese zeigt auf der X-Achse die Schlaglänge s , die gegenüber der Ausbreitung in x-Richtung und damit in Richtung der Längsrichtung 12 aufgetragen ist. Wie zu erkennen ist, oszilliert die Schlaglänge s um eine mittlere Schlaglänge s_0 und zwar jeweils um einen Differenzwert Δs . Und zwar nimmt ausgehend von der maximalen Schlaglänge $s_{\max}$ die Schlaglänge s kontinuierlich bis zur minimalen Schlaglänge $s_{\min}$ ab, um anschließend wieder bis zur maximalen Schlaglänge $s_{\max}$ zuzunehmen. Die Schlaglänge s oszilliert daher um die mittlere Schlaglänge s_0 insbesondere gleichmäßig und wellenförmig wie dies beispielhaft in der Fig. 4 dargestellt ist. Die Frequenz dieser oszillierenden Variation ist dabei bevorzugt kein Vielfaches der Verseil-Drehzahl. Unter Verseil-Drehzahl wird hierbei insbesondere die Anzahl der Umdrehungen pro Zeiteinheit des zu verseilenden Drahtes oder Leiters beim Verseilprozess verstanden.

[0056] Die variierende Schlaglänge s wird durch eine Einhüllende E charakterisiert, die im Ausführungsbeispiel nach Art einer Sinuskurve dargestellt ist. Alternativ hierzu steigt die Einhüllende E vorzugsweise geradlinig an bzw. fällt geradlinig ab, ist daher annähernd zickzack-förmig ausgebildet. Aufgrund der in der Fig. 6 dargestellten gleichmäßigen Variation der Schlaglänge s weist die Einhüllende eine feste Periodizität auf.

[0057] Vorzugsweise ist jedoch eine Ausführungsvariante vorgesehen, bei der die Einhüllende E selbst variiert, so dass identische Schlaglängen innerhalb verschiedener Einhüllender E zueinander nicht unter der gleichen Periodizität angeordnet sind. Dies wird anhand der Fig. 7 näher erläutert. Wie heraus zu entnehmen ist, variiert die Länge L der Einhüllenden E vorzugsweise kontinuierlich. Beispielhaft sind zwei Einhüllende mit zwei unterschiedlichen Längen L_1 , L_2 dargestellt. Die Variation der Einhüllenden selbst weist ebenfalls wieder eine Periode auf, so dass nach einer Gesamtlänge L_{ges} wieder die erste Einhüllende mit der Länge L_1 beginnt.

[0058] Die Variation der einzelnen Längen L , L_2 der Einhüllenden E lässt sich wiederum durch eine hier nicht näher dargestellte Gesamt-Einhüllende repräsentieren. Deren Gesamtlänge entspricht der dargestellten Gesamtlänge L_{ges} . Diese Gesamtlänge L_{ges} liegt dabei vorzugsweise im Bereich von 0,3 bis 50 Metern, wohingegen die Länge L der Einhüllenden E typischerweise im Bereich von wenigen Metern, beispielsweise bei etwa 3 Metern liegt. Die Variation der Einhüllenden E liegt im Bereich von vorzugsweise 5 bis 10 Prozent der Länge L der Einhüllenden.

[0059] Diese in der Fig. 7 dargestellte Variation der Schlaglänge s mit der Variation der Länge der Einhüllenden E ist insgesamt aufgrund der gleichmäßigen sukzessiven Variation der Schlaglänge prozesstechnisch einfach umzusetzen und wird daher bevorzugt.

[0060] Alternativ zu dieser gleichmäßigen Variation ist in alternativen Ausgestaltungen eine ungleichmäßige Variation der Schlaglänge s vorgesehen, wie dies beispielhaft in Fig. 8 dargestellt ist. Hieraus ist zu entnehmen, dass die Schlaglänge s vorzugsweise zufällig oder auch chaotisch variiert. Zum Einen verändert sich über die Länge x des Signalleiters 2 in Längsrichtung 12 der Grad der Zu- bzw. Abnahme der Schlaglänge s . In der Darstellung gemäß Fig. 8 entspricht dies der Steigung der die Schlaglänge s repräsentierenden Kurve. Pro definierter Längeneinheit des Signalleiters 2 variiert also die Zu- bzw. Abnahmen der Schlaglänge s und zwar insbesondere bezogen jeweils auf einen vorgegebenen definierten Absolutwert der Schlaglänge s . Verglichen werden daher immer die zunehmenden bzw. abnehmenden Bereiche zwischen zwei Wendepunkten.

[0061] Neben der Variation des Grads der Zu- oder Abnahme variiert auch die Intensität des dargestellten Verlaufs der Schlaglänge s , also die jeweils eingenommenen Maximalwerte $s_{\max}$ sowie Minimalwerte $s_{\min}$. Im Unterschied zu der gleichmäßigen Variation wie sie in Fig. 6 dargestellt ist, ist die gestrichelt dargestellte Einhüllende der Maximalwerte daher keine Gerade sondern ein Kurvenverlauf, der insbesondere keiner vorgegebenen Funktion folgt.

[0062] Der Litzenleiter 4a weist dabei einen Durchmesser d auf. Die mittlere Schlaglänge s_0 liegt typischerweise etwa im Bereich des 3 bis 50 fachen des Litzendurchmessers d . Bei typischen Litzendurchmessern d liegt daher die Schlaglänge im Bereich von etwa 1 mm bis 40 mm. Die gleichen Kennzahlen gelten vorzugsweise auch für den Verseilverbund beim symmetrischen Signalkabel 2b. Die mittlere Schlaglänge s_0 liegt daher ebenfalls bevorzugt etwa im Bereich des 3 bis 50 fachen des Durchmessers des jeweiligen Signalleiters 4b.

[0063] Mit einer derartigen variierenden Schlaglänge s lässt sich die sogenannte Rückflusssdämpfung R verbessern. Dies wird anhand der Fig. 9A, 9B illustriert. Fig. 9A zeigt die Situation beispielhaft bei einem Litzenleiter 4a (bzw. Verseilverbund) mit konstanter, gleichmäßiger Schlaglänge s . Wie zu erkennen ist, zeigt der Verlauf der Rückflusssdämpfung bei einer Frequenz f_0 einen Peak, der einen erlaubten Wert für die Rückflusssdämpfung überschreitet.

[0064] Demgegenüber ist der Peak bei der kritischen Frequenz f_0 deutlich reduziert und über ein breites Frequenzband verteilt, für den Fall dass die Schlaglänge s beim Litzenleiter 4a bzw. bei dem Verseilverbund variiert ist. Diese Situation ist qualitativ in Fig. 9B dargestellt.

[0065] Durch diese Maßnahme der variierenden Schlaglänge s eignet sich das Signalkabel 4a, 4b insbesondere für hochfrequente Datenübertragungen insbesondere auch im Gigahertzbereich und vorzugsweise bis zu etwa 100 Gigahertz.

Bezugszeichenliste

2a	Koaxialkabel	s	Schlaglänge
2b	symmetrisches Signalkabel		
4a	Litzenleiter	$s_{\max}$	maximale Schlaglänge
4b	isolierter Signalleiter		
6	Dielektrikum	$s_{\min}$	minimale Schlaglänge
8	Schirmlage	Δs	Differenzwert
9	Kabelmantel	f_0	Frequenz
10	Einzeldrähte	d	Durchmesser
12	Längsrichtung	D	Ursprungssignal
14	Leitungskern	D'	invertiertes Signal
16	Isolierung	E	Einhüllende
18	Beilaufdraht	$L_{1,2}$	Länge Einhüllende
20	Einspeisevorrichtung	L_{ges}	Gesamtlänge
22	Auswertevorrichtung		
24	Geflechtstrang		

Patentansprüche

1. Hochfrequenz-Signalkabel (2a, 2b) zur Übertragung von Signalen mit einer Frequenz im GHz-Bereich, nämlich ein symmetrisches Signalkabel (2b), bei dem isolierte Signalleiter (4b) paarweise miteinander verseilt sind und der Verseilverbund von einer Abschirmung (8) umgeben ist,

dadurch gekennzeichnet,

zur Verringerung einer Rückflusssdämpfung die Signalleiter (4b) miteinander unter einer variierenden Schlaglänge (s) verseilt sind, wobei bei einer paarweisen Verseilung das verseilte Adernpaar von einer Paarschirmung umgeben ist.

2. Hochfrequenz-Signalkabel (2a, 2b) zur Übertragung von Signalen mit einer Frequenz im GHz-Bereich, nämlich ein symmetrisches Signalkabel (2b), bei dem isolierte Signalleiter (4b) als Sternvierer zu einem Verseilverbund miteinander verseilt sind,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Verringerung einer Rückflusssdämpfung die Signalleiter (4b) miteinander unter einer variierenden Schlaglänge (s) verseilt sind.

3. Hochfrequenz-Signalkabel (2a, 2b) zur Übertragung von Signalen mit einer Frequenz im GHz-Bereich ausgewählt

aus den Kabeltypen Koaxialkabel oder symmetrisches Signalkabel, wobei das Koaxialkabel einen als Innenleiter ausgebildeten Signalleiter (4a) aufweist und beim symmetrischen Signalkabel (2b) isolierte Signalleiter (4b) paarweise oder als Stempvierer zu einem Verseilverbund miteinander verseilt sind,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Verringerung einer Rückflusssdämpfung der Signalleiter (4a) ein Litzenleiter ist bestehend aus einer Anzahl von einzelnen Litzendrähnen (10) und die Litzendrähne (10) miteinander unter einer variierenden Schlaglänge (s) verseilt sind.

4. Signalkabel (2a, 2b) nach Anspruch 1, 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schlaglänge (s) um eine mittlere Schlaglänge (s_0) um einen Differenzwert (Δs) variiert.

5. Signalkabel (2a, 2b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schlaglänge (s) ungleichmäßig variiert.

6. Signalkabel (2a, 2b) nach Anspruch 4 oder 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass die mittlere Schlaglänge (s_0) im Bereich des 3 bis 50-fachen des Durchmessers des Signalleiters (4a, 4b) und insbesondere im Bereich von 1 bis 40mm liegt.

7. Signalkabel (2a, 2b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Variation der Schlaglänge durch eine Einhüllende charakterisiert ist, die eine Länge im Bereich von wenigen Metern hat.

8. Signalkabel (2a, 2b) nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Länge der Einhüllenden variiert.

9. Signalkabel (2a, 2b) nach Anspruch 7 oder 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Wert einer maximalen Schlaglänge ($s_{\max}$) und / oder einer minimalen Schlaglänge ($s_{\min}$) bei aufeinanderfolgenden Einhüllenden variiert.

10. Signalkabel (2a, 2b) nach einem der Ansprüche 7 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steigung der Einhüllenden bei aufeinanderfolgenden Einhüllenden variiert.

11. Signalkabel (2a, 2b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Litzendrähne parallel zueinander mit jeweils gleicher Schlaglänge (s) verlaufen.

12. Signalkabel (2a, 2b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Litzenleiter nur eine Lage an Litzendrähnen aufweist.

13. Signalkabel (2b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer daran angeschlossenen Einspeisevorrichtung

(20) und einer Auswertevorrichtung (22), wobei die Einspeisevorrichtung (20) derart ausgebildet ist, dass in den einen Signalleiter (4b) ein zu übertragendes Ursprungssignal (D) und in den anderen Signalleiter (4b) ein zum Ursprungssignal (D) invertiertes Signal (D') eingespeist wird und die Auswertevorrichtung (22) zur Auswertung einer Pegeldifferenz zwischen Ursprungssignal (D) und invertiertem Signal (D') ausgebildet ist.

14. Signalkabel (2a, 2b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Abschirmung (8) als ein Geflecht ausgebildet ist mit einzelnen miteinander unter einer variierenden Schlaglänge (s) verflochtenen Geflechtsträngen (24).

15. Verwendung eines Signalkabels (2a, 2b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur hochfrequenten Signalübertragung im Bereich oberhalb von 100 MHz, wobei zur Reduzierung einer Rückflussdämpfung

- als Signalleiter (4a, 4b) ein Litzenleiter (4a) bestehend aus einer Anzahl von einzelnen Litzendrähten (10) verwendet wird, bei dem die Schlaglänge (s) der Litzendrähte (10) variiert ist, und/oder
- bei einem symmetrischen Signalkabel (2b) Signalleiter (4b) verwendet werden, die miteinander unter einer variierenden Schlaglänge (s) verseilt sind.

Claims

1. High-frequency signal cable (2a, 2b) for transmitting signals with a frequency in the GHz range, in particular a symmetrical signal cable (2b), wherein isolated signal conductors (4b) are stranded with one another in pairs and the stranded bond is surrounded by a shielding (8),

characterised in that

the signal conductors (4b) are stranded with one another at a varying lay length (s) to reduce return loss, wherein, in the case of stranding in pairs, the stranded wire pair is surrounded by a pair shielding.

2. High-frequency signal cable (2a, 2b) for transmitting signals with a frequency in the GHz range, in particular a symmetrical signal cable (2b), wherein isolated signal conductors (4b) are stranded with one another as star quads into a stranded bond,

characterised in that

the signal conductors (4b) are stranded with one another at a varying lay length (s) to reduce return loss.

3. High-frequency signal cable (2a, 2b) for transmitting signals with a frequency in the GHz range selected from the cable types of coaxial cable or symmetrical signal cable, wherein the coaxial cable has a signal conductor (4a) formed as an inner conductor and, in the case of the symmetrical signal cable (2b), isolated signal conductors (4b) are stranded with one another in pairs or as star quads into a stranded bond,

characterised in that,

to reduce return loss, the signal conductor (4a) is a stranded conductor consisting of a number of individual stranded wires (10) and the stranded wires (10) are stranded with one another at a varying lay length (s).

4. Signal cable (2a, 2b) according to claim 1, 2 or 3,

characterised in that

the lay length (s) varies around an average lay length (s_0) by a differential value (Δs).

5. Signal cable (2a, 2b) according to one of the preceding claims,

characterised in that

the lay length (s) varies irregularly.

6. Signal cable (2a, 2b) according to claim 4 or 5,

characterised in that

the average lay length (s_0) lies in the range of 3 to 50 times the diameter of the signal conductor (4a, 4b) and in particular in the range of 1 to 40mm.

7. Signal cable (2a, 2b) according to one of the preceding claims,

characterised in that

the variation of the lay length is **characterised by** an envelope which has a length in the range of a few metres.

8. Signal cable (2a, 2b) according to claim 7,

characterised in that

the length of the envelopes varies.

9. Signal cable (2a, 2b) according to claim 7 or 8,

characterised in that

the value of a maximum lay length ($s_{\max}$) and/or a minimum lay length ($s_{\min}$) varies in the case of consecutive envelopes.

10. Signal cable (2a, 2b) according to one of claims 7 to 9,
characterised in that
the slope of the envelopes varies in the case of consecutive envelopes.

11. Signal cable (2a, 2b) according to one of the preceding claims,
characterised in that
the stranded wires run parallel to one another each with the same lay length (s).

12. Signal cable (2a, 2b) according to one of the preceding claims,
characterised in that
the stranded conductor has only one layer of stranded wires.

13. Signal cable (2b) according to one of the preceding claims, having a feeding device (20) connected to it and an evaluation device (22), wherein the feeding device (20) is formed in such a way that a source signal (D) to be transmitted is fed into one signal conductor (4b) and a signal (D') which is inverted to the source signal (D) is fed into the other signal conductor (4b) and the evaluation device (22) is formed for the evaluation of a level difference between the source signal (D) and inverted signal (D').

14. Signal cable (2a, 2b) according to one of the preceding claims,
characterised in that
the shielding (8) is formed as braiding having individual braid strands (24) which are braided with one another at a varying lay length (s).

15. Use of a signal cable (2a, 2b) according to one of the preceding claims for high-frequency signal transmission in the range above 100MHz, wherein, to reduce a return loss,

- a stranded conductor (4a) consisting of a number of individual stranded wires (10) is used as a signal conductor (4a, 4b), wherein the lay length (s) of the stranded wires (10) is varied, and/or

- signal conductors (4b) are used in the case of a symmetrical signal cable (2b), said signal conductors (4b) being stranded with one another at a varying lay length (s).

Revendications

1. Câble de transmission de signal haute-fréquence (2a, 2b) pour la transmission de signaux avec une fréquence dans le domaine du GHz, à savoir un câble de transmission de signal symétrique (2b), dans lequel des conducteurs de transmission de signal isolés (4b) sont toronnés mutuellement par paire et l'ensemble toronné est entouré d'un blindage (8),

caractérisé

en ce que pour réduire une atténuation par réflexion, les conducteurs de transmission de signal (4b) sont toronnés mutuellement avec un pas de toronnage (s) variable, et dans le cas d'un toronnage par paire, la paire de brins toronnés est entourée par un blindage de paire.

2. Câble de transmission de signal haute-fréquence (2a, 2b) pour la transmission de signaux avec une fréquence dans le domaine du GHz, à savoir un câble de transmission de signal symétrique (2b), dans lequel des conducteurs de transmission de signal isolés (4b) sont toronnés mutuellement en un ensemble toronné sous forme de quarte-étoile,

caractérisé

en ce que pour réduire une atténuation par réflexion, les conducteurs de transmission de signal (4b) sont toronnés mutuellement avec un pas de toronnage (s) variable.

3. Câble de transmission de signal haute-fréquence (2a, 2b) pour la transmission de signaux avec une fréquence dans le domaine du GHz, choisit parmi les types de câbles câble coaxial ou câble de transmission de signal symétrique, le câble coaxial présentant un conducteur de transmission de signal (4a) réalisé en tant que conducteur intérieur, et, dans le cas du câble de transmission de signal symétrique (2b), des conducteurs de transmission de signal isolés (4b) sont toronnés mutuellement par paire ou en tant que quarte-étoile pour former un ensemble toronné,

caractérisé

en ce que pour réduire une atténuation par réflexion, le conducteur de transmission de signal (4a) est un conducteur torsadé constitué d'un certain nombre de fils individuels torsadés (10), et les fils torsadés (10) sont toronnés mu-

tuellement avec un pas de toronnage (s) variable.

4. Câble de transmission de signal (2a, 2b) selon la revendication 1, 2 ou la revendication 3,
caractérisé
5 **en ce que** le pas de toronnage (s) varie d'une valeur de différence (Δs) autour d'un pas de toronnage moyen (s_0).
5. Câble de transmission de signal (2a, 2b) selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé
10 **en ce que** le pas de toronnage (s) varie de manière non régulière.
6. Câble de transmission de signal (2a, 2b) selon la revendication 4 ou la revendication 5,
caractérisé
15 **en ce que** le pas de toronnage moyen (s_0) se situe dans une plage de 3 à 50 fois le diamètre du conducteur de transmission de signal (4a, 4b), et notamment dans une plage de 1 à 40 mm.
7. Câble de transmission de signal (2a, 2b) selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé
20 **en ce que** la variation du pas de toronnage est **caractérisée par** une courbe-enveloppe, qui a une longueur dans le domaine de quelques mètres.
8. Câble de transmission de signal (2a, 2b) selon la revendication 7,
caractérisé
25 **en ce que** la longueur de la courbe-enveloppe varie.
9. Câble de transmission de signal (2a, 2b) selon la revendication 7 ou la revendication 8,
caractérisé
30 **en ce que** la valeur d'un pas de toronnage maximal ($s_{\max}$) et/ou d'un pas de toronnage minimal ($s_{\min}$) varie pour des courbes-enveloppe successives.
10. Câble de transmission de signal (2a, 2b) selon l'une des revendications 7 à 9,
caractérisé
35 **en ce que** la pente des courbes-enveloppe varie pour des courbes-enveloppe successives.
11. Câble de transmission de signal (2a, 2b) selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé
40 **en ce que** les fils torsadés s'étendent parallèlement les uns aux autres avec un même pas de toronnage (s).
12. Câble de transmission de signal (2a, 2b) selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé
45 **en ce que** le conducteur torsadé ne présente qu'une couche de fils torsadés.
13. Câble de transmission de signal (2b) selon l'une des revendications précédentes, auquel est raccordé un dispositif d'alimentation (20) ainsi qu'un dispositif de traitement (22), ensemble dans lequel le dispositif d'alimentation (20) est réalisé de façon à envoyer dans l'un des conducteurs de transmission de signal (4b), un signal originel (D) à transmettre, et dans l'autre conducteur de transmission de signal (4b), un signal (D') inverse par rapport au signal originel (D), et le dispositif de traitement (22) est conçu pour le traitement d'une différence de niveau entre le signal originel (D) et le signal inverse (D').
14. Câble de transmission de signal (2a, 2b) selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé
50 **en ce que** le blindage (8) est réalisé sous forme de tresse comprenant des bandes de tresse (24) individuelles, tressées mutuellement les unes avec les autres, avec un pas de toronnage (s) variable.
15. Utilisation d'un câble de transmission de signal (2a, 2b) selon l'une des revendications précédentes, pour la transmission de signal haute-fréquence dans le domaine au-dessus de 100 MHz, d'après laquelle pour réduire une atténuation par réflexion

- on utilise en tant que conducteur de transmission de signal (4a, 4b), un conducteur torsadé (4a) constitué

EP 2 828 862 B1

d'un certain nombre de fils torsadés (10) individuels, pour lequel le pas de toronnage (s) des fils torsadés (10) est variable, et/ou

- on utilise, dans le cas d'un câble de transmission de signal symétrique (2b), des conducteurs de transmission de signal (4b), qui sont toronnés mutuellement avec un pas de toronnage (s) variable.

5

10

15

20

25

30

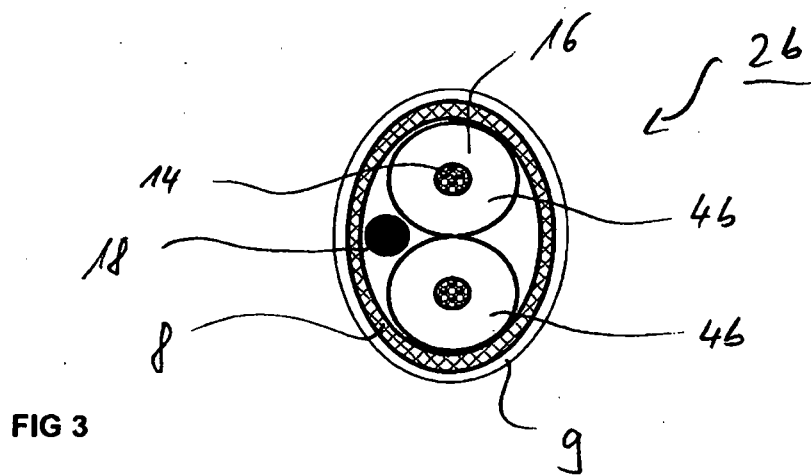
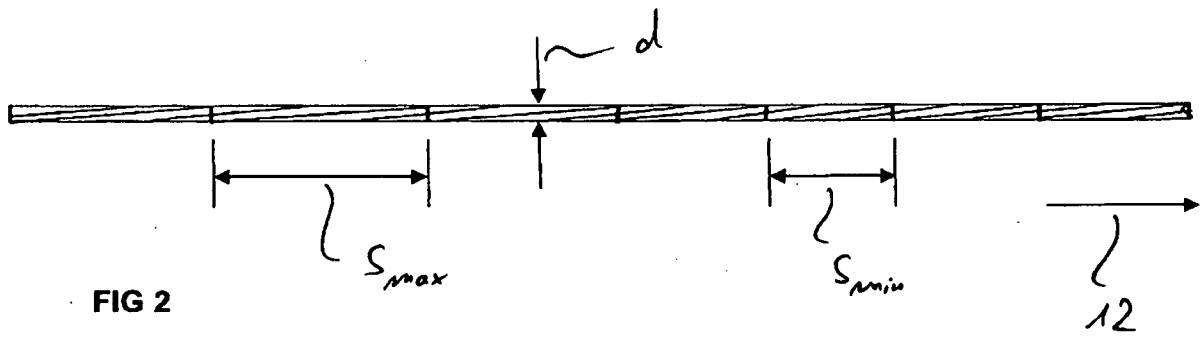
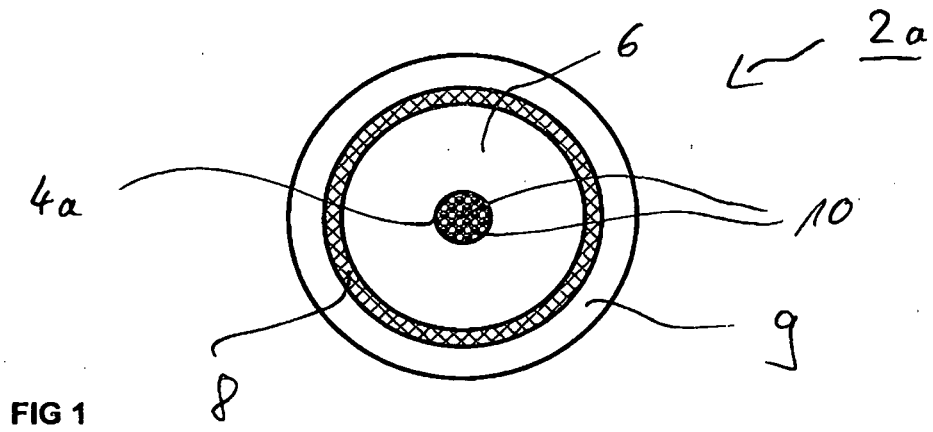
35

40

45

50

55



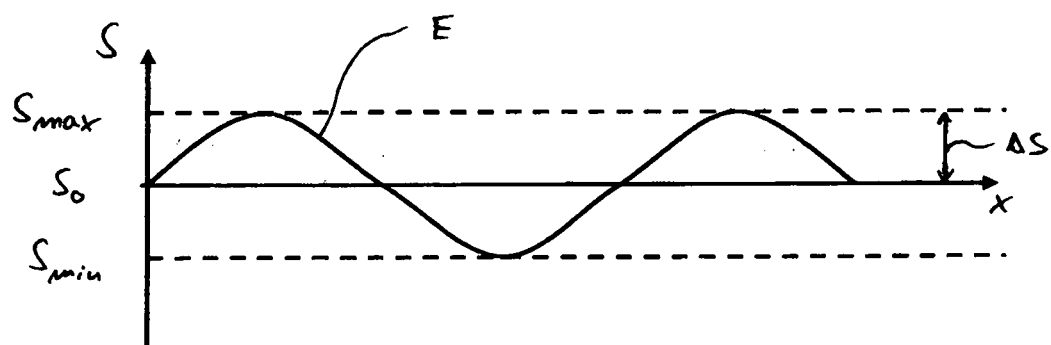
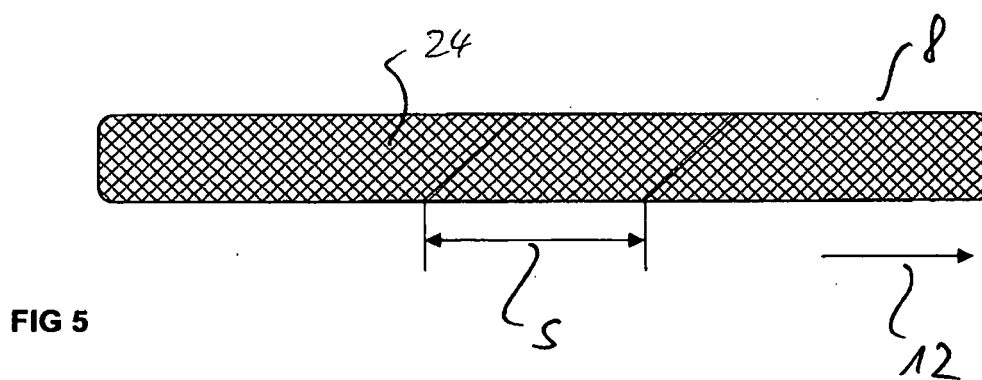
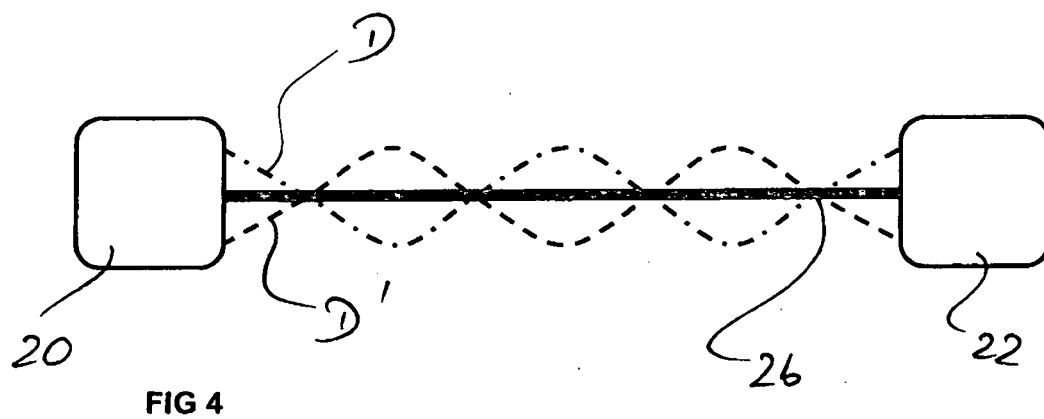


FIG 6

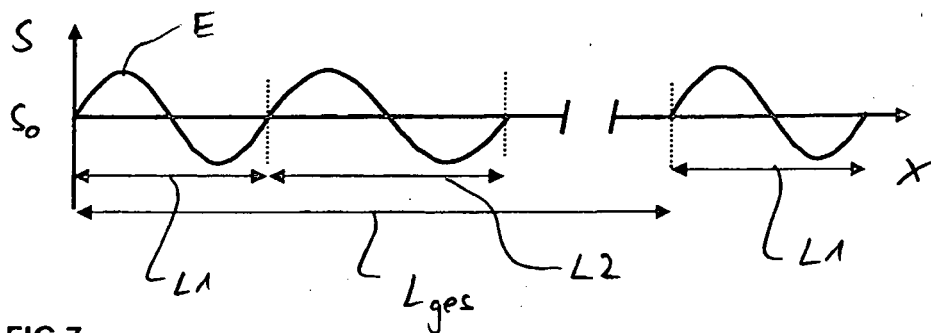


FIG 7

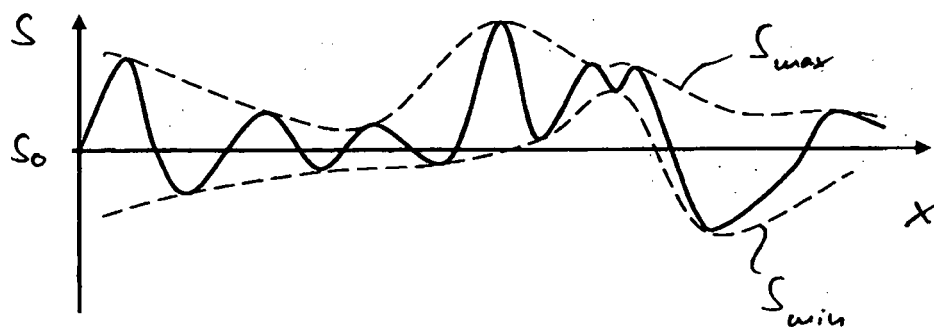


FIG 8

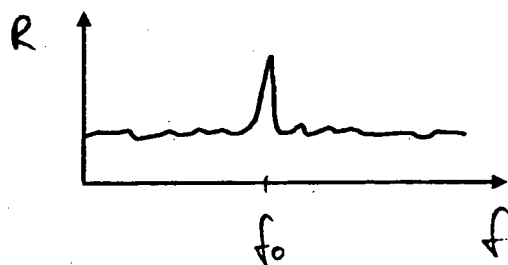


FIG 9A

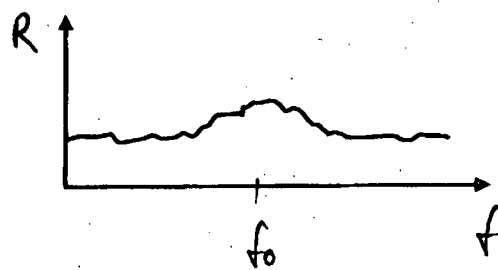


FIG 9B

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 7109424 B2 [0005]
- US 6959533 B2 [0005]
- WO 2005041219 A1 [0005]
- US 6318062 B1 [0006]
- DE 1943229 [0008] [0009] [0015]