



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

- (43)

Veröffentlichungstag:
24.01.2024 Patentblatt 2024/04
- (51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01B 9/00 (2006.01)
- (21)

Anmeldenummer: 23185937.2
- (52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01B 9/006
- (22)

Anmeldetag: 17.07.2023

- (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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN
- (71)

Anmelder: Bayerische Kabelwerke AG
91154 Roth (DE)

(72)

Erfinder: SPANGENBERG, Benedikt
91126 Rednitzhembach (DE)

(74)

Vertreter: FDST Patentanwälte
Nordostpark 16
90411 Nürnberg (DE)

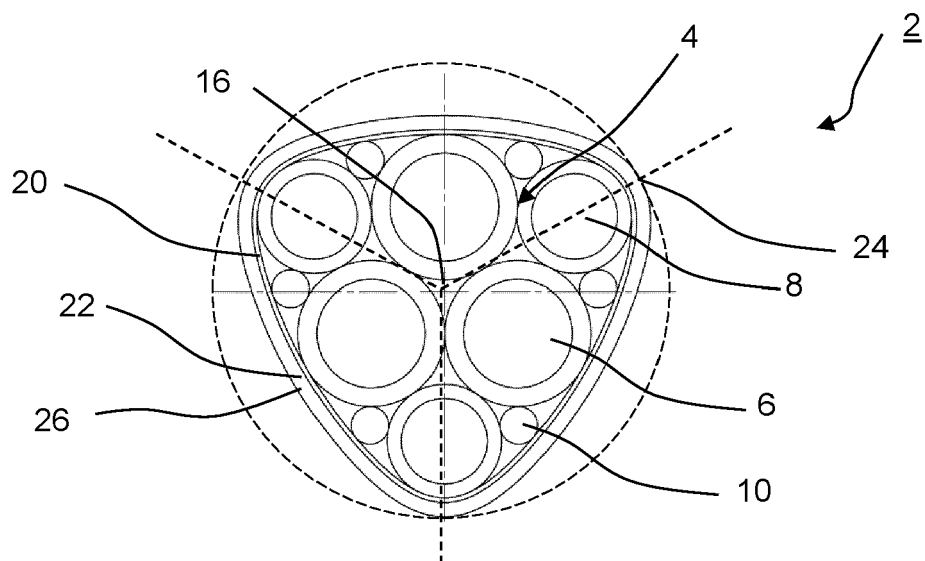
(30)

Priorität: 21.07.2022 DE 102022207440
- (54)

STARKSTROMKABEL
- (57)

Die Erfindung betrifft ein Starkstromkabel (2) mit einem Leiterverbund (4), welcher drei Phasenleiter (6) und einen Nullleiter sowie eine sich in einer Längsrichtung (18) erstreckende Mittenachse (16) aufweist, wobei der Nullleiter auf mehrere Nullleiterstränge (8) aufgeteilt ist und der Leiterverbund (4) mit den drei Phasenleitern (6) und den mehreren Nullleiterstränge (8) des Nullleiters - im Querschnitt betrachten - bezüglich der Mittenachse

(16)

um einen Drehwinkel (α) dreh-symmetrisch zur Mit-tenachse (16) ausgebildet ist, wobei für den Drehwinkel (α) gilt: $\alpha = 360^\circ/3n$, wobei n ganzzahlig ist. Durch die symmetrische Ausgestaltung und durch die Aufteilung des Nullleiters auf die mehreren Nullleiterstränge (8) wer-den gute EMV Eigenschaften und zugleich eine zuver-lässige Ableitung von durch Oberwellen verursachte Ströme auf dem Nullleiter erreicht.
- 
- FIG 1
- EP 4 310 866 A1
- Processed by Luminess, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein 3-phasiges Starkstromkabel mit einem Leiterverbund, welcher drei Phasenleiter sowie Nullleiter aufweist.

[0002] Derartige Starkstromkabel werden zur elektrischen Leistungsversorgung von elektrischen Verbrauchern eingesetzt. Sofern vorliegend von Starkstromkabel gesprochen wird, so wird hierunter verstanden, dass ein jeweiliger Phasenleiter für einen Strom von zumindest 50A bis hin zu 1000A ausgebildet ist. Der Durchmesser eines jeweiligen Phasenleiters liegt dabei typischerweise bei zumindest 25 mm² und reicht bis hin zu 240 mm².

[0003] Aufgrund der hohen Ströme, die im Betrieb über die Phasenleiter fließen, bestehen vielfältige Anforderungen an die Ausgestaltung des Starkstromkabels. So besteht beispielsweise bei einem 3-Phasennetz das Problem, dass durch moderne Schaltnetzteile, Frequenzgeneratoren AC/DC Wandler usw. Oberwellen entstehen, welche über den "eigentlich" stromlosen N-Leiter (Nullleiter) als Nullleiterströme zurückfließen, die den maximal zulässigen Strom übersteigen. Eine Möglichkeit, dieses Problem zu lösen besteht darin, die einzelnen Leiter einzeln zu verlegen, also eine sogenannte Einzelader-Verlegung vorzunehmen.

[0004] Ein weiteres Problem besteht aufgrund der starken Ströme in der möglichen Abstrahlung von elektromagnetischen Feldern. Bei Verlegung von Einzeladern wird dieses Problem zusätzlich verstärkt. Ein nachträgliches Verseilen der Einzeladern, z.B. von Hand, kann dieses Problem zwar reduzieren aber nicht vollständig beseitigen.

[0005] Aus der EP 3 279 901 A1 ist ein Starkstromkabel zu entnehmen, welches sich mit dem Problem des Skin-Effekts befasst. Hierbei ist vorgesehen, dass ein jeweiliger Phasenleiter auf zwei Leiterstränge aufgeteilt ist, sodass insgesamt sechs Phasenleiterstränge erhalten werden, die um einen zentral geführten Nullleiter angeordnet sind. Das Kabel weist eine hexagonale Querschnittskontur auf.

[0006] Aus der EP 2 027 589 B1 ist ein weiteres Starkstromkabel zu entnehmen, welches sich mit dem Problem befasst, dass bei sogenannten TN-S Netzen durch Induktion hervorgerufene Ströme im Schutzleiter (Erdleiter) entstehen können. Zur Vermeidung dieses Problems sind die drei Phasenleiter sowie der Nullleiter um einen zentralen Erdleiter herum verseilt. Die Querschnittskontur bei diesem Starkstromkabel ist viereckig.

[0007] Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Starkstromkabel anzugeben, welches eine gute EMV-Verträglichkeit aufweist und bei dem die durch Oberwellen bedingten Ableitströme zuverlässig abgeleitet werden.

[0008] Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch ein 3-phasiges Starkstromkabel, welches einen Leiterverbund aufweist, welcher drei Phasenleiter und Nullleiter aufweist. Das Starkstromkabel und der Leiterverbund erstrecken sich dabei in einer Längsrichtung

entlang einer Mittenachse. Erfindungsgemäß ist nunmehr vorgesehen, dass der Nullleiter auf mehrere Nullleiterstränge aufgeteilt ist und dass der Leiterverbund mit den 3 Phasenleitern und den mehreren Nullleitersträngen - im Querschnitt betrachtet - bezüglich der Mittenachse um einen Drehwinkel dreh-symmetrisch ausgebildet ist. Für den Drehwinkel α gilt dabei die Beziehung: $\alpha = 360^\circ/3n$, wobei n ganzzahlig ist. Bevorzugt liegt n zwischen 1 und 3 und ist insbesondere 1.

[0009] Sofern vorliegend von einer Drehsymmetrie gesprochen wird, so wird hierunter verstanden, dass nach einer Drehung des gesamten Leiterverbunds um den Drehwinkel α um die Mittenachse zumindest die Phasenleiter sowie die Nullleiterstränge sich jeweils wieder an einer Drehposition befinden, die vor der Drehung ebenfalls identisch von einem Phasenleiter bzw. Nullleiterstrang eingenommen wurde. Sind im Leiterverbund weitere Komponenten, wie beispielsweise Erdleiter oder sonstige Stränge vorhanden, so gilt dies auch für diese weiteren Komponenten, insbesondere für die Erdleiter oder sonstige elektrische Leiterstränge.

[0010] Üblicherweise ist der Leiterverbund von einem Schutzmantel, gegebenenfalls unter Zwischenlage einer Schirm-lage umgeben. Die Außenkontur kann insgesamt un-rund ausgebildet sein. Die Anforderungen an die Drehsymmetrie gelten vorzugsweise auch im Hinblick auf sämtliche weiteren Komponenten des Starkstromkabels, insbesondere auch für eine solche un-runde Querschnitts-geometrie des gesamten Starkstromkabels.

[0011] Neben dem Phasenleiter, den Nullleitersträngen sowie gegebenenfalls einem Erdleiter, welcher auch auf mehrere Erdleiterstränge aufgeteilt sein kann, sind im Leiterverbund vorzugsweise keine weiteren elektrischen Leiter mehr angeordnet. Ergänzend können bei Bedarf noch Füll- oder Haltestränge vorgesehen sein, die jedoch regelmäßig nicht leitend und insbesondere nicht aus Metall sind. Typischerweise werden hierfür Kunststoff- oder Papierstränge eingesetzt.

[0012] Sofern vorliegend von einem Starkstromkabel gesprochen wird, so wird hierunter verstanden, dass ein jeweiliger Phasenleiter für die Übertragung von Strömen von zumindest 50 A bis hin zu 1000 A und vorzugsweise von zumindest 100 A bis 700 A ausgebildet ist. Der Nennquerschnitt eines jeweiligen Phasenleiters beträgt dabei mindestens 16 mm², bevorzugt bei mindestens 25 mm² und reicht - je nach Auslegung - beispielsweise bis zu 240 mm². Die Nennquerschnitte der Phasenleiter sind identisch. Bevorzugt liegt der Nennquerschnitt eines jeweiligen Phasenleiters im Bereich zwischen 35 mm² und 185 mm².

[0013] Die Bedeutung des Begriffs Nennquerschnitt bestimmt sich nach DIN EN 60228. Der Nennquerschnitt bezieht sich auf einen Querschnittswert des metallischen Leiters des jeweiligen Phasenleiters, also ohne dessen Isolierung. Die obigen Werte gelten insbesondere bei der Verwendung von Kupfer als Leitermaterial. Bei der Verwendung von anderen Materialien, wie z.B. Aluminium, sind die Werte für den Nennquerschnitt entsprechend

der unterschiedlichen Leitfähigkeit im Vergleich zu Kupfer anzupassen.

[0014] Hervorzuheben ist, dass zum einen durch die Aufteilung des Nullleiters auf mehrere Nullleiterstränge eine perfekte Drehsymmetrie realisierbar ist. Bei herkömmlichem Kabel wird lediglich ein Nullleiter sowie typischerweise ergänzend ein Erdleiter zusätzlich zu den zumindest 3 Phasenleitern eingesetzt. Bei derartigen Varianten ist eine exakte Drehsymmetrie nicht möglich.

[0015] Die Anzahl der Nullleiterstränge entspricht dabei bevorzugt der Anzahl der Phasenleiter oder bei einer Aufteilung eines Phasenleiters auf mehrere Phasenleiterstränge auch der Anzahl der Phasenleiterstränge. Allgemein beträgt die Anzahl der Nullleiter ein m-faches der Anzahl der Phasenleiter, wobei m eine ganze Zahl ist und beispielsweise zwischen 1 und 3 liegt. Bevorzugt ist m gleich 1. D.h. Bevorzugt werden drei Phasenleiter vorgesehen und insgesamt drei Nullleiterstränge.

[0016] Ein besonderer Vorteil der hierdurch erreichten perfekten Drehsymmetrie ist in der guten EMV-Eigenschaft zu sehen, da allenfalls mit einer geringen elektromagnetischen Abstrahlung zu rechnen ist. Durch die weitgehend perfekte Symmetrie dieses Starkstromkabels, welches im Betrieb in einem 3-Phasen Netz (Drehstrom, Wechselstrom) eingesetzt ist, kompensieren sich auftretende elektromagnetische Störfelder wechselseitig.

[0017] Ein weiterer besonderer Vorteil in der Aufteilung des Nullleiters auf mehrere Nullleiterstränge besteht zum anderen darin, dass die durch die Oberwellen verursachten Ableitströme auf mehrere elektrische Leiter verteilt werden, sodass die Belastung der einzelnen Leiter reduziert ist, bzw. dass durch die Wahl von geeigneten Nennquerschnitten der einzelnen Nullleitersträngen die Belastung in einfacher Weise reduziert werden kann.

[0018] Untersuchungen haben gezeigt, dass die durch die Oberwellen entstehenden Ableitströme auf dem Nullleiter sich bis zu einem mehrfachen, beispielsweise bis zu dem 1,8-Fachen eines zulässigen Phasenstroms aufsummieren können. Dies führt bei herkömmlichen Starkstromkabeln teilweise zu hohen thermischen Belastungen des Nullleiters, da dieser typischerweise den gleichen Nennquerschnitt wie ein jeweiliger Phasenleiter aufweist.

[0019] Um die Belastung der Nullleiterstränge gering zu halten ist in bevorzugter Ausgestaltung vorgesehen, dass diese in Summe einen Nullleiter-Nennquerschnitt aufweisen, welcher größer ist als ein Phasenleiter-Nennquerschnitt eines jeweiligen Phasenleiters.

[0020] Bevorzugt liegt der Nullleiter-Nennquerschnitt im Bereich zwischen dem 1,2 - 2,0-Fachen des Phasenleiter-Nennquerschnitts. Durch diese Maßnahme wird eine übermäßige Belastung der Nullleiterstränge infolge der Nullleiterströme zuverlässig vermieden.

[0021] Typischerweise ist weiterhin vorgesehen, dass ein jeweiliger Nennquerschnitt eines Nullleiterstrangs kleiner ist als der Nennquerschnitt eines jeweiligen Phasenleiters. Grundsätzlich ist in bevorzugter Ausgestaltung

allgemein vorgesehen, dass die Nullleiterstränge im Vergleich zu den Phasenleitern einen verschiedenen Nennquerschnitt aufweisen.

[0022] In bevorzugter Ausbildung sind genau drei Phasenleiter vorgesehen sowie drei Nullleiterstränge, wobei ein jeweiliger Nullleiterstrang zwischen zwei Phasenleitern angeordnet ist.

[0023] Allgemein weist das Starkstromkabel bei einer solchen 3-zähligen Symmetrie daher insgesamt vorzugsweise eine 120° Drehsymmetrie auf.

[0024] In bevorzugter Weiterbildung weist der Leiterverbund einen Erdleiter auf, welcher bevorzugt auf mehrere Erdleiterstränge aufgeteilt ist. Insbesondere ist dabei vorgesehen, dass doppelt so viele Erdleiterstränge wie Nullleiterstränge vorgesehen sind. Wie bereits eingangs erwähnt, gilt die Anforderung der Drehsymmetrie auch für diese Erdleiterstränge.

[0025] In zweckdienlicher Weiterbildung weist das Starkstromkabel insgesamt eine unrunde, mehrreckige Querschnittsform auf und zeigt im Querschnitt betrachtet insgesamt 3n gerundete Ecken, wobei n eine gerade Zahl ist. Bei herkömmlichen Kabeln werden häufig bewusst Füllelemente eingesetzt, um eine möglichst kreisrunde Querschnittsgeometrie zu erreichen. Vorliegend wird bewusst auf derartige Füllstränge zur Erreichung einer runden Querschnittsgeometrie verzichtet. Zum einen kann hierdurch erheblich an Material durch den Wegfall der typischerweise aus Kunststoff bestehenden Füllstränge eingespart werden. Darüber hinaus begünstigt dies auch die thermischen Eigenschaften, da Wärme besser an die Umgebung abgegeben werden kann.

[0026] In bevorzugter Weiterbildung ist der Leiterverbund allgemein als ein Seilverbund ausgebildet, bei dem die einzelnen Komponenten, also insbesondere die Nullleiterstränge und die Phasenleiter, um die Mittenachse verseilt sind.

[0027] In bevorzugter Weiterbildung verläuft - bei der bevorzugten Ausführungsvariante mit einer unrunder Querschnittskontur - das gesamte Starkstromkabel in Längsrichtung betrachtet wendelförmig. Dies bedeutet, dass die unrunde Querschnittskontur in Längsrichtung sich insgesamt um die Mittenachse dreht und zwar mit der vorgegebenen Schlaglänge des Seilverbunds. Dadurch entsteht insgesamt eine charakteristische wendelförmige oder schraubenlinienförmige Ausgestaltung mit der unrunder Querschnittskontur.

[0028] Im Hinblick auf die konkrete Ausgestaltung ist gemäß einer ersten Aufbauvariante vorzugsweise vorgesehen, dass die Phasenleiter um die Mittenachse herum angeordnet sind und dass weiterhin die Nullleiterstränge beabstandet von der Mittenachse und jeweils in einem äußeren Zwischenbereich zwischen zwei Phasenleitern angeordnet sind. Bevorzugt liegen die Phasenleiter dabei unmittelbar aneinander an. Im Zentrum im Bereich der Mittenachse befindet sich dabei bevorzugt kein weiteres Element, insbesondere kein elektrischer Leiterstrang. Im Zentrum liegt daher ein freier zentraler Zwickelbereich vor.

[0029] Ein jeweiliger Nullleiterstrang liegt vorzugsweise allgemein unmittelbar an den benachbarten Phasenleitern an. Ein jeweiliger Nullleiter liegt daher in einem Zwickelbereich zwischen zwei benachbarten Phasenleitern ein.

[0030] Bei dieser Ausgestaltung ist zwischen einem jeweiligen Nullleiterstrang und einem jeweiligen Phasenleiter an deren von der Mittenachse beabstandeten Seite und damit radial außen ein äußerer Zwickelbereich ausgebildet. In diesem äußeren Zwickelbereich ist vorzugsweise jeweils ein Erdleiterstrang eines Erdleiters angeordnet.

[0031] Bei dem jeweiligen Erdleiterstrang handelt es sich vorzugsweise um einen blanken Leiter, welcher also nicht mit einer Isolierung versehen ist. Alternativ kann es sich auch um einen isolierten Leiter, eine sogenannte Ader handeln.

[0032] Bei den Phasenleitern und den Nullleitersträngen handelt es sich allgemein jeweils um einzelne Adern.

[0033] Unter Ader wird vorliegend allgemein ein mit einem Isolationsmantel, auch als Adermantel bezeichnet, versehener, blanker Leiter verstanden. Bei dem Leiter kann sich dabei um einen massiven oder um einen mehrdrähtigen Leiter handeln, vorzugsweise handelt es sich um einen Litzenleiter bestehend aus einer Vielzahl von einzelnen Drähten. Die Bedeutung der Begriffe massiv / eindrätig, mehrdrätig und Litzenleiter ergeben sich aus der DIN EN 60228.

[0034] Als Material für den Leiter wird typischerweise Kupfer, eine Kupferlegierung oder alternativ auch Aluminium oder eine Aluminiumlegierung verwendet.

[0035] Die Phasenleiter und/oder die Nullleiterstränge sind vorzugsweise jeweils als Rundleiter ausgebildet mit insbesondere kreisrundem Querschnitt. Gleiches gilt vorzugsweise auch für die Erdleiterstränge.

[0036] Ein jeweiliger Nullleiterstrang ist vorzugsweise zwischen zwei Phasenleitern und insbesondere in einem durch zwei Phasenleiter gebildeten Zwickelbereich angeordnet.

[0037] Die hier beschriebene bevorzugte Ausführungsvariante weist vorzugsweise neben dem Phasenleiter, den Nullleitersträngen sowie den Erdleitersträngen keine weiteren Leiterelemente und insbesondere auch keine weiteren Füll- oder sonstige Stränge auf. Der Leiterverbund ist daher abschließend durch Phasenleiter, Nullleiterstränge und Erdleiterstränge gebildet.

[0038] Bei dieser bevorzugten Variante zeigt daher der Querschnitt des Starkstromkabels insgesamt eine gerundete Dreiecksform mit drei gerundeten Eckbereichen, die über Zwischenabschnitte miteinander verbunden sind, die insbesondere gebogen ausgebildet sind und speziell konvex, also nach außen gebogen sind. Die Eckbereiche werden dabei typischerweise durch die einzelnen Nullleiterstränge und die Zwischenbereiche durch die Phasenleiter definiert. Die gerundeten Eckbereiche werden daher im Wesentlichen durch den Radius und damit die Krümmung der Nullleiterstränge definiert. Die Zwischenabschnitte weisen typischerweise eine gerin-

gere Krümmung im Vergleich zu den Eckbereichen auf.

[0039] Gemäß einer alternativen, zweiten Aufbauvariante ist ein zentraler Erdleiterstrang vorgesehen, um den herum die Phasenleiter und die Nullleiterstränge alternierend angeordnet sind. Die Phasenleiter und die Nullleiterstränge liegen dabei bevorzugt alternierend unmittelbar aneinander an, d. h. ein jeweiliger Nullleiterstrang liegt beidseitig an einem benachbarten Phasenleiter an.

[0040] In zweckdienlicher Ausgestaltung sind weiterhin Füllstränge oder Haltestränge vorgesehen, welche in Zwischen- oder Zwickelbereichen einliegen, die zwischen den Phasenleitern und den Nullleitersträngen ausgebildet sind. Durch diese zusätzlichen Füllstränge oder Haltestränge, die vorzugsweise aus Kunststoff bestehen, wird eine zuverlässige Fixierung der jeweiligen Position des jeweiligen Phasenleiters bzw. des jeweiligen Nullleiterstrangs innerhalb des Leiterverbunds gewährleistet, wodurch die gewünschte möglichst perfekte Drehsymmetrie gewährleistet ist.

[0041] Bei dieser Ausführungsvariante ist vorzugsweise wiederum auf weitere Füllelemente zur Erzielung einer runden Querschnittskontur verzichtet und es liegt eine unrunde Querschnittskontur vor. Durch den speziellen Aufbau des Leiterverbunds wird hierbei eine 6-eckige Querschnittskontur mit 6 gerundeten Ecken erreicht, wobei durch die alternierende Anordnung von einzelnen Adern mit unterschiedlichen Durchmessern (Phasenleiter mit größerem Durchmesser und Nullleiterstränge mit geringerem Durchmesser) die Krümmung von benachbarten, gerundeten Eckbereichen jeweils unterschiedlich ist und sich alternierend abwechselte.

[0042] In bevorzugter Weiterbildung ist weiterhin die Anordnung einer Schirmlage vorgesehen, welche den Leiterverbund umgibt und diesen vorzugsweise zu 100 % optisch bedeckt. Hierbei handelt es sich beispielsweise um ein Geflecht oder eine Schirmfolie. Hierdurch wird die EMV-Eigenschaft zusätzlich verbessert.

[0043] Alternativ ist auf eine Schirmlage verzichtet. Bevorzugt weist der Kabelaufbau keinerlei Schirmelemente wie beispielsweise ein Schirmgeflecht, einen Folien-schirm usw. auf.

[0044] Bevorzugt ist der Leiterverbund von einem Außenmantel abschließend umgeben, welcher einen Schutzmantel definiert. Dieser besteht typischerweise aus Kunststoff.

[0045] Im Betrieb wird ein derartiges Starkstromkabel in einem 3-Phasennetz, auch als Drehstromnetz bezeichnet, eingesetzt und verbindet zwei elektrische Komponenten oder Geräte miteinander und dient zur Leistungsversorgung eines elektrischen Verbrauchers. Typische Einsatzgebiete für derartige Starkstromkabel ist beispielsweise die Energieversorgung von Geräten im industriellen Bereich, beispielsweise in Produktionsanlagen oder auch von medizinischen Geräten, wie Diagnose- und Therapiegeräte wie beispielsweise Röntengeräte, Magnetresonanztomographen usw. Weiterhin wird ein derartiges Starkstromkabel beispielsweise auch für Hausanschlüsse, zur Notstromversorgung, zur Versor-

gung von Schaltanlagen speziell für industrielle Anlagen usw. eingesetzt. Daneben gibt es weitere vielfältige Anwendungsmöglichkeiten.

[0046] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Diese zeigen:

- FIG 1 eine Querschnittsdarstellung eines Starkstromkabels gemäß einer ersten Aufbauvariante,
 FIG 2 eine Querschnittsdarstellung eines Starkstromkabels gemäß der ersten Aufbauvariante, jedoch im Vergleich zu FIG 1 mit einer unterschiedlichen Dimensionierung,
 FIG 3 eine ausschnittsweise perspektivische Ansicht auf ein Starkstromkabel gemäß FIG 1 sowie
 FIG 4 eine Querschnittsdarstellung eines Starkstromkabels gemäß einer zweiten Aufbauvariante.

[0047] Ein in den Figuren dargestelltes Starkstromkabel 2 weist jeweils einen Leiterverbund 4 auf, welcher aufweist und sich insbesondere abschließend zusammensetzt aus

- drei als Adern ausgebildete Phasenleiter 6
- drei ebenfalls als Adern ausgebildete Nullleiterstränge 8,
- einen Erdleiter, welcher bei der ersten Aufbauvariante gemäß den Figuren 1-3 auf insgesamt sechs, blanke Erdleiterstränge 10 aufgeteilt ist und der bei der zweiten Aufbauvariante gemäß der FIG 4 als ein zentraler Erdleiter 12 vorgesehen ist, welcher als eine Ader ausgebildet ist sowie
- mehreren optionalen Haltesträngen 14, die vorzugsweise aus Kunststoff bestehen.

[0048] Bei der ersten Aufbauvariante ist auf derartige Haltestränge 14 verzichtet. Bei der zweiten Aufbauvariante gemäß der FIG 4 sind im Ausführungsbeispiel derartige Haltestränge 14 vorgesehen. Alternativ ist auch bei der zweiten Aufbauvariante auf derartige Haltestränge 14 verzichtet.

[0049] Das Starkstromkabel 2 erstreckt sich entlang einer Mittenachse 16 in Längsrichtung 18 (vergleiche FIG 3). Der Leiterverbund 4 ist jeweils als ein Seilverbund ausgebildet. Bei der ersten Aufbauvariante sind die Phasenleiter 6, die Nullleiterstränge 8 sowie die Erdleiterstränge 10 um die Mittenachse 16 herum verseilt.

[0050] Bei der zweiten Aufbauvariante gemäß der FIG 4 sind die Phasenleiter 6, die Nullleiterstränge 8 sowie die optionalen Haltestränge 14 um die Mittenachse 16 sowie um den zentral angeordneten Erdleiter 12 herum verseilt.

[0051] Der Leiterverbund 4 ist bei der ersten Aufbauvariante noch von einer Schirmlage 20 umgeben, welche wiederum von einem Schutz- oder Außenmantel 22 umgeben ist. Bei der Schirmlage 20 handelt es sich typi-

scherweise um ein Geflecht. Dieses ist üblicherweise innen oder außen von einer Bandierung umgeben. Bei der zweiten Aufbauvariante ist auf die Schirmlage 20 verzichtet und der Leiterverbund 4 ist direkt von dem Außenmantel 22 umgeben. In beiden Aufbauvarianten kann die Schirmlage 20 vorgesehen oder auf sie verzichtet sein. Insbesondere zu Brandschutzzwecken kann zumindest eine weitere Lage vorgesehen sein, die beispielsweise zur Einstellung einer gewünschten Brandklasse angebracht ist. Bei dieser weiteren Lage handelt es sich um eine Lage aus geeignetem Material, die beispielsweise durch Umwicklung aufgebracht ist. Die Lage ist dabei beispielsweise unter oder über der Schirmlage 20 aufgebracht.

[0052] Bei der ersten Aufbauvariante sind die drei Phasenleiter 6 unmittelbar aneinander anliegend und direkt um die Mittenachse 16 herum gruppiert, sodass sie ein zentrales Dreieck bilden. Die Nullleiterstränge 8 sind jeweils in radial äußeren Zwischenbereichen zwischen zwei benachbarten Phasenleitern 6 angeordnet und liegen dabei unmittelbar ebenfalls an diesen beiden Phasenleitern 6 an. Schließlich ist zwischen einem jeweiligen Phasenleiter 6 und einem jeweiligen Nullleiterstrang 8 radial außen, also in Richtung zum Außenmantel 22 orientiert, ein radial äußerer Zwickelbereich ausgebildet, in dem jeweils einer der Erdleiterstränge 10 einliegt. Bei diesem handelt sich im Ausführungsbeispiel um einen blanken Leiter. Die sich anschließende Schirmlage 20 kontaktiert dabei jeweils die Erdleiterstränge 10 elektrisch, sodass eine zuverlässige elektrische Kontaktierung der Schirmlage 20 erreicht ist.

[0053] Das Starkstromkabel 2 weist insgesamt eine gerundete, dreieckige Außenkontur auf, mit drei gerundeten Eckbereichen 24, zwischen denen jeweils konvex gekrümmte Zwischenbereiche 26 ausgebildet sind. In den Eckbereichen 24 ist ein jeweiliger Nullleiterstrang 8 und in den Zwischenbereichen 26 sind ein jeweiliger Phasenleiter 6 sowie auch jeweils zwei Erdleiterstränge 10 beidseitig des jeweiligen Phasenleiters 6 angeordnet. In den Eckbereichen 24 ist das Starkstromkabel 2 und damit der Außenmantel 22 stärker gekrümmt als in den Zwischenbereichen 26.

[0054] Je nach konkreter Ausgestaltung und der Wahl der Durchmesser der Phasenleiter 6 und/oder der Nullleiterstränge 8 liegen unterschiedliche Krümmungsverhältnisse vor, wie dies gut anhand des Vergleichs zwischen FIG 1 und FIG 2 zu entnehmen ist. Die FIG 1 zeigt dabei eine Ausgestaltung, bei der die Phasenleiter 6 einen (Leiter-) Nennquerschnitt von 120 mm² und die Nullleiterstränge 8 einen (Leiter-) Nennquerschnitt von 70 mm² aufweisen. Die einzelnen, blanken Erdleiterstränge 10 weisen demgegenüber einen deutlich geringeren Nennquerschnitt auf, der beispielsweise im Bereich zwischen 10 mm² und 15 mm² liegt. Bei der Ausführungsvariante gemäß der FIG 2 sind im Vergleich zu der der FIG 1 lediglich die Nennquerschnitte der Nullleiterstränge reduziert und liegen beispielsweise bei 50 mm².

[0055] In den Figuren 1 und 2 ist jeweils ein Außenkreis

gestrichelt dargestellt, welcher außenseitig die Eckbereiche 24 tangiert. Der Mittelpunkt dieses Außenkreises definiert die Mittenachse 16. Ergänzend sind die vorliegend drei Symmetrielinien gestrichelt dargestellt, die jeweils unter einem Drehwinkel α von 120° zueinander orientiert sind. Eine jeweilige Symmetrielinie verläuft ausgehend von der Mittenachse 16 durch den Kontaktpunkt zweier benachbarter Phasenleiter 6 und ergänzend auch durch den Mittelpunkt eines jeweiligen Nullleiterstrang 8.

[0056] Wie gut zu erkennen ist, weist die erste Aufbauvariante eine exakte Drehsymmetrie bezüglich der Mittenachse 16 um den Drehwinkel α von 120° auf. Dies bedeutet, dass nach einer Drehung um 120° um die Mittenachse 16 herum - bei einer Rechtsdrehung - ein jeweiliger Phasenleiter identisch die Position des in Drehrichtung vorlaufenden Phasenleiters 6 einnimmt und das analog ein jeweiliger Nullleiterstrang 8 die Position des vorlaufenden Nullleiterstrang 8 identisch einnimmt. Gleiches gilt auch für die Erdleiterstränge 10.

[0057] Bei der zweiten Aufbauvariante gemäß der FIG 4 gilt dies gleichermaßen und ergänzend auch für die Haltestränge 14.

[0058] In beiden Aufbauvarianten gilt dies auch für die unrunde Außenkontur des Starkstromkabels 2.

[0059] Bei der zweiten Aufbauvariante ist zunächst zentral der Erdleiter 12 angeordnet, welcher von den Phasenleitern 6 und den Nullleitersträngen 8 umgeben ist, welche jeweils abwechselnd angeordnet sind. Ein jeweiliger Phasenleiter 6 liegt dabei am zentralen Erdleiter 12 an und ein jeweiliger Nullleiterstrang 8 liegt jeweils an seinen benachbarten Phasenleiter 6 an. Zwischen einem jeweiligen Nullleiterstrang 8 und dem zentralen Erdleiter 12 ist ein Freiraum ausgebildet, in den im Ausführungsbeispiel zwei Haltestränge 14 und zwar bevorzugt in gegenüberliegenden Zwickelbereichen platziert sind. Ein jeweiliger Haltestrang 14 liegt daher vorzugsweise jeweils am Erdleiter 12, an einem Phasenleiter 6 und an einem Nullleiterstrang 8 an.

[0060] Weitere Haltestränge 14 sind in den radial äußeren Zwickelbereichen angeordnet, die jeweils zwischen einem Phasenleiter 6 und seinem benachbarten Nullleiterstrang 8 ausgebildet ist. Diese äußeren Haltestränge 14 liegen daher jeweils an einem Nullleiterstrang 8 und an einem Phasenleiter 6 sowie weiterhin am Außenmantel 22.

[0061] Falls eine Schirmlage 20 vorgesehen ist, liegen die Haltestränge 14 auch an dieser an. Bei der Verwendung einer Schirmlage 20 werden beispielsweise anstelle der äußeren Haltestränge 14 blanke Erdleiterstränge 10 eingesetzt, um die Schirmlage 20 elektrisch zu kontaktieren.

[0062] Die in den Figuren dargestellten Kabelaufbauten zeigen vorzugsweise abschließend alle Elemente des jeweiligen Kabelaufbaus, d.h. weitere Elemente sind vorzugsweise nicht vorgesehen.

[0063] Die Erfindung ist nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Vielmehr können auch andere Varianten der Erfindung von dem

Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen. Insbesondere sind ferner alle im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel beschriebenen Einzelmerkmale auch auf andere Weise miteinander kombinierbar, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

10 **[0064]**

- 2 Starkstromkabel
- 4 Leiterverbund
- 6 Phasenleiter
- 8 Nullleiterstrang
- 10 Erdleiterstrang
- 12 Erdleiter
- 14 Haltestrang
- 16 Mittenachse
- 18 Längsrichtung
- 20 Schirmlage
- 22 Außenmantel
- 24 Eckbereich
- 26 Zwischenbereich

Patentansprüche

1. Starkstromkabel (2) mit einem Leiterverbund (4), welcher drei Phasenleiter (6) und einen Nullleiter sowie eine sich in einer Längsrichtung (18) erstreckende Mittenachse (16) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nullleiter auf mehrere Nullleiterstränge (8) aufgeteilt ist und der Leiterverbund (4) mit den drei Phasenleitern (6) und den mehreren Nullleitersträngen (8) des Nullleiters - im Querschnitt betrachtet - bezüglich der Mittenachse (16) um einen Drehwinkel (α) drehsymmetrisch zur Mittenachse (16) ausgebildet ist, wobei für den Drehwinkel (α) gilt: $\alpha = 360^\circ/3n$, wobei n ganzzahlig ist.
2. Starkstromkabel (2) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nullleiterstränge (8) in Summe einen Nullleiter-Nennquerschnitt aufweisen, welcher größer ist als ein Phasenleiter-Nennquerschnitt.
3. Starkstromkabel (2) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nullleiter-Nennquerschnitt im Bereich zwischen dem 1,2 bis 2,0-Fachen des Phasenleiter-Nennquerschnitts liegt.
4. Starkstromkabel (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leiterverbund (4) um 120° drehsymmetrisch ist und drei Nullleiterstränge (8) aufweist.

5. Starkstromkabel (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leiterverbund (4) einen Erdleiter aufweist, welcher auf mehrere Erdleiterstränge (10) aufgeteilt ist, wobei insbesondere doppelt so viele Erdleiterstränge (10) wie Nullleiterstränge (8) vorgesehen sind. 5
6. Starkstromkabel (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine unrunde, mehreckige Querschnittsform mit $3n$ gerundeten Ecken aufweist, wobei n geradzahlig ist. 10
7. Starkstromkabel (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nullleiterstränge (8) und die Phasenleiter (6) um die Mittenachse (16) verseilt sind und dass die unrunde Querschnittskontur in Längsrichtung (18) wendelförmig verläuft 15
8. Starkstromkabel (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phasenleiter (6) um die Mittenachse (16) und die Nullleiterstränge (8) beabstandet von der Mittenachse (16) jeweils in einem äußeren Zwischenbereich zwischen zwei Phasenleitern (6) angeordnet sind. 20 25
9. Starkstromkabel (2) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen einem jeweiligen Nullleiterstrang (8) und einem Phasenleiter (6) radial außen ein äußerer Zwickelbereich ausgebildet ist, in dem jeweils ein Erdleiterstrang (10) angeordnet ist. 30
10. Starkstromkabel (2) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Querschnittsform eine gerundete Dreiecksform ist mit drei gerundeten Eckbereichen (24), die über vorzugsweise konvex gebogene Zwischenabschnitte (26) miteinander verbunden sind. 35 40
11. Starkstromkabel (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zentraler Erdleiter (12) vorgesehen ist, um den herum die Phasenleiter (6) und die Nullleiterstränge (8) alternierend angeordnet sind. 45
12. Starkstromkabel (2) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine sechseckige Querschnittskontur mit sechs gerundeten Eckbereichen (24) aufweist, wobei einander benachbarte Eckbereiche (24) insbesondere unterschiedliche Krümmungen aufweisen. 50
13. Starkstromkabel (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leiterverbund (4) von einer Schirmlage und/oder von einem Außenmantel umgeben ist. 55

FIG 1

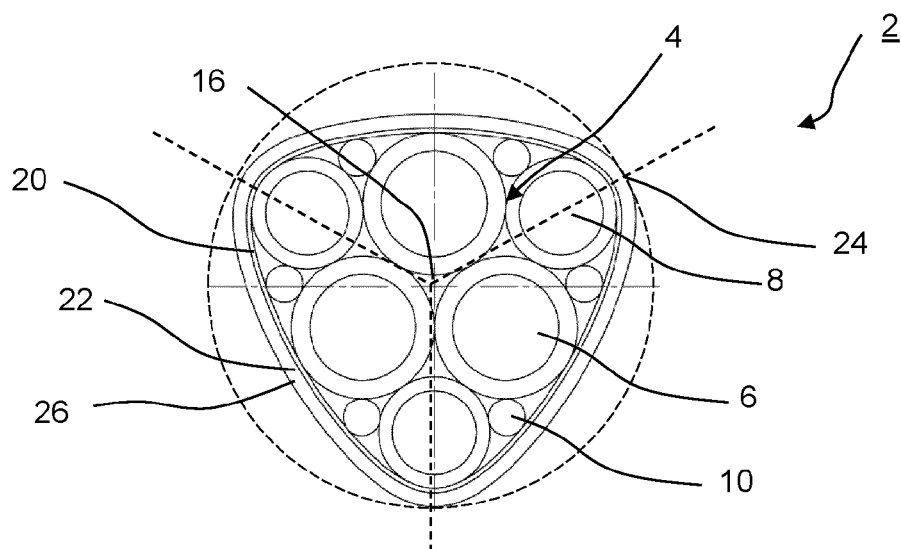


FIG 2

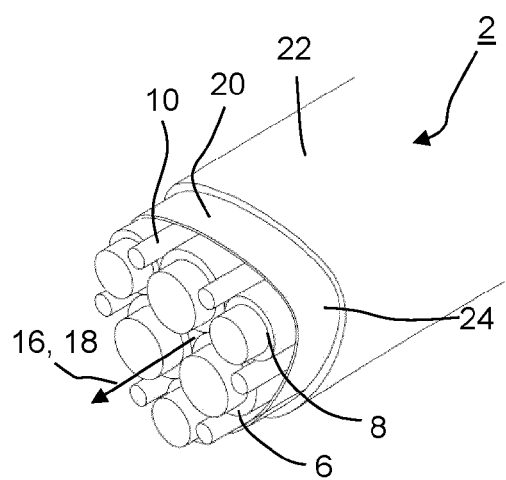
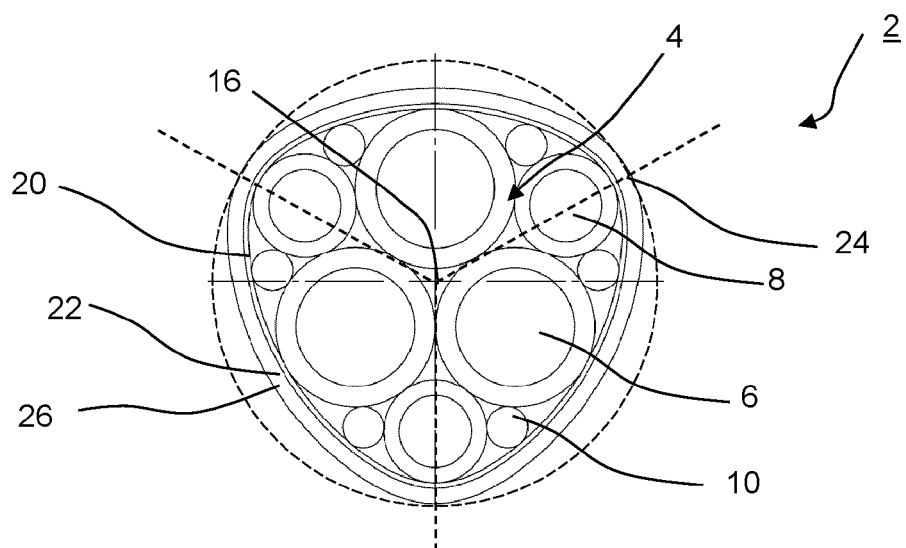


FIG 3

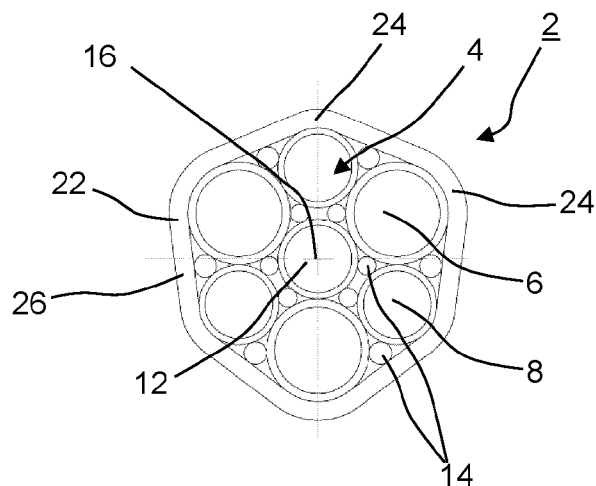


FIG 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 18 5937

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 916 674 A2 (INTERCOND S P A [IT]) 30. April 2008 (2008-04-30)	1-6, 8, 13	INV. H01B9/00
Y	* Abbildung 1 *	7, 9, 10, 12	

X	US 2015/107874 A1 (GREEN SHALOM [IL] ET AL) 23. April 2015 (2015-04-23)	1-4, 8, 11, 13	
Y	* Absatz [0058]; Abbildungen 5E, 5H *	12	

X	CN 110 853 824 A (QIAO ZHIGUO) 28. Februar 2020 (2020-02-28)	1-4, 8, 11, 13	
	* Abbildung 4 *		

Y	US 2019/066873 A1 (KANEDA TAIKI [JP] ET AL) 28. Februar 2019 (2019-02-28)	7, 10	
	* Abbildung 5 *		

Y	CN 114 121 352 A (NANTONG YIJIA ELECTRICAL CO LTD) 1. März 2022 (2022-03-01)	9	
	* Abbildung 1 *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 13. November 2023	Prüfer Alberti, Michele
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 18 5937

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-11-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1916674 A2	30-04-2008	KEINE	
US 2015107874 A1	23-04-2015	AU 2013284979 A1	26-02-2015
		EP 2870609 A1	13-05-2015
		KR 20150048712 A	07-05-2015
		US 2015107874 A1	23-04-2015
		WO 2014006622 A1	09-01-2014
CN 110853824 A	28-02-2020	KEINE	
US 2019066873 A1	28-02-2019	JP 2019046561 A	22-03-2019
		US 10217547 B1	26-02-2019
CN 114121352 A	01-03-2022	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- EP 3279901 A1 [0005]
- EP 2027589 B1 [0006]