

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft zunächst eine Vorrichtung zur induktiven Ankopplung von elektrischen Signalen (PLC-Signalen) an eine insbesondere stromdurchflossene, gegebenenfalls mit einer Isolierumhüllung versehene Spannungsversorgungsleitung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Um eine Daten- oder Signalübertragung über ein vorhandenes Spannungsversorgungsnetz zu realisieren, sind bereits eine Vielzahl von Anstrengungen unternommen worden. Ein besonderer Aspekt bezieht sich dabei auf die Ankopplung der PLC-(= Powerline Communication) Signale auf Hochspannungsleitungen, Mittelspannungsleitungen und Niederspannungsleitungen. Der Begriff Signalankopplung soll dabei im Sinne der Erfindung eine bi-direktionale Datenübertragung ermöglichen, also sowohl das Aufspielen von Signalen auf die Spannungsversorgungsleitung als auch das Abkoppeln oder Entkoppeln der auf der Spannungsversorgungsleitung vorhandenen, zu übertragenden Signale.

[0003] Ziel der Erfindung ist es, die Ankoppelstelle weiterzuentwickeln, wobei die Art der Signalankopplung induktiv ist. Induktive Signalankopplung bedeutet, dass die Ankopplung mittelbar durch magnetische Erregung eines magnetischen Elementes erfolgt und nicht auf kapazitive Art oder durch unmittelbare elektrische Kontaktierung der Spannungsversorgungsleitung stattfindet.

[0004] Die Ankopplung von Signalen an eine Spannungsversorgungsleitung bereitet u.a. dann Probleme, wenn die Spannungsversorgungsleitungen große Querschnitte aufweisen, wie dies bei Hoch-, Mittel- und Niederspannungsleitungen der Fall ist. Soll eine Signalankopplung beispielsweise im Bereich einer Transformatorstation erfolgen, ist darüber hinaus der zur Verfügung stehende Einbauraum für eine derartige Vorrichtung eng begrenzt.

[0005] Es ist schließlich bekannt, eine Signalankopplung unmittelbar durch eine elektrische Kontaktierung der Spannungsversorgungsleitung vorzunehmen. Hierbei muss jedoch die mit einer Isolierumhüllung versehene und teilweise von sehr hohen Strömen bis zu einigen 100 Ampère durchflossene Spannungsversorgungsleitung von hochspezialisierten Fachleuten bearbeitet werden, die eine Abisolierung vornehmen.

[0006] Darüber hinaus ist bereits angedacht worden, Spannungsversorgungsleitungen mit sogenannten Klapp-Ferriten zu umgreifen. Auf diese Weise ist zwar bereits eine induktive Signalankopplung möglich. Problematisch ist jedoch eine Sättigung dieser Anordnung, die bei den hohen, durch die Spannungsversorgungsleitung fließenden Strömen von vielleicht 300 oder 400 Ampère zu einer nicht praktikablen, nur sehr eingeschränkten Nutzung der Vorrichtung aufgrund eines nur sehr schmalen, einsetzbaren Frequenzbandes führt. Außerdem sind bei derartigen Klapp-Ferriten regelmäßig zusätzliche kapazitive Bauelemente vorgesehen, so dass bei diesen angedachten Ankoppelstellen nur in ei-

nem sehr schmalbandigen Resonanzbereich, der durch die Induktivität des Klapp-Ferrites gemeinsam mit dem kapazitiven Bauelement bestimmt wird, eine Signalübertragung möglich ist. Schließlich können die Klapp-Ferrite auch nicht zu voluminös ausgelegt werden.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 derart weiterzubilden, dass sie eine verbesserte induktive Ankopplung von elektrischen Signalen auf eine Spannungsversorgungsleitung ermöglicht.

[0008] Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 1, insbesondere mit denen des Kennzeichenteils, und ist demgemäß gekennzeichnet durch eine im wesentlichen ringförmige, aus mindestens zwei Teilen zusammensetzbare Schelle aus nanokristallinem oder amorphem, ferromagnetischem Material.

[0009] Das Prinzip der Erfindung besteht somit zunächst darin, eine Schelle aus einem besonderen Material zu verwenden. Im Gegensatz zu Ferriten, die die gewünschten magnetischen Eigenschaften für eine optimierte Ankopplung von Signalen an eine Spannungsversorgungsleitung nicht erfüllen, sind nanokristalline oder amorphe, ferromagnetische Materialien hierfür in besonderer Weise geeignet.

[0010] Derartige Materialien, die in sehr aufwendiger Weise, insbesondere mittels Rasch-Erstarrungstechnologie durch Gießen einer Schmelze mit extrem rascher Abkühlung, direkt zu einem dünnen Band hergestellt werden, sind beispielsweise bei der Firma Vakuumschmelze unter den Handelsnamen Vitrovac und Vitroperm erhältlich. Weitere Informationen sind beispielsweise unter www.vacuumschmelze.de erhältlich.

[0011] Es handelt sich dabei um weichmagnetische Materialien, das heißt solche Materialien, bei denen die Hystereseschleife besonders schmal ausgebildet ist.

[0012] Nanokristalline oder amorphe, ferromagnetische Materialien bieten beispielsweise eine besonders hohe Anfangspermeabilität, die beispielsweise im Bereich von 20000 oder 40000, aber auch darüber liegen kann. Eine hohe Anfangspermeabilität, also ein maximales μ_r bei initialer, erstmaliger magnetischer Erregung durch einen Strom (also die Steigung einer Neukurve in einem B-H-Diagramm), ist dabei von besonderer Wichtigkeit.

[0013] Der Begriff amorph drückt dabei eine besondere Ordnungseigenschaft des ferromagnetischen Materials aus, und beschreibt die Tatsache, dass in diesem Material keinerlei Fernordnung oder Kristallstruktur vorhanden ist. Dieser amorphe Zustand entspricht dem Materialzustand unmittelbar nach dem Schockfrieren. Durch einen nachfolgenden Wärmebehandlungs- oder Temper-Prozess findet eine Zustandsänderung aus dem amorphen in einen nanokristallinen Zustand statt. Nanokristallin bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Korngrößen der magnetischen Bezirke im Nanometerbereich (mittlerer Durchmesser 10 bis 20 nm) liegen. Nanokristalline Werkstoffe sind darüber hinaus

üblicherweise durch eine Zwei-Phasen-Struktur gekennzeichnet, in der ein feinkristallines Korn mit dem oben genannten Korndurchmesser in eine amorphe Restphase eingebettet ist.

[0014] Neben sehr hohen Sättigungsinduktionen spielt die Anfangspermeabilität als physikalische Größe und messbares Merkmal dieser Materialien eine besondere Rolle. Beispielsweise kann durch Verwendung derartiger Materialien mit derartig hohen Anfangspermeabilitäten, wie oben angeführt, bei einem angenommenen, minimalen Kopplungsfaktor von - 3 dB und einer unteren Übertragungsfrequenz von 2 MHz noch eine Induktivität L der Vorrichtung von 4 µH erreicht werden.

[0015] Weitere Einzelheiten zu der Art des für die Vorrichtung verwendeten Materials sind weiter unten beschrieben.

[0016] Ein zweiter Aspekt der Erfindung sieht vor, dass sich die Schelle aus nanokristallinem oder amorphem, ferromagnetischen Material aus mindestens zwei Teilen zusammensetzt und ringförmig ausgebildet ist. Auf diese Weise wird eine Vorrichtung möglich, die die Spannungsversorgungsleitung auf ihre Außenmantelfläche umgreift, und aufgrund der Zertrenn- oder Zerlegbarkeit bzw. Zusammensetzbarkeit ohne weiteres montierbar, nämlich auf die Spannungsversorgungsleitung aufsetzbar ist. Die gegebenenfalls vorhandene Isolierumhüllung der Spannungsversorgungsleitung muss hierfür nicht verletzt werden. Die Montage wie auch die Demontage der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann somit von Fachpersonal durchgeführt werden, welches nicht die für eine Abisolierung erforderlichen Kenntnisse besitzen muss.

[0017] Gegebenenfalls können, um den Zusammenhalt der wenigstens zwei Teile im Gebrauchszustand zu gewährleisten, Befestigungselemente wie beispielsweise Schraubverbindungen, vorgesehen sein. Es können alternativ aber auch Klebestreifen verwendet werden, da die Schelle keinen besonderen mechanischen Kräften ausgesetzt ist.

[0018] Als Spannungsversorgungsleitung im Sinne dieser Erfindung wird beispielsweise auch eine Mittelspannungsleitung verstanden, die eine innere, stromleitende Seele und eine äußere, elektrisch isolierte Abschirmung beispielsweise aus einem Geflecht metallischer Fäden aufweist. Bei diesen sogenannten Koax-Kabeln kann mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Ankopplung der Signale unmittelbar auf die Abschirmung erfolgen, und eine Weiterleitung digital durch die Abschirmung hindurch. Es kann aber auch vorgesehen sein, eine Signalankopplung zunächst auf die Abschirmung vorzunehmen und durch eine besondere Schaltung das Signal zur Weiterleitung auf die innere Seele, also den Kern des Koax-Kabels, zu übertragen.

[0019] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung bietet die Schelle aufgrund ihrer geometrischen Struktur darüber hinaus die Möglichkeit, eine Signalankopplung an eine Spannungsversorgungsleitung auch an solchen Stellen vorzunehmen, an denen die Spannungsversor-

gungsleitung stark gekrümmt ist. Aufgrund einer schellenartigen Ausbildung mit einer vorzugsweise nur geringen Dicke spielt der Krümmungsradius eine untergeordnete Rolle.

[0020] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Schelle aus zwei im wesentlichen halbkreisförmigen Teilen zusammengesetzt. Dies ermöglicht einerseits eine Anordnung mit einer geringen Anzahl von Bauteilen, so dass die Handhabbarkeit erleichtert ist. Andererseits sind bei dieser Ausgestaltung lediglich zwei Trennschnitte, beispielsweise entlang einer gemeinsamen Durchmessersebene eines im wesentlichen kreisringförmigen Bandwickels erforderlich, so dass der Bandwickel nur minimal in seiner Struktur geschädigt wird.

[0021] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Schelle aus einem durchgehenden ringförmigen Bandwickel gebildet, der in wenigstens zwei Teile unterteilt ist. Diese Ausgestaltung der Erfindung ermöglicht unter anderem die Verwendung herkömmlicher, kommerziell erhältlicher kreisringförmiger Bandwickel aus nanokristallinem oder amorphem, ferromagnetischem Material.

[0022] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Bandwickel wenigstens entlang einer Ebene geschnitten. Ein Schnitt entlang einer Ebene, insbesondere entlang einer gemeinsamen Durchmessersebene, bietet die Möglichkeit, die Gefahr einer Beschädigung der inneren Struktur des Bandwickels gering zu halten.

[0023] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Bandwickel eine insbesondere vor dem Schneiden angebrachte Imprägnierung nach Art einer Vergussmasse auf. Das Vorsehen einer Vergussmasse bietet die Möglichkeit, den Bandwickel in seiner Struktur vor dem Schneiden zu verstärken, insbesondere zu versteifen. Ein Schneiden eines derartig verstärkten Bandwickels schafft dabei überhaupt erst einen Zustand des Bandwickels, indem dieser in zwei Teile zertrennt werden kann. Die Vergussmasse kann dabei, je nach Anlieferungszustand des Bandwickels, in Freiräume, insbesondere in Poren des Bandwickels und in Zwischenräume zwischen den Lagen eindringen. Es ist jedoch auch vorstellbar, dass die Vergussmasse im wesentlichen an den Außenflächen, also beispielsweise an der Außenmantelfläche und an den Ringstirnflächen des Bandwickels angeordnet wird und den Bandwickel auf diese Weise korsettartig einfasst.

[0024] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Vergussmasse ein Harz, insbesondere ein heißhärtendes Epoxdharz oder ein temperaturbeständiges Polyesterharz. Diese Ausgestaltung der Erfindung ermöglicht die Verwendung preiswerter und kommerziell erhältlicher Vergussmassen bei besonders guter Verarbeitbarkeit und Handhabbarkeit.

[0025] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Bandwickel vor der Imprä-

gnierung mit Vakuum beaufschlagt worden und die Vergussmasse in Freiräume, z. B. in Poren des Bandwickels eingedrungen. Das Vorsehen von Vakuum vor der Imprägnierung bietet die Möglichkeit einer besonders guten und sicheren Korsettbildung durch die Vergussmasse.

[0026] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Schelle im zusammen-gesetzten Zustand im Fügungsbereich jeweils zweier benachbarter Teile einen dünnen Spalt auf. Der Zusammenfügbereich, also der Bereich, in dem jeweils zwei benachbarte Teile nahezu aneinander stoßen, ist gemäß dieser vorteilhaften Ausgestaltung mit einem dünnen, insbesondere definierten Spalt versehen. Der Spalt kann beispielsweise eine Breite in der Größenordnung von 10 µm besitzen und mit Luft oder mit Papier, gegebenenfalls auch mit einem Klebestreifen gefüllt sein. Wichtig ist, dass der Spalt mit einem unmagnetischen und nichtleitenden Material gefüllt ist. Insbesondere ist in diesem Zusammenhang von Wichtigkeit, dass die Schnittflächen des Bandwickels im montierten Zustand der Schelle nicht unmittelbar aneinander liegen. Vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang auch, dass die Schnittflächen besonders glatt oder eben ausgebildet sind und keine Fransenbildung zeigen, die aus magnetischen Gründen nachteilig wäre.

[0027] Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Verfahren zur Bearbeitung eines im wesentlichen ringförmigen Bandwickels aus nanokristallinem oder amorphem, ferromagnetischem Material gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 16.

[0028] Ein derartiges Bearbeitungsverfahren ist nicht bekannt. Die kommerziell erhältlichen, oben angeführten Bandwickel sind üblicherweise sehr spröde, und nach einer Wärmebehandlung, also nach ihrer Überführung aus dem amorphen in den nanokristallinen Zustand noch stärker versprödet. Der hergestellte Bandwickel stellt auf diese Weise üblicherweise die Endform, also den fertigen bearbeiteten Zustand des Bandwickels dar. Die bekannten Bandwickel werden üblicherweise in toroidalen Behältnissen transportiert und finden Verwendung als Speicherdrosseln. Gegebenenfalls kann hier noch ein Sintermaterial zusätzlich angebracht werden.

[0029] Die Aufgabe dieser Erfindung besteht darin, ein Bearbeitungsverfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 16 bereitzustellen, welches die Verwendung des bearbeiteten Bandwickels in einer Vorrichtung zur induktiven Ankopplung von elektrischen Signalen an eine insbesondere stromdurchflossene, gegebenenfalls mit Isolierumhüllung versehene Spannungsversorgungsleitung ermöglicht.

[0030] Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 16, insbesondere mit den Merkmalen des Kennzeichenteils, und ist demgemäß gekennzeichnet durch die Schritte

a) Einbringen des Bandwickels in ein topfartiges,

evakuierbares Behältnis,

b) Imprägnieren des Bandwickels mit einer Vergussmasse,

c) Zertrennen des Bandwickels in wenigstens zwei Teile,

wobei der Bandwickel wenigstens im Bereich der Trennstellen imprägniert wird.

[0031] Das Prinzip der Erfindung besteht somit im wesentlichen darin, einen herkömmlichen, fertigen, im wesentlichen ringförmigen Bandwickel, der aus einer Vielzahl von Wickellagen nanokristallinen oder amorphen, ferromagnetischen Materials besteht, zunächst in ein Behältnis einzubringen. Anschließend kann eine Vergussmasse in das Behältnis eingebracht werden, mit der der Bandwickel imprägniert oder getränkt wird. Die Vergussmasse wird insbesondere, wenn gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung das Behältnis evakuierbar ist und nach dem Einbringen des Bandwickels in das Behältnis und vor dem Imprägnieren des Bandwickels der Bandwickel mit einem Vakuum beaufschlagt wird, aufgrund des vorhandenen Vakuums in die Freiräume, also gegebenenfalls in Spalte oder Poren des Bandwickels hineingesogen. Auch wenn kein Vakuum angebracht wird, besteht grundsätzlich die Möglichkeit, durch die Anbringung der Vergussmasse für eine Versteifung zu sorgen, die zumindest die Oberflächen, also die Außenseiten des Bandwickels mit Vergussmasse belegt. Die Anbringung eines Vakuums ist jedoch deutlich vorteilhafter.

[0032] Nach dem Imprägnieren kann der Bandwickel in wenigstens zwei Teile zertrennt, beispielsweise geschnitten werden. Es genügt dabei prinzipiell, wenn der Bandwickel wenigstens im Bereich derjenigen Stellen imprägniert wird, an denen nachfolgend eine Trennung stattfindet.

[0033] Das erfindungsgemäße Bearbeitungsverfahren stellt eine Möglichkeit bereit, den Bandwickel zunächst mit einem Korsett in Form der Vergussmasse zu versehen, die für eine Versteifung des Bandwickels sorgt, so dass dieser nachfolgend zertrennt werden kann. Das Anlegen eines Vakuums an den Bandwickel vor dem Verfahrensschritt des Imprägnierens sorgt dabei für ein besonders enges Anliegen der korsettartigen Vergussmasse bzw. für ein gewisses Eindringen, soweit erforderlich. Das ursprünglich sehr spröde und nicht ohne weiteres zu bearbeitende, für eine nachfolgende Bearbeitung nicht geeignete und nicht vorgesehene nanokristalline oder amorphe, ferromagnetische Material wird auf diese Weise überhaupt in eine Form gebracht, in der der Bandwickel zertrennbar ist.

[0034] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den nichtzitierten Unteransprüchen sowie anhand der nun folgenden Beschreibung eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 schematisch in teilgeschnittener Ansicht einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur induktiven Ankopplung von elektrischen Signalen mit einer Schelle sowie eine mit einer Isolierumhüllung versehene Spannungsversorgungsleitung,

Fig. 2 die Anordnung gemäß Fig. 1 etwa gemäß Ansichtspfeil 11 in einer perspektivischen, schematischen Ansicht,

Fig. 3 in vergrößerter Darstellung, einen Fügungsbereich zwischen zwei eine Schelle bildenden Teilen etwa gemäß Teilkreis III in Fig. 1, und

Fig. 4 schematisch, in teilgeschnittener Ansicht etwa gemäß Schnittlinie IV-IV in Fig. 1, unter Weglassung der Spannungsversorgungsleitung, und nicht maßstabsgetreu, einen bearbeiteten Bandwickel, wobei gestrichelt zusätzlich ein evakuierbares Behältnis dargestellt ist.

[0035] Die in ihrer Gesamtheit in den Figuren mit 10 bezeichnete Vorrichtung zur induktiven Ankopplung von elektrischen Signalen wird zunächst anhand der Fig. 1 wie folgt erläutert:

[0036] Ein lediglich schematisch angedeuteter Signalgeber/Signalempfänger-Baustein 11 sendet bzw. empfängt elektrische Signale, insbesondere hochfrequente Signale. Üblicherweise handelt es sich um Signale eines Frequenzbereiches etwa zwischen 2 und 20 MHz, in dem Daten übertragen werden. Die elektrischen Signale sollen auf eine Spannungsversorgungsleitung 12 aufgespielt werden bzw. von dieser Leitung 12 abgegriffen werden, so dass eine Datenübertragung über das Spannungsversorgungsnetz durchgeführt werden kann. Die Spannungsversorgungsleitung 12 ist beispielsweise eine Hochspannungsleitung, eine Mittelspannungsleitung oder eine Niederspannungsleitung, auf der typischerweise Wechselspannung im Kilovoltbereich mit einer niedrigen Frequenz, beispielsweise 50 bis 60 Hz anliegt. Da die Signale Hochfrequenzsignale sind, beeinträchtigen sich Signalübermittlung und Bereitstellung von elektrischer Leistung durch das Spannungsversorgungsnetz, welches primär das Ziel des Spannungsversorgungsnetzes ist, nicht.

[0037] Gemäß Fig. 1 ist die Spannungsversorgungsleitung 12 mit einer Isolierumhüllung 15 versehen. Dies muss nicht zwingend der Fall sein, ist aber bei den hier betreffenden Spannungsversorgungsleitungen üblich.

[0038] Gemäß Fig. 1 ist die Leitung 12 auf ihrer Außenmantelfläche von einer Schelle 13 umgriffen, die aus zwei im wesentlichen halbkreisförmigen Elementen 16a und 16b besteht.

[0039] Aus der schematischen, perspektivischen Ansicht gemäß Fig. 2 wird deutlich, dass die Schelle 13 ein im wesentlichen kreisringförmiger Körper ist. Zwischen der Innenumfangsfläche 36 der Schelle 13 und der Au-

ßenmantelfläche 37 der Spannungsversorgungsleitung 12 (Fig. 1) befindet sich ein ringförmiger Freiraum 38, dessen Anordnung und Größe nicht maßgeblich ist. Entscheidend ist jedoch, dass eine Signalleitung 14, die mit dem Signalgeber/Signalempfänger-Baustein 11 verbunden ist, nach Art einer halben Wicklung die Schelle 13 umgreift und hierfür durch den Ringfreiraum 38 hindurchtritt.

[0040] Das physikalische Grundprinzip einer derartigen induktiven Ankopplung von Signalen auf eine Spannungsversorgungsleitung 12 ist dabei wie folgt:

[0041] Hochfrequente Signale, die sich auf der Signalleitung 14 befinden, rufen eine magnetische Erregung der Schelle 13 hervor, da diese aus ferromagnetischem Material besteht, wobei auf das Material selbst später noch detailliert eingegangen wird. Die magnetische Erregung gibt die Schelle 13 anschließend an die Spannungsversorgungsleitung 12 weiter, und zwar in Form wiederum von elektrischen Impulsen (Spannungen). Die Schelle fungiert somit nach Art eines Transformators, wobei die Signalleitung 14 und die Spannungsversorgungsleitung 12 eine Primärwicklung und entsprechend eine Sekundärwicklung eines Transformators mit der Wicklungszahl 1 darstellen. Genaugenommen umgreift die Signalleitung 14 die Schelle 13 zwar nur mit einer halben Wicklung und die Stromleitung 12 aufgrund ihrer großen, angenähert unendlichen Länge die Schelle 13 ebenfalls nur nach Art einer halben Wicklung. Eine Betrachtung derart, dass Stromleitung 12 und Signalleitung 14 tatsächlich eine ganze Wicklung darstellen, ist bei dieser Geometrie jedoch zulässig.

[0042] Gewünscht wird bei dieser Anordnung einerseits ein möglichst breitbandiger Übertragungsbereich, das heißt nur eine sehr geringe Dämpfung von Signalen in einem großen Frequenzbereich. Mit anderen Worten ist ein gleichmäßiger Kopplungsfaktor über einen großen Frequenzbereich vorteilhaft.

[0043] Andererseits ist es von besonderer Wichtigkeit, dass die ständig an der Spannungsversorgungsleitung 12 verbleibende Schelle 13 die Grundfunktion des Spannungsversorgungsnetzes nicht behindert. Hier ist insbesondere anzumerken, dass durch die Spannungsversorgungsleitung 12 Ströme von bis zu einigen 100 A, typischerweise etwa bis 300 oder 400 A, fließen, so dass hinsichtlich der magnetischen Eigenschaften der Schelle 13 besondere Anforderungen zu stellen sind, und insbesondere eine Sättigung verhindert wird.

[0044] Die erfindungsgemäße Lösung sieht vor, dass die Schelle 13 aus nanokristallinem oder amorphem, ferromagnetischem Material besteht. Ein derartiges Material ist eine Legierung, die als weichmagnetischer Werkstoff bezeichnet wird. Weichmagnetisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Hysteresekurve, also die Kurve in einem B-H-Diagramm, eine besonders schmale Hystereseschleife darstellt. Je schmaler die Hystereseschleife ist, also je geringer die Fläche zwischen den beiden Zweigen ist, die einer Auf- bzw. Ab-

bewegung (z.B. eines Wechselstroms durch die Spannungsversorgungsleitung 12 hindurch) entsprechen, desto geringer sind elektrische Verluste, die eine Umwandlung in Wärmeenergie bedeuten.

[0045] Die Legierungszusammensetzung dieser Materialien bildet sich üblicherweise aus den Basiselementen Eisen, Kobalt und Nickel sowie zusätzlichen Elementen, wie Silizium, Bor, Mangan, Kupfer, Niobium, Molybdän oder Chrom. Die genaue Art der Zusammensetzung, sowohl hinsichtlich der Art der Bestandteile und deren Anteile soll hier nicht weiter besprochen werden. Nanokristalline oder amorphe, ferromagnetische Materialien sind jedoch kommerziell, beispielsweise von der Firma Vakuumschmelze erhältlich. Die Herstellung derartiger Materialien ist äußerst kompliziert, wobei anstelle eines konventionellen Schmelzens mit anschließendem Walzprozess, wie dies bei kristallinen Werkstoffen der Fall ist, mittels Rascherstarrungstechnologie durch Gießen einer Schmelze mit extrem rascher Abkühlung das Material direkt zu einem dünnen Band hergestellt wird. Die Bänder werden üblicherweise bei sehr tiefen Temperaturen, beispielsweise stickstoffgekühlt, auf Spulen zu einem Bandwickel (Ringbandkern) gewickelt.

[0046] Ein solcher Bandwickel ist zunächst schematisch in der Fig. 4 dargestellt und mit dem Bezugszeichen 23 bezeichnet. Ein Bandwickel 23 besteht aus einer Vielzahl von Wickellagen 19, die ausgehend von einer radial innersten Wickellage 20 mit einem nicht dargestellten radialen inneren Ende bis zu einer radial äußeren Wickellage 21 mit einem ebenfalls nicht dargestellten äußeren radialen Ende gewickelt sind. Die kommerziell erhältlichen Bandwickel weisen üblicherweise Banddicken im μm -Bereich auf, das heißt eine Wickellage 19 eines derartigen Bandwickels 23 hat etwa eine Banddicke von beispielsweise $23\ \mu\text{m}$ (etwa 20 bis $25\ \mu\text{m}$). Ein Bandwickel 23, wie er kommerziell erhältlich ist, ist extrem spröde und ohne weiteres nicht bearbeitbar. Das Material des Bandwickels, also nanokristallines oder amorphes, ferromagnetisches Material wird erfindungsgemäß zur Herstellung einer Schelle 13 verwendet. Zunächst soll daher das Bearbeitungsverfahren zur Bearbeitung eines Bandwickels 23 aus nanokristallinem oder amorphem, ferromagnetischem Material erläutert werden.

[0047] Gemäß Fig. 4 ist der Bandwickel 23 ein kreisringartig ausgebildeter Körper, der zunächst in einem in der rechten Hälfte der Fig. 4 lediglich schematisch angedeuteten Becherkörper 22 angeordnet ist. Der Becherkörper 22 hat einen im wesentlichen U-förmigen Querschnitt mit einer Bodenwand 39 und zwei von den U-Schenkeln 40a, 40b gebildeten Seitenwänden, so dass eine ringnutartige Aufnahme für den Bandwickel 23 bereitgestellt ist. Im Bereich der Seitenwände sind darüber hinaus, wie dies die linke Hälfte der Fig. 4 deutlich macht, Silikonpolsterelemente 24a und 24b vorgesehen, die den verletzlichen Bandwickel 23 weich lagern. Der Übersichtlichkeit halber ist die bezüglich einer

Mittellängsachse M rechte Hälfte der Fig. 4 lediglich schematisch angedeutet und die linke Hälfte der Fig. 4 detaillierter dargestellt.

[0048] An eine in das Material des Bandwickels 23 eingreifende Bearbeitung des Bandwickels 23 ist aufgrund des spröden, höchst zerbrechlichen Zustandes des Bandwickels nicht zu denken.

[0049] Erfindungsgemäß wird der Bandwickel 23 zur Bearbeitung gemeinsam mit dem Becher 22 in ein evakuierbares Behältnis 25 eingebracht, welches in Fig. 4 gestrichelt dargestellt ist. Das evakuierbare Behältnis 25 weist ein Bodenelement 27, einen mittig, zentral angeordneten Dorn 26 und Seitenwände 28 auf, so dass ein ringnutartiger Aufnahmeraum für den Becher 22 und den Bandwickel 23 bereitgestellt wird. Das Behältnis 25 wird nunmehr durch ein Deckelelement 29 verschlossen.

[0050] Ein schematisch angedeuteter Luftauslass 30 dient dem Anschluss einer Pumpe, so dass der Innenraum des Behältnisses 25 evakuiert werden kann. Ein lediglich schematisch angedeuteter, mit dem Bezugszeichen 31 bezeichneter Einlass dient dem Einbringen einer Vergussmasse 32. Die Vergussmasse 32 ist insbesondere ein Harz, beispielsweise ein heißhärtendes Zweikomponenten-Epoxydharz. Die Vergussmasse 32 dringt in den evakuierten Innenraum des Behältnisses 25 ein und kann nun sämtliche im Bereich des Bandwickels 23 vorhandenen Freiräume ausfüllen. Beispielsweise kann die Vergussmasse 32 in Freiräume zwischen zwei einzelnen, benachbarten Wickellagen 19 eindringen und gegebenenfalls auch in kleinste Poren. Die Anordnung der Ein- und Auslässe 31, 30 ist selbstverständlich lediglich schematisch zu verstehen.

[0051] Nach dem Aushärten der Vergussmasse 32 stellt diese einen den Bandwickel 23 umhüllenden Körper nach Art eines Versteifungsgerüsts bereit. Nunmehr kann das Deckelelement 29 des Behältnisses geöffnet und der vergossene Bandwickel 23 entnommen werden. Aufgrund des entlang der Mittellängsachse M ausgerichteten Dorns 26 weist der vergossene Bandwickel 23 entsprechend eine zentrale Innenausnehmung auf, die im Gebrauchszustand der Vorrichtung 10 von der Spannungsversorgungsleitung 12 gemäß den Figuren 1 und 2 durchgriffen wird. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die Darstellung der Figuren 1 bis 4 nicht maßstäblich zu verstehen sind sondern hinsichtlich ihrer geometrischen Verhältnisse lediglich in illustrierender Weise die Erfindung schildern soll.

[0052] Der vergossene Bandwickel 23 kann nunmehr mittels einer diamantbestückten Säge, alternativ beispielsweise auch mittels einer Wasserstrahl-Schneidanlage, gegebenenfalls mit Laser- oder Plasmastrahl, entlang einer Schneideebene E, also etwa entlang der Papierebene der Fig. 4, in zwei halbkreisförmige Hälften 16a und 16b geschnitten werden. Von besonderer Bedeutung ist dabei, dass Werkstoffbereiche der Vergussmasse 32 im Bereich der Ringstirnflächen 34a und 34b

des Bandwickels 23 anliegen und auf diese Weise ein Ausbrechen der Wickellagen 19 beim Schneiden sicher verhindern.

[0053] Üblicherweise wird darüber hinaus für die Vergussmasse ein Werkstoff gewählt, der eine hohe Glasübergangstemperatur, vorteilhafterweise über 100° C aufweist. Auf diese Weise tritt auch bei derartig hohen, während der Bearbeitung erzeugten Temperaturen keine Änderung der Steifigkeit der Vergussmasse auf.

[0054] Nach Durchführung des Zertrenn-Vorgangs werden die Schnittflächen 33a, 33b (Fig. 3) vorteilhafterweise mit einer Abdeckung, beispielsweise einem Klebestreifen oder einem Lack versehen. Die sehr planen, glatten Schnittflächen 33a, 33b sind im wesentlichen frei von Ausfransungen und durch die angebrachte, nicht dargestellte Abdeckung vor weiterer Beschädigung geschützt.

[0055] Die beiden nunmehr fertig bearbeiteten Hälften 16a, 16b der im wesentlichen kreisringförmigen Schelle 13 können nun um eine Spannungsversorgungsleitung 12 herum angebracht werden. Hierzu sind üblicherweise gesonderte Befestigungselemente, im einfachsten Fall ein in Fig. 2 angedeuteter Klebestreifen 25 vorgesehen, die für einen Zusammenhalt der beiden Teile 16a, 16b sorgen. Selbstverständlich können Schraubverbindungselemente od. dgl. vorgesehen, und gegebenenfalls auch stoffschlüssig-einstückig als Bestandteil der Vergussmasse 32 mit angeformt sein.

[0056] In Umfangsrichtung u der Schelle 13, also dem Verlauf der Wickellagen 19 folgend, ist ein nahezu kontinuierlich durchgehender Körper gebildet, der aufgrund der zerteilten, zweiteiligen Anordnung im Bereich zweier Zusammenfügbereiche 17 jeweils einen Spalt 18 aufweist. Der Spalt 18 ist dabei nicht etwa zwangsläufig aufgrund der zusammengesetzten Anordnung der Schelle 13 vorhanden und wird hingenommen, sondern ist in seiner Bedeutung wesentlich und beeinflusst die magnetischen Eigenschaften der Schelle 13 positiv. Insbesondere wird durch das Anordnen eines Spaltes 18 eine Veränderung der Kennlinie der Vorrichtung 10 möglich, insbesondere ein flacherer Anstieg der B-H-Kennlinie, wodurch die Gefahr einer Sättigungsinduktion bei sehr hohen Strömen weiter verringert wird.

[0057] Der Spalt 18 weist erfindungsgemäß eine Breite d im Bereich von etwa 10 µm auf und wird mit einem nichtleitenden und nichtmagnetischen Medium, beispielsweise mit Papier gefüllt. Der Spalt 18 kann aber auch als Luftspalt ausgebildet sein.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zur induktiven Ankopplung von elektrischen Signalen (PLC-Signalen) an eine insbesondere stromdurchflossene, gegebenenfalls mit einer Isolierumhüllung (15) versehene Spannungsversorgungsleitung (12), **gekennzeichnet durch** eine im wesentlichen ringförmige, aus min-

destens zwei Teilen (16a, 16b) zusammensetzbare Schelle (13) aus nanokristallinem oder amorphem, ferromagnetischem Material.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Teile (16a, 16b) im wesentlichen entlang eines Kreisbogens erstrecken.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schelle (13) aus zwei im wesentlichen halbkreisförmigen Teilen (16a, 16b) zusammengesetzt ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schelle (13) aus einem durchgehend ringförmigen Bandwickel (23) gebildet ist, der in wenigstens zwei Teile (16a, 16b) unterteilt ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bandwickel (23) aus einer Vielzahl von Materiallagen (19, 20, 21) besteht, die jeweils eine Dicke von einigen µm, beispielsweise 20 µm, besitzen.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bandwickel (23) entlang wenigstens einer Ebene (E) geschnitten ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bandwickel (23) eine insbesondere vor dem Schneiden angebrachte Imprägnierung nach Art einer Vergussmasse (32) aufweist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vergussmasse (32) ein Harz, insbesondere ein heißhärtendes Epoxydharz oder ein temperaturbeständiges Polyesterharz ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bandwickel (23) vor der Imprägnierung mit Vakuum beaufschlagt worden ist und die Vergussmasse in Freiräume, z. B. in Poren, des Bandwickels eingedrungen ist.
10. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schelle in zusammengesetztem Zustand im Fügungsbereich (17) jeweils zweier benachbarter Teile einen dünnen Spalt (18) aufweist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Spalt (18) mit einem Füllmedium, z. B. mit Luft oder mit Papier, gefüllt ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Spalt (18) zwischen 3 µm und 30 µm, insbesondere etwa 10 µm breit ist

(Dicke d).

13. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material eine Anfangspermeabilität von mindestens 20000, insbesondere eine Anfangspermeabilität von ca. 40000 aufweist. 5
14. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schelle (13) zumindest ein Befestigungselement (35) zur Verbindung der Teile (16a, 16b) miteinander aufweist. 10
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Befestigungselement (35) wenigstens ein Klebestreifen vorgesehen ist. 15
16. Verfahren zur Bearbeitung eines im wesentlichen ringförmigen Bandwickels (23) aus nanokristallinem oder amorphem, ferromagnetischem Material, **gekennzeichnet durch** die Schritte: 20
- a) Einbringen des Bandwickels in ein topfartiges Behältnis (25), 25
- b) Imprägnieren des Bandwickels (23) mit einer Vergussmasse (32),
- c) Zertrennen des Bandwickels (23) in wenigstens zwei Teile (16a, 16b), 30
- wobei der Bandwickel (23) wenigstens im Bereich der Trennstellen imprägniert wird. 35
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Behältnis (25) evakuierbar ist und zwischen Schritt a) und Schritt b) der folgende Schritt erfolgt: 40
- d) Beaufschlagen des Bandwickels (23) mit einem Vakuum. 45
18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vergussmasse (32) aus einem Harz besteht, insbesondere aus einem heißhärtenden Epoxydharz, z.B. einem Zwei-Komponenten-Epoxydharz, oder aus einem temperaturbeständigen Polyesterharz. 50
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vergussmasse (32) eine Glasübergangstemperatur von mehr als 100° C aufweist. 55
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Schritt b) und c) der Schritt erfolgt:

e) Aushärten der Vergussmasse (32), insbesondere bei hohen Temperaturen.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** Schritt c) mittels einer Schneidvorrichtung, insbesondere mittels einer Diamantsäge oder einer Wasserstrahlschneidvorrichtung durchgeführt wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Schritt c) noch der folgende Schritt durchgeführt wird:

f) Abdecken der Schnittflächen (33a, 33b) des Bandwickels (23), beispielsweise mittels eines Klebebandes oder mittels Lack.

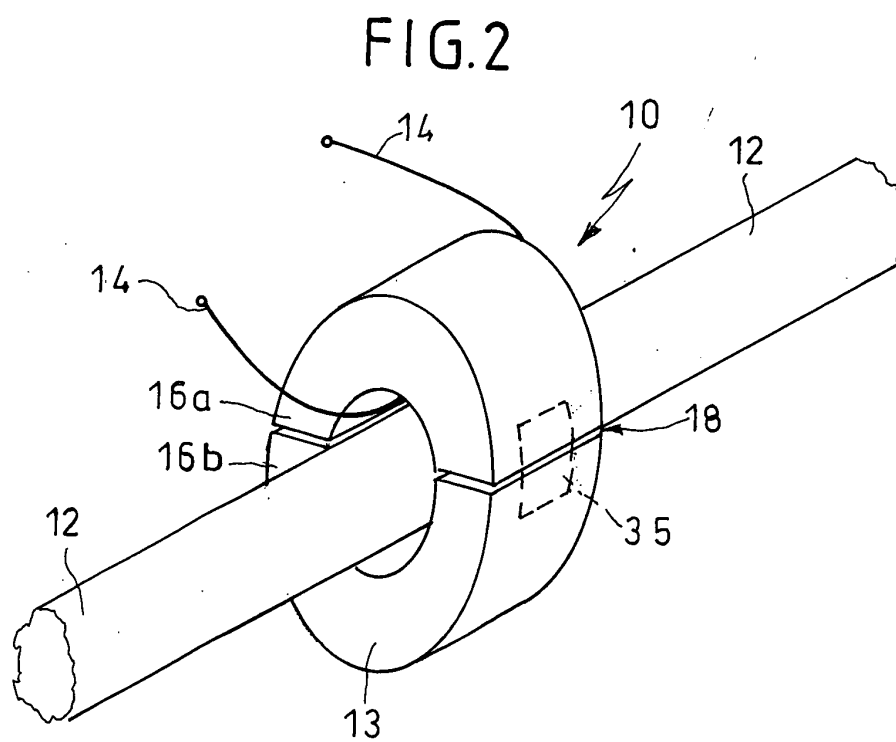
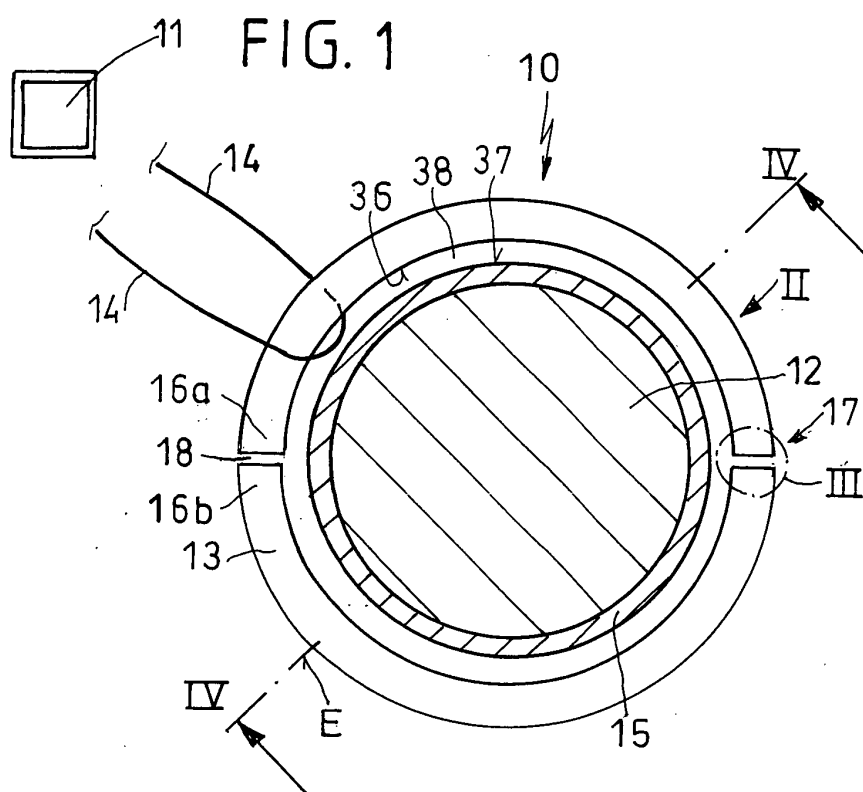


FIG. 4

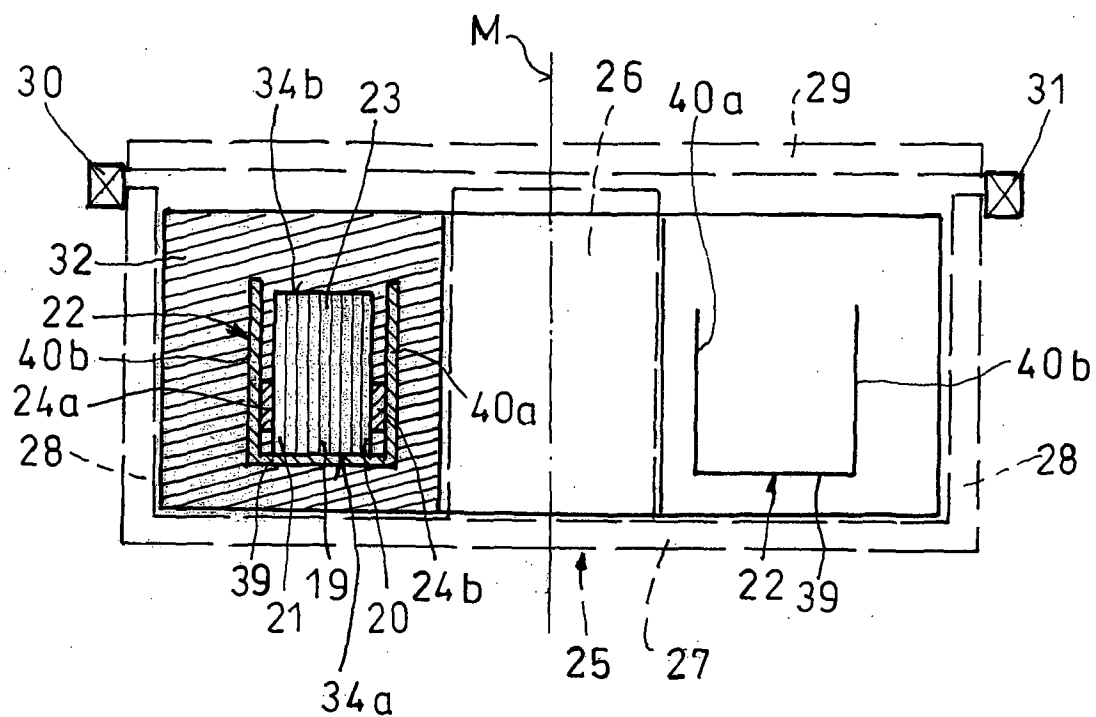


FIG. 3

