



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 315 182 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.05.2003 Patentblatt 2003/22

(51) Int Cl.7: **H01F 27/28**

(21) Anmeldenummer: **02024176.6**

(22) Anmeldetag: **29.10.2002**

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

(30) Priorität: **23.11.2001 DE 10157590**

(71) Anmelder: **ABB T&D Technology Ltd.
8050 Zürich (CH)**

(72) Erfinder:
• **Hoffmann, Roland
59929 Brilon (DE)**
• **Meinolf, Otto
59929 Brilon (DE)**
• **Weber, Benjamin, Dipl.-Ing.
59955 Winterberg (DE)**

(74) Vertreter: **Miller, Toivo et al
ABB Patent GmbH
Postfach 1140
68520 Ladenburg (DE)**

(54) **Wicklung für einen Transformator oder eine Spule**

(57) Die Erfindung betrifft eine Wicklung für einen Transformator oder eine Spule mit einem bandförmigen elektrischen Leiter (14) und mit wenigstens einer bandförmigen Isolationsmaterialschicht (16), welche auf den elektrischen Leiter (14) aufgebracht oder als Bandmaterial auf den Leiter aufgelegt ist. Der elektrische Leiter (14) und die wenigstens eine bandförmige Isolierschicht (16) sind zu Windungen um einen Wicklungskern (10) entlang einer Wicklungsachse (12) gewickelt. Zudem weisen die einzelnen Windungen der Wicklung einen vorgegebenen Wicklungswinkel (40) gegenüber der Wicklungsachse (12) des Wicklungskerns (10) und

mehrere axial nebeneinander liegende Windungen bilden eine Lage. Wenigstens zwei radial benachbarte Lagen (18, 24) von Windungen sind erfindungsgemäß vorhanden. Außerdem ist eine erste Lage (18) von Windungen einer zweiten Lage (24) radial benachbart, die durch Veränderung der Wicklungsrichtung durch Falten des elektrischen Leiters (14) und der wenigstens einen bandförmigen Isolierschicht erzeugbar ist. Schließlich entspricht der durch die Faltung (38) entstandene Gesamtwinkel (42) zwischen der Längsrichtung des bandförmigen Isoliermaterials (16) der ersten Lage (18) und der entsprechenden Richtung der zweiten Lage (24) dem doppelten Wicklungswinkel (40).

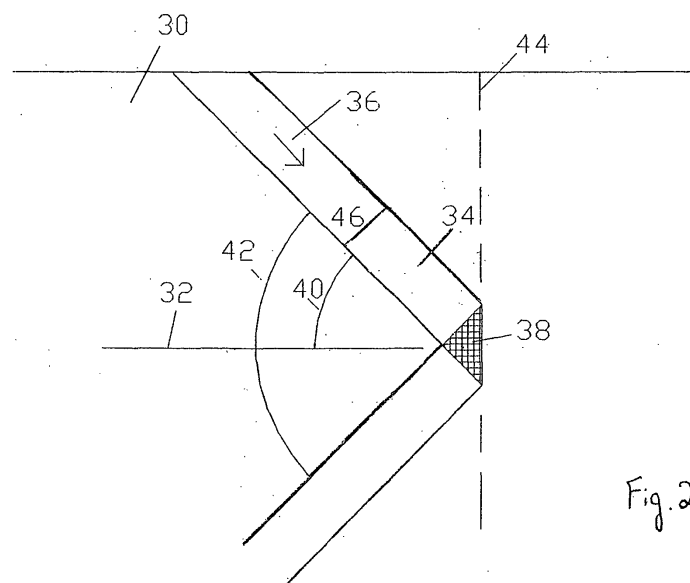


Fig. 2

EP 1 315 182 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Wicklung für einen Transformator oder eine Spule mit einem bandförmigen elektrischen Leiter und mit wenigstens einer bandförmigen Isolationsmaterialschicht, welche auf den elektrischen Leiter aufgebracht oder als Bandmaterial auf den Leiter aufgelegt ist, welche, nämlich der elektrische Leiter und die wenigstens eine bandförmige Isolationsmaterialschicht, zu Windungen um einen Wicklungskern entlang einer Wicklungsachse gewickelt sind. Dazu weisen die einzelnen Windungen der Wicklung einen vorgegebenen Wicklungswinkel gegenüber der Wicklungsachse des Wicklungskerns auf. Außerdem bilden mehrere axial nebeneinander liegende Windungen eine Lage und es sind wenigstens zwei radial benachbarte Lagen von Windungen vorhanden.

[0002] Bei derartigen, allgemein bekannten Wicklungen für Transformatoren oder Spulen ab einer Leistungsgröße von 5 kVA werden die Windungen üblicherweise in axiale Richtung dicht nebeneinander liegend gewickelt und derart eine Lage von Windungen gebildet. Häufig werden aber auch mehrere Lagen radial aneinander gefügt und bilden einen mehrlagigen Transformator oder eine mehrlagige Spule. Im Fall von mehreren radial benachbarten Lagen von Windungen muß sich die Wicklungsrichtung des elektrischen Leiters einer Lage an deren axialen Ende umkehren.

[0003] Die Umkehrung kann bei vergleichsweise schmalen Breiten des elektrischen Leiters dadurch erfolgen, daß der Wicklungswinkel am axialen Ende der betreffenden Lage kontinuierlich auf einen Wert von 90° verändert wird und schließlich, z. B. nach einer weiteren halben Windung in die gewünschte Wicklungsrichtung überführt wird. Zum einen ist es hierbei nachteilig, daß sich eine Lage an den Enden radial verdickt und zum anderen besteht bei vergleichsweise breiten Leiterbändern die Gefahr der Wellenbildung und es kann zu Knicken im Leiterband kommen. Diese nachteiligen Effekte können sich noch dadurch verstärken, daß das Leiterband vergleichsweise dünn ausgebildet ist.

[0004] Darüber hinaus fördern vergleichsweise große Wicklungswinkel, wie sie beispielsweise bei Wicklungen um einen vergleichsweise kleinen Wicklungskern auftreten, ebenfalls die eingangs beschriebenen nachteiligen Effekte.

[0005] Ausgehend von diesem Stand der Technik, ist es die Aufgabe der Erfindung, eine Wicklung für einen Transformator oder eine Spule der eingangs genannten Art anzugeben, bei der auf einfache Weise radial benachbarte Lagen von Windungen erzeugbar sind, insbesondere auch bei solchen elektrischen Leitern, die zu den eingangs beschriebenen nachteiligen Effekten neigen.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Wicklung für einen Transformator oder eine Spule mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen.

[0007] Demgemäß kennzeichnet sich die Erfindung

durch eine erste Lage von Windungen, die einer zweiten Lage radial benachbart ist, die durch Veränderung der Wicklungsrichtung durch Falten des elektrischen Leiters und der wenigstens einen bandförmigen Isolierschicht erzeugbar ist, und daß der durch die Faltung entstandene Gesamtwinkel zwischen der Längsrichtung des bandförmigen Isoliermaterials der ersten Lage und der entsprechenden Richtung der zweiten Lage dem doppelten Wicklungswinkel entspricht. Ein wesentlicher erfindungsgemäßer Vorteil ist es, daß die Veränderung der Wicklungsrichtung des elektrischen Leiters, um eine radial benachbarte weitere Lage zu erzeugen, nicht wie bisher üblich durch langsames Verändern der Wicklungsrichtung, also kontinuierlich, erfolgt, sondern durch Falten des elektrischen Leiters. Mit Falten ist hier ein Umlegen des elektrischen Leiters um eine gerade, sich über die Breite des bandförmigen elektrischen Leiters sowie den wenigstens einen Isolierschicht erstreckende, gedachte Linie gemeint. Demgemäß erfolgt die Richtungsänderung der Wicklungsrichtung diskontinuierlich, ohne daß hier in den seitlichen Bereichen des bandförmigen elektrischen Leiters derartige Spannungen in dessen Längsrichtung auftreten können, wie sie über einen vergleichsweise langen Längsabschnitt des elektrischen Leiters bisher aufgetreten sind. Damit ist aber auch eine Wellenbildung sowie die Neigung zu Knicken oder Verwerfungen vermieden. Dieser Vorteil ist prinzipiell bei jedem bandförmigen Leiter erreichbar.

[0008] Im Fall, daß mehr als eine Isolierschicht zusammen mit dem elektrischen Leiter zu Windungen gewickelt werden, können diese sowohl auf einer Breitseite des elektrischen Leiters, als auch auf dessen beider Breitseiten angeordnet sein.

[0009] Die Gefahr zur Bildung von Wellen oder Knicken ist auch dann besonders groß, wenn der charakteristische Wicklungswinkel kleiner als etwa 85° ist. Erfindungsgemäß werden auch in diesem Fall diese beschriebenen nachteiligen Effekte sicher vermieden. Dabei wird als der charakteristische Wicklungswinkel derjenige Winkel bezeichnet, der in Abhängigkeit von der Bandbreite des elektrischen Leiters und dem Durchmesser der Windung der betreffenden Lage so gewählt ist, daß gewährleistet ist, daß die einzelnen Windungen beim Wickelvorgang parallel zueinander angeordnet sind und derart ungewollte mechanische Spannungen in Längsrichtung des elektrischen Leiters sicher vermieden sind.

[0010] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Wicklung kennzeichnet sich dadurch, daß zwischen der ersten Lage und der zweiten Lage eine Isolierschicht zwischengefügt ist. Auch in diesem Fall ist erfindungsgemäß eine Wellen- oder Reißbildung günstigerweise vermieden und darüber hinaus der Vorteil erzielt, daß zwischen den einzelnen Lagen Spannungsüberschläge vermieden sind und zudem die Stoßspannungsfestigkeit der Lagen erhöht ist.

[0011] Die Wicklung ist erfindungsgemäß weitergebil-

det, wenn die Faltung an einem axialen Ende einer Lage angeordnet ist. Prinzipiell ist die Faltung des elektrischen Leiters an jeder axialen Stelle möglich, beispielsweise um radial benachbarte Lagen herzustellen, die jedoch unterschiedliche axiale Längen aufweisen sollen oder um zwei separate axial benachbarte Lagen herzustellen, die radial benachbart zu einer weiteren Lage angeordnet sind. Häufig sollen jedoch zwei benachbarte Lagen die gleiche axiale Länge aufweisen. Dann wird, wie erfindungsgemäß vorgeschlagen die Faltung am axialen Ende einer Lage angeordnet sein. Hierdurch ist eine optimale aktive axiale Länge einer Lage erreicht.

[0012] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Abhängen in Ansprüchen angegeben.

[0013] Anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels sollen die Erfindung, eine vorteilhafte Ausgestaltung und Verbesserung der Erfindung, sowie besondere Vorteile der Erfindung näher erläutert und beschrieben werden.

[0014] Es zeigen:

Fig. 1 eine Transformatorwicklung mit zwei Lagen und

Fig. 2 eine Draufsicht auf den Nahbereich einer Faltung.

[0015] In Fig. 1 ist eine zweilagige Wicklung eines Transformators ausschnittsweise dargestellt. Die Wicklung ist um einen Wicklungskern 10 mit einer Wicklungsachse 12 gewickelt. Die Wicklung ist aus einem bandförmigen elektrischen Leiter 14, der mit einem bandförmigen Isolationsmaterial 16 beschichtet ist, geformt. Alternativ hierzu kann das bandförmige Isolationsmaterial 16 auch aus einer bandförmigen Folie bestehen. Zudem ist es für den Erfindungsgedanken unerheblich, ob der elektrische Leiter 14 mit dem Isolationsmaterial beschichtet ist, oder ob das Isolationsmaterial als eigenes Band zusammen mit dem elektrischen Leiter 14 zu der Wicklung geformt wird.

[0016] Als erste Lage 18 von Windungen soll diejenige Lage bezeichnet sein, die direkt um den Wicklungskern 10 gewickelt ist. Zwischen der ersten Lage 18 und dem Wicklungskern 10 ist eine Isolierschicht 20 angeordnet. Das bandförmige Isoliermaterial 16 ist dabei auf der, der Isolierschicht 20 abgewandten Seite des elektrischen Leiters 14, angeordnet. Die einzelnen Windungen der ersten Lage 18 sind um einen bestimmten Winkel 22 gegenüber der Wicklungsachse 12 geneigt. Außerdem ist jede Windung um einen bestimmten Betrag parallel zur Richtung der Wicklungsachse 12 gegenüber der vorherigen Windung versetzt angeordnet, derart, daß eine nächst folgende Windung eine teilweise Überlappung mit der vorherigen Windung aufweist.

[0017] Eine zweite Lage 24 von Windungen ist radial um die erste Lage 18 gewickelt. Der Lagenaufbau der zweiten Lage 24 entspricht im wesentlichen dem Lagenaufbau der ersten Lage 18, so daß auch hier der elek-

trische Leiter 14 und das Isolationsmaterial 16 in Form einer Anordnung von Windung an Windung nebeneinander mit teilweiser Überlappung ausgestaltet ist. Die Überlappung in der zweiten Lage 24 ist so gewählt, daß ein Anstellwinkel 26 der zweiten Lage 24 dem Betrag nach dem bestimmten Winkel 22 entspricht, jedoch mit einer negativen Winkelorientierung. Das heißt, mathematisch gesehen entspricht der Anstellwinkel 26 einem Winkel von 180° abzüglich des bestimmten Winkels 22, sofern die Wicklungsachse 12 als Nullwinkel angesehen wird.

[0018] Die Fig. 2 zeigt in einer Draufsicht auf einen Ausschnitt eines Transformator-kerns 30 mit der Kernachse 32 sowie einem Leiterband 34 mit der Bandbreite 46. Es ist nur eine einzige Windung des Leiterbands 34 teilweise dargestellt. Die Richtung, in der das Aufwickeln der Windung erfolgen soll, ist durch einen Pfeil 36 angedeutet. Mit dem Pfeil 36 soll auch diejenige Lage bestimmt sein, die zeitlich gesehen vor einer nächst folgenden Lage um den Transformator-kern 30 gewickelt werden soll und demgemäß an der Faltung 38 endet. Mit enden ist hier nur gemeint, daß diese Lage an dieser axialen Stelle endet. Es kann nämlich ohne weiteres sein, daß eine radial benachbarte Lage, die weiter innen um den Transformator-kern 30 angeordnet ist, nicht an dieser axialen Stelle endet, sondern einen längeren Axialbereich des Transformator-kerns 30 überdeckt. In diesem Fall muß man beim Wickeln darauf achten, daß die Stromrichtung stimmt und sich die elektromagnetische Wirkung der einzelnen Lagen beziehungsweise Windungen nicht gegenseitig aufheben.

[0019] Der soeben beschriebene Bereich des Leiterbandes 34 weist einen Wicklungswinkel 40 mit der Kernachse 32 auf. Der Wicklungswinkel 40 soll in diesem Beispiel der charakteristische Winkel dieses Transformator-kerns 30 sein. Der charakteristische Winkel ist abhängig von der Bandbreite 46 des Leiterbandes 34 sowie von dem Durchmesser der Windung und demgemäß direkt abhängig von der Geometrie des Transformator-kerns 30. Wird der charakteristische Winkel als Wicklungswinkel 40 gewählt, ist sichergestellt, daß jede Windung die auf den Transformator-kern 30 gewickelt wird, parallel zu ihrer vorherigen Windung angeordnet ist.

[0020] Typische Bandbreiten 46 für ein Leiterband 34 liegen zwischen 20 mm und 150 mm, während typische Banddicke für das Leiterband bei ca. 0,1 mm bis ca. 1 mm. Dabei sind die Paarungen von Bandbreite und Banddicke nicht zwangsläufig eindeutig. Vielmehr kann ein Leiterband mit einer Bandbreite von 100 mm je nach Beanspruchung sowohl mit einer Banddicke von 1 mm, als auch mit einer Banddicke von 0,1 mm ausgestaltet sein. Genauso kann bei einer Bandbreite von 20 mm die Banddicke 0,1 mm, 0,5 mm oder 1 mm betragen. Es ist auch innerhalb des Erfindungsgedankens, jede andere Kombination von Breiten und Dicken zu wählen. Auch bei anderen Paarungen sind die erfindungsgemäßen Vorteile erzielbar.

[0021] An einer bestimmten Stelle, die hier durch eine gestrichelte Linie 44 angedeutet ist, soll die axiale Wicklungsrichtung des Leiterbandes 34 gewechselt werden. Dies erfolgt durch Falten des elektrischen Leiterbandes 34 und einer Isolierfolie, die dem Leiterband 34 zugeordnet ist, in dieser Ansicht jedoch nicht näher dargestellt ist. Die Faltung erfolgt über der gesamten Breite des Leiterbandes 34 entlang einer geraden Linie, die axial deckungsgleich mit der gestrichelten Linie 44 ist. Zudem hat die Faltung 38 einen Faltungswinkel von ungefähr 180°, so daß die ursprünglich radial äußere Seite des Leiterbandes 34 nach der Faltung die radial innere Seite, das heißt, die zum Transformatorenkern 30 weisende Seite des Leiterbandes 34 ist. Der Gesamtwinkel 42 zwischen der Längsrichtung des Leiterbandes 34 vor der Faltung 38 und der Längsrichtung des Leiterbandes 34 nach der Faltung 38, entspricht genau dem doppelten Faltungswinkel 40. Die Stelle der Faltung 38 ist damit sowohl Ende einer bestimmten Lage, als auch Anfang einer nächst folgenden Lage von Windungen. Die Änderung der Wicklungsrichtung erfolgt im Gegensatz zu den bisher üblichen Wicklungen, diskontinuierlich an der Faltungsstelle. Die Faltung 38 selbst stellt für das Material des Leiterbandes 34 erfahrungsgemäß keine unzulässige Materialbeanspruchung dar.

[0022] Es ist aber auch möglich zum Beispiel eine Leiterfolie und eine Isolationsfolie separat in der eingangs beschriebenen Weise zu falten, insbesondere indem die Isolationsfolie in Umfangsrichtung unmittelbar neben der Leiterfolie gefaltet wird. Auf diese Weise ist die unterhalb bzw. oberhalb der Leiterfolie liegende Isolations-schicht auch nach dem Faltprozess wieder unterhalb bzw. oberhalb des Leiters der nächsten Lage angeordnet.

Bezugszeichenliste

[0023]

10	Wicklungskern
12	Wicklungsachse
14	elektrischer Leiter
16	Isolationsmaterial
18	erste Lage
20	Isolierschicht
22	bestimmter Winkel
24	zweite Lage
26	Anstellwinkel
30	Transformatorkern
32	Kernachse
34	Leiterband
36	Pfeil
38	Faltung
40	Wicklungswinkel
42	Gesamtwinkel
44	gestrichelte Linie
46	Bandbreite

Patentansprüche

1. Wicklung für einen Transformator oder eine Spule mit einem bandförmigen elektrischen Leiter (14) und mit wenigstens einer bandförmigen Isolationsmaterialschicht (16), welche auf den elektrischen Leiter (14) aufgebracht oder als Bandmaterial auf den Leiter aufgelegt ist, welche, nämlich der elektrische Leiter (14) und die wenigstens eine bandförmige Isoliermaterialschicht (16), zu Windungen um einen Wicklungskern (10) entlang einer Wicklungsachse (12) gewickelt sind, wobei die einzelnen Windungen der Wicklung einen vorgegebenen Wicklungswinkel (40) gegenüber der Wicklungsachse (12) des Wicklungskerns (10) aufweisen, wobei mehrere axial nebeneinander liegende Windungen eine Lage bilden, und wobei wenigstens zwei radial benachbarte Lagen (18, 24) von Windungen vorhanden sind, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine erste Lage (18) von Windungen einer zweiten Lage (24) radial benachbart ist, die durch Veränderung der Wicklungsrichtung durch Falten des elektrischen Leiters (14) und der wenigstens einen bandförmigen Isoliermaterialschicht erzeugbar ist, und daß der durch die Faltung (38) entstandene Gesamtwinkel (42) zwischen der Längsrichtung des bandförmigen Isoliermaterials (16) der ersten Lage (18) und der entsprechenden Richtung der zweiten Lage (24) dem doppelten Faltungswinkel (40) entspricht.
2. Wicklung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen der ersten Lage (18) und der zweiten Lage (24) eine Isolierschicht (20) zwischengefügt ist.
3. Wicklung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Faltung (38) an einem axialen Ende (44) einer Lage (18, 24) angeordnet ist.
4. Wicklung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Wicklungswinkel (40) der charakteristische Wicklungswinkel ist, der in Abhängigkeit von der Bandbreite (46) des elektrischen Leiters (14) und dem Durchmesser der Windungen der betreffenden Lage (18, 24) gewählt ist.
5. Wicklung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Faltung (38) einen Faltungswinkel von ungefähr 180° aufweist.
6. Wicklung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine der bandförmigen Isoliermaterialschichten (16) in den Innenbereich der Faltung (38), im Nahbereich des Faltungsgrundes beginnend, eingebracht ist, und daß

diese Isoliermaterialschiicht (16) von dieser Stelle an auf den elektrischen Leiter (14) aufgelegt oder als bandförmiges Isoliermaterial (16) auf den Leiter aufgebracht ist.

5

7. Wicklung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der charakteristische Wicklungswinkel kleiner als 85° ist.

8. Wicklung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die wenigstens eine Isoliermaterialschiicht (16) an einer anderen Stelle auf dem Umfang einer bestimmten Windung gefaltet ist als der elektrische Leiter (14).

10
15

20

25

30

35

40

45

50

55

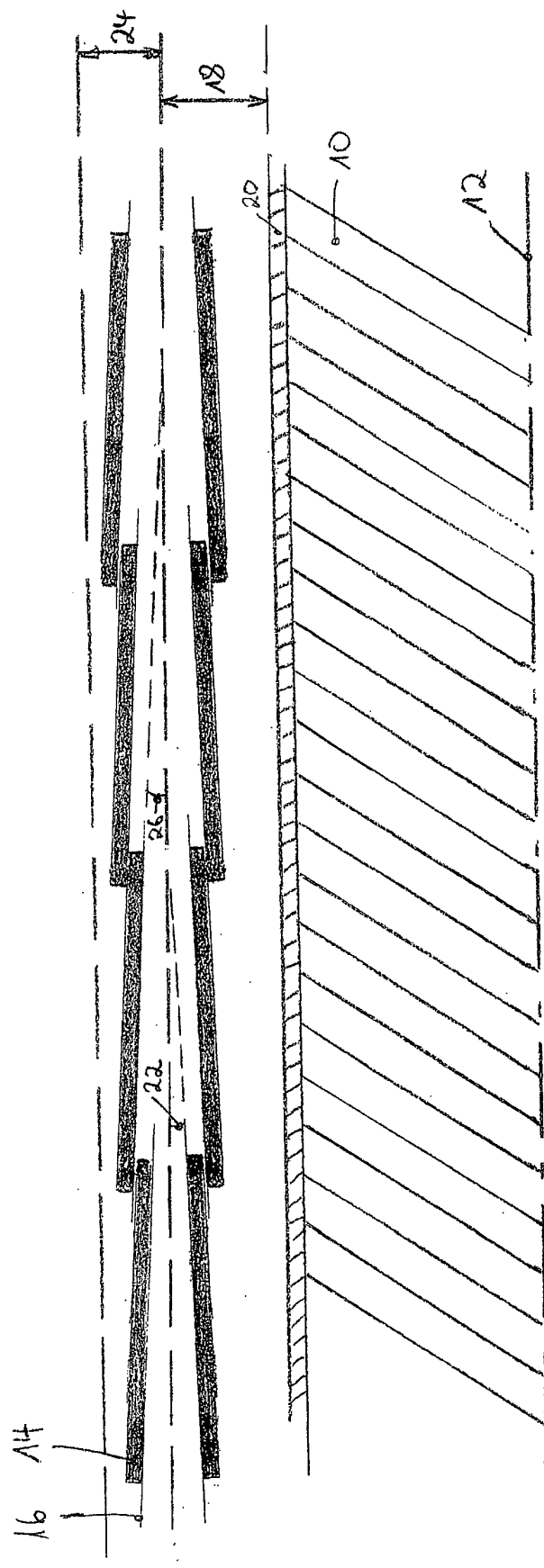


Fig. 1

