

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 315 183 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.05.2003 Patentblatt 2003/22

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

(21) Anmeldenummer: 02024178.2

(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

- Zillmann, Karl
34431 Marsberg (DE)
- Lanoue, Thomas, J.
Cary, NC 25711 (US)
- Buss, Hans-Jürgen
59929 Brilon (DE)
- Younger, Harald
Halifax, VA 24558 (US)

(30) Priorität: 23.11.2001 DE 10157591

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

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

(72) Erfinder:
• Weber, Benjamin, Dipl.-Ing.
59955 Winterberg (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 einer Isoliermaterialschicht (16) aus bandförmigen Isolationsmaterial, die gemeinsam zu Windungen um einen Wicklungskern gewickelt sind, wobei die einzelnen Windungen der Wicklung einen vorgegebenen Wicklungswinkel (20, 24) gegenüber der Wicklungsachse (12) des Wicklungskerns aufweisen und (10) zueinander mit teilweiser Überlap-

pung angeordnet sind, und wobei zwischen zwei radial benachbarten Lagen von Windungen eine Isolierschicht zwischengefügt ist. Zudem ist die Dicke der Isolierschicht örtlich an die dort ermittelte Spannungsdifferenz angepaßt. Außerdem ist die Dicke der Isolierschicht örtlich der dort ermittelten Methode A + B in Reihenfolge vertauschten Dicke Spannungsdifferenz zwischen den zwei betreffenden radial benachbarten Lagen an der betreffenden axialen Stelle angepaßt.

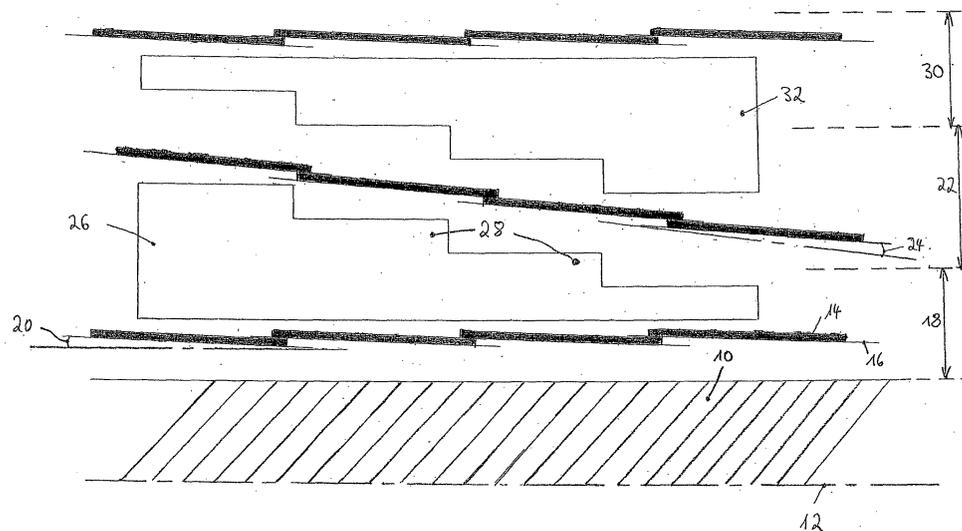


Fig. 1

EP 1 315 183 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Wicklung für einen Transformator oder eine Spule mit einem bandförmigen elektrischen Leiter und mit einer Isoliermaterialschicht aus bandförmigen Isolationsmaterial, die gemeinsam zu Windungen um einen Wicklungskern gewickelt sind, wobei die einzelnen Windungen der Wicklung einen vorgegebenen Wicklungswinkel gegenüber der Wicklungsachse des Wicklungskerns aufweisen und zueinander mit teilweiser Überlappung angeordnet sind, und wobei zwischen zwei radial benachbarten Lagen von Windungen eine Isolierschicht zwischengefügt ist.

[0002] Bei derartigen, allgemein bekannten Wicklungen werden die Windungen üblicherweise in axialer Richtung dicht nebeneinander liegend gewickelt und wenigstens eine Lage von Windungen gebildet.

[0003] Häufig werden aber auch mehrere Lagen radial aneinander gefügt und bilden einen mehrlagigen Transformator oder eine mehrlagige Spule. Im Falle von mehreren Lagen von Windungen ist häufig zwischen zwei benachbarten Lagen jeweils eine Isolierschicht ein- beziehungsweise zwischengefügt. Diese Isolierschicht verhindert Spannungsüberschläge zwischen den Lagen und ist demgemäß auf die größte vorkommende Spannungsdifferenz zwischen zwei Lagen ausgelegt.

[0004] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine Wicklung für einen Transformator oder eine Spule anzugeben, bei der Isolationsmater eingespart werden kann und bei der zugleich eine ausreichende Spannungsfestigkeit erreicht wird, insbesondere eine gute Stoßspannungsfestigkeit zwischen zwei radial benachbarten Lagen von Windungen.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Wicklung für einen Transformator oder eine Spule mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen.

[0006] Demgemäß ist der erfindungsgemäße Gegenstand dadurch gekennzeichnet, daß die örtliche Spannungsdifferenzen beziehungsweise ein Spannungsdifferenzenverlauf zwischen den zwei betreffenden radial benachbarten Lagen in Richtung der Wicklungsachse ermittelt ist und daß die Dicke der Isolierschicht örtlich jeweils an die dort ermittelte Spannungsdifferenz angepaßt ist. Die Isolierschicht ist also nicht gemäß dem bisher bekannten Stand der Technik mit einer gleichgroßen Schichtdicke ausgestaltet, sondern die Dicke ist auf die Spannungsdifferenz zwischen den betreffenden radial benachbarten Reihen angepaßt. Dementsprechend kann an den axialen Stellen, an denen die Spannungsdifferenz vergleichsweise gering ist, Isolationsmaterial eingespart werden. Zudem wird hiermit erreicht, daß der Transformator bzw. die Spule insgesamt eine vergleichsweise bessere Stoßspannungsfestigkeit zwischen den Lagen aufweist.

[0007] Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Erfindungsgegenstands besteht darin, daß bei der Anord-

nung zweier radial benachbarter Isolierschichten die rechnerische Gesamtdicke dieser zwei Isolierschichten an jeder axialen Stelle in etwa die gleiche Dicke aufweist. Mit dieser Ausgestaltung wird vorteilhafterweise erreicht, daß die durch die unterschiedlichen Isolierschichtdicken resultierenden verschiedenen Außendurchmesser einer Lage durch das erfindungsgemäße Profil einer weiteren Isolierschicht zwischen der Lage und einer nächst folgenden Lage wieder ausgeglichen ist und derart ein insgesamt einheitlicher Außendurchmesser des Transformators bzw. der Spule erreicht ist.

[0008] Eine günstige Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Gegenstandes sieht vor, daß die Dickenänderung der Isolierschicht in axialer Richtung kontinuierlich ausgestaltet ist. Auf diese Weise entsteht in etwa ein keilförmiges Profil der Isolierschicht, für den Fall, daß das Schnittbild durch die Wicklungsachse betrachtet wird. Es ist aber ohne weiteres denkbar, daß ein im Schnittbild sägezahnförmiges oder wolliges Profil vorgesehen ist, beispielsweise dann, wenn zwei Spulen direkt nebeneinander angeordnet sind.

[0009] Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn die Dickenänderung der Isolierschicht in axialer Richtung stufenförmig ausgestaltet ist. Das heißt in axialer Richtung betrachtet, ändert sich die Dicke der Isolierschicht sprunghaft in Stufen, also diskontinuierlich, ohne das dies für die Spannungsfestigkeit nachteilig ist. Zudem kann die Produktion der Isolierschicht bei dieser Ausgestaltung wesentlich einfacher erfolgen und das üblicherweise bandförmige Isoliermaterial Lage für Lage zu der Isolierschicht gewickelt werden.

[0010] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0011] Anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels sollen die Erfindung, eine vorteilhafte Ausgestaltung und Verbesserungen der Erfindung, sowie besondere Vorteile der Erfindung näher erläutert und beschrieben werden.

[0012] Es zeigen:

Fig. 1 eine Transformatorwicklung mit drei Lagen und

Fig. 2 zwei sich gegenüberliegende Isolierschichten.

[0013] In Fig. 1 ist eine dreilagige Wicklung eines Transformators teilweise 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 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.

[0014] Als erste Lage 18 von Windungen soll diejeni-

ge Lage bezeichnet sein, die direkt um den Wicklungskern 10 gewickelt ist. Das bandförmige Isolationsmaterial 16 ist dabei derart angeordnet, daß es zwischen dem Wicklungskern 10 und dem Leiter 14 liegt. Die einzelnen Windungen der ersten Lage 18 sind um einen bestimmten Winkel 20 gegenüber der Wicklungsachse 12 geneigt. Außerdem ist jede Windung um einen bestimmten Betrag parallel zur Richtung der Wicklungsachse 12 gegenüber der vorherigen Wicklung versetzt angeordnet, derart daß eine nächst folgende Wicklung eine teilweise Überlappung mit der vorherigen Windung aufweist. Eine zweite Lage 22 von Windungen ist radial um die erste Lage 18 gewickelt. Der Wicklungsaufbau der zweiten Lage 22 entspricht im wesentlichen dem Wicklungsaufbau der ersten Lage 18, so daß auch hier der elektrische Leiter 14 und das Isolationsmaterial 16 in Form einer Anordnung Windung an Windung nebeneinander mit teilweiser Überlappung ausgestaltet sind. Die axiale Orientierung der Überlappungen der ersten Lage 18 bzw. der zweiten Lage 22 ist so gewählt, daß sie an der gleichen axialen Stelle der Wicklungsachse 12 zu liegen kommen. Die Art der Überlappung in der zweiten Lage 22 ist so gewählt, daß ein Wicklungswinkel 24 der zweiten Lage 22 dem Betrag des bestimmten Winkels 20 entspricht, jedoch mit einer negativen Winkelorientierung. Das heißt mathematisch gesehen entspricht der Wicklungswinkel 24 einem Winkel von 180° abzüglich des bestimmten Winkels 20, sofern die Wicklungsachse 12 als Nullwinkel angesehen wird.

[0015] Zwischen der zweiten Lage 22 und der ersten Lage 18 ist eine erste Isolationsschicht 26 angeordnet, die in dieser Ansicht in etwa ein keilförmiges Schnittbild hat. Dabei ist die erste Ecke des Keils die den spitzen Winkel aufweist, an einem ersten Ende der Wicklungsachse 12 und die der ersten Ecke entgegengesetzt liegende breite Seite des Keils ist an einem zweiten Ende der Wicklungsachse 12 angeordnet. Durch das Zwischenfügen der ersten Isolierschicht 26 sind die beiden Lagen 18, 22 nicht exakt parallel zueinander, sondern bilden einen spitzen Winkel miteinander, der sich aus der Gestaltung der ersten Isolierschicht 26 ergibt. Die der zweiten Lage 22 zugewandte Seite der Isolierschicht 26 weist mehrere Stufen 28 auf. Die Breite einer derartigen Stufe entspricht in diesem Beispiel jeweils der dreifachen Breite des elektrischen Leiters 14. Der Vorteil einer derartig ausgestalteten ersten Isolierschicht 26 liegt darin, daß deren Herstellung in besonders einfacher Weise erfolgen kann.

[0016] Das Isoliermaterial zur Herstellung der ersten Isolierschicht 26 liegt üblicherweise ebenfalls bandförmig vor. Die Breite des zu verwendenden Isoliermaterials ist in allgemein bekannter Weise aus dessen Dicke, dem zu füllenden Querschnitt und der Windungszahl ermittelbar. In diesem Beispiel soll dann mit der Wicklung der ersten Isolierschicht 26 an dem ersten Ende der Wicklungsachse 12 und die erste Lage 18 begonnen werden. Das bandförmige Isoliermaterial kann jetzt in üblicher Weise zum Beispiel in der für die Windungen

beschriebene Weise, zwischen dem ersten und dem zweiten Ende der ersten Lage 18 um diese gewickelt werden, bis die gewünschte Isolierschichtdicke einer ersten Stufe der Stufen 28 erreicht ist. Sodann wird der Bereich der ersten Stufe nicht weiter umwickelt, sondern die Umwicklung mit bandförmigem Isoliermaterial lediglich im verbleibenden axialen Bereich der ersten Lage 18 gewickelt, bis die gewünschte Isolierschichtdicke einer zweiten Stufe der Stufen 28 erreicht ist. Derart kann Stufe um Stufe eine höhere Schichtdicke erzielt werden, bis die letzte und damit dickste Stufe erreicht ist.

[0017] Alternativ hierzu kann ein Isolationsmaterial einer bestimmten Breite mit einem vorgebbaren Vorschub kontinuierlich gewickelt werden. Es ist dabei nicht unbedingt notwendig, daß bei der ersten, das heißt dünnsten Stufe bereits eine geschlossene Schicht entsteht, d. h. der Vorschub kann größer sein als die Breite des zu wickelnden Materials, wenn die eingebrachte Windungsisolation bereits auch für die Isolation zwischen zwei Lagen ausreicht. Die Windungsisolation ist insbesondere die bandförmigen Isolationsmaterialschicht, welche auf den elektrischen Leiter aufgebracht oder als Bandmaterial oder als Folie auf den Leiter aufgelegt ist. Wird der Vorschub halbiert, ergibt sich eine Isolierschicht mit doppelter Dicke. Auf diese Weise kann ebenfalls eine stufenförmige Isolation erreicht werden, ohne daß der Isoliervorgang zwischenzeitlich unterbrochen werden muß.

[0018] In der Fig. 1 ist noch eine dritte Lage 30 gezeigt. Diese ist vergleichbar mit der ersten Lage 18 aufgebaut und schließt sich in radialer Richtung gesehen an die zweite Lage 22 an. Zwischen der dritten Lage 30 und der zweiten Lage 22 ist eine zweite Isolierschicht 32 angeordnet. Diese ist im wesentlichen wie die erste Isolierschicht 26 ausgestaltet. Jedoch weist die Ecke mit dem spitzen Winkel der keilförmigen zweiten Isolierschicht 32 zum anderen Ende der Wicklungsachse 12 als die erste Ecke der ersten Isolierschicht 26. Die Lage und die Ausgestaltung der ersten Isolierschicht 26 sowie der zweiten Isolierschicht 32 sind so gewählt, daß die radial äußere Seite der dritten Lage 30 genau parallel zur Wicklungsachse 12 zu liegen kommt. Das Prinzip einer Anordnung einer ersten Isolierschicht 26 sowie einer zweiten Isolierschicht 32 soll in der Fig. 2 näher erläutert werden.

[0019] Der hier gezeigte Wicklungsaufbau muß nicht zwangsläufig um einen Wicklungskern gewickelt sein. So ist ohne weiteres vorstellbar, daß die Wicklung um einen Dorn erfolgt, der nach der Herstellung der Wicklung entfernt wird. Ein derartiger, erfindungsgemäß vorgesehener Wicklungsaufbau wird besonders erfolgreich eingesetzt ab einer Transformator bzw. Spulenleistung von ca. 5kVA. Typische Werte für das bandförmige Leitermaterial 16 können beispielsweise Breiten von 20 mm bei einer Stärke von 0,1 mm oder Breiten von 150 mm mit einer Dicke von 1 mm sein.

[0020] Die Fig. 2 zeigt einen ersten Isolierkeil 40 dem

ein zweiter Isolierkeil 42 gegenüber liegt und die prinzipiell als erste 26 bzw. zweite Isolierschicht 32 eingesetzt werden könnten. In dieser Figur sollen jedoch nur der prinzipielle Aufbau und die Wirkung der Anordnung zweier Isolierkeile 40, 42 dargestellt werden. Insofern sind die Maße bzw. die Größenverhältnisse in dieser Figur nicht maßstäblich und auch nicht der Darstellung zu Fig. 1 vergleichbar.

[0021] Der zweite Isolierkeil 42 weist eine Basisseite 44 auf. An einem ersten Ende der Basisseite 44 soll eine erste Stufe 46 angeordnet sein, die eine erste Dicke 48 sowie eine Stufenlänge 50 aufweist. Der ersten Stufe 46 schließt sich eine zweite Stufe 52 an, die um die erste Dicke 48 gegenüber der ersten Stufe 46 versetzt ist, so daß die Dicke der zweiten Stufe 52 insgesamt zwei ersten Dicken 48 entspricht. Es folgen in gleicher Weise eine dritte Stufe 54 und eine vierte Stufe 56, welche die ersten beiden Stufen 46, 52 zu einer treppenartigen Gestalt ergänzen, wobei die dritte Stufe 54 eine Dicke von drei ersten Dicken 48 bzw. die vierte Stufe 56 eine Dicke von vier ersten Stufen 48 hat. Alle Stufenlängen der Stufen 46, 52, 54, 56 entsprechen der Stufenlänge 50. Die Stufenoberseiten, deren Längen als Stufenlängen 50 bezeichnet sind, sind jeweils parallel zur Basisseite 44 angeordnet.

[0022] Der erste Isolierkeil 40 entspricht in seinen Abmessungen und Aufbau exakt dem zweiten Isolierkeil 42. Das Schnittbild des ersten Isolierkeils 40 ist in dieser Ansicht jedoch um 180° gegenüber dem zweiten Isolierkeil 42 rotiert. Zudem ist der erste Isolierkeil 40 so positioniert, daß sich die jeweiligen stufenförmigen Seiten der Isolierkeile 40, 42 exakt gegenüberliegen und in einem bestimmten Abstand 58 parallel zueinander angeordnet sind.

[0023] In dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel könnte derart auf der Basisseite 44 die erste Lage 18, zwischen den Isolierkeilen 40, 42 die zweite Lage 22 sowie gegenüber der, der Basisseite 44 entsprechenden Basisseite des ersten Isolierkeils 40, die dritte Lage 30 angeordnet sein. Durch die Fig. 2 wird klar, daß die Basisseite 44 sowie die Seite 60 parallel zueinander liegen und demgemäß die diesen Seiten gegenüberliegenden Lagen von Wicklungen ebenfalls parallel zueinander zu liegen kommen.

Bezugszeichenliste

[0024]

10 Wicklungskern
12 Wicklungsachse
14 elektrischer Leiter
16 Isolationsmaterial
18 erste Lage
20 bestimmter Winkel
22 zweite Lage
24 Wicklungswinkel
26 erste Isolierschicht

28 Stufen
30 dritte Lage
32 zweite Isolierschicht
40 erster Isolierkeil
5 42 zweiter Isolierkeil
44 Basisseite
46 erste Stufe
48 erste Dicke
50 Stufenlänge
10 52 zweite Stufe
54 dritte Stufe
56 vierte Stufe
58 Abstand
60 Seite

Patentansprüche

1. Wicklung für einen Transformator oder eine Spule mit einem bandförmigen elektrischen Leiter (14) und mit einer Isoliermaterialschicht (16) aus bandförmigen Isolationsmaterial, die gemeinsam zu Windungen um einen Wicklungskern (10) gewickelt sind, wobei die einzelnen Windungen der Wicklung einen vorgegebenen Wicklungswinkel (20, 24) gegenüber der Wicklungsachse (12) des Wicklungskerns aufweisen und (10) zueinander mit teilweiser Überlappung angeordnet sind, und wobei zwischen zwei radial benachbarten Lagen (18, 22) von Windungen eine Isolierschicht (26) zwischengefügt ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** örtliche Spannungsdifferenzen beziehungsweise ein Spannungsdifferenzenverlauf zwischen den zwei betreffenden radial benachbarten Lagen (18, 22) in Richtung der Wicklungsachse (12) ermittelt sind beziehungsweise ist, und daß die Dicke der Isolierschicht (26) örtlich jeweils an die ermittelte Spannungsdifferenz angepaßt ist.
2. Wicklung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch die Anordnung zweier radial benachbarter Isolierschichten (26, 32) die rechnerische Gesamtdicke dieser zwei Isolierschichten (26, 32) an jeder axialen Stelle in etwa eine gleiche Dicke aufweist.
3. Wicklung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Isolierschichten (26, 32) in axialer Richtung gesehen, gegeneinander versetzt angeordnet sind.
4. Wicklung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Dickenänderung der Isolierschicht (26, 32) in axialer Richtung stufenförmig ausgestaltet ist.
5. Wicklung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Dickenän-

derung der Isolierschicht (26, 32) in axialer Richtung kontinuierlich ausgestaltet ist.

6. Wicklung nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der elektrische Leiter (14) vor dem Wickeln der Windungen bereits mit einer Isoliermaterialschi- 5
cht (16) aus bandförmigen Isolationsmaterial verbunden ist oder durch eine Isolierlackbeschichtung versehen ist. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

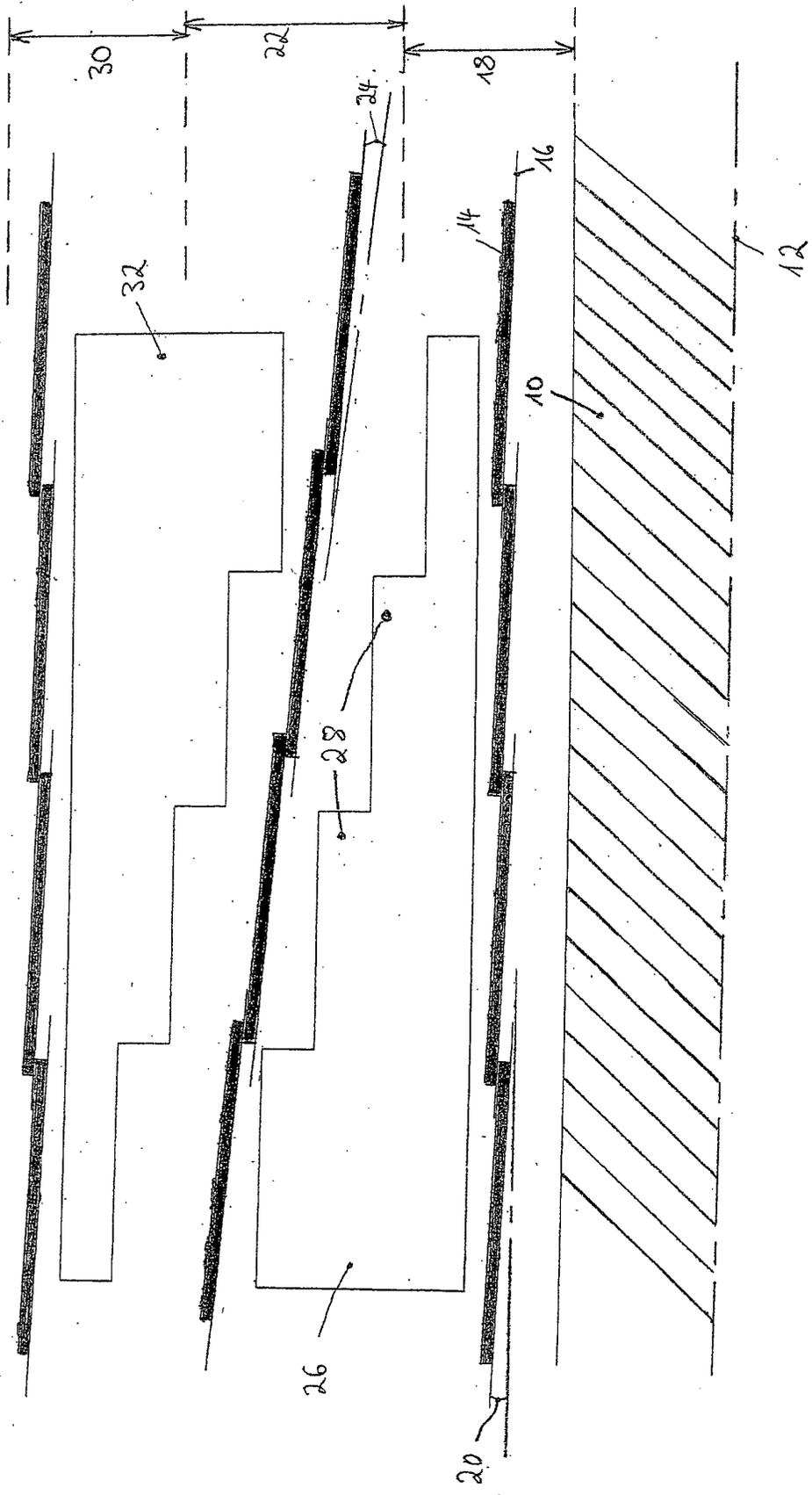


Fig. 1

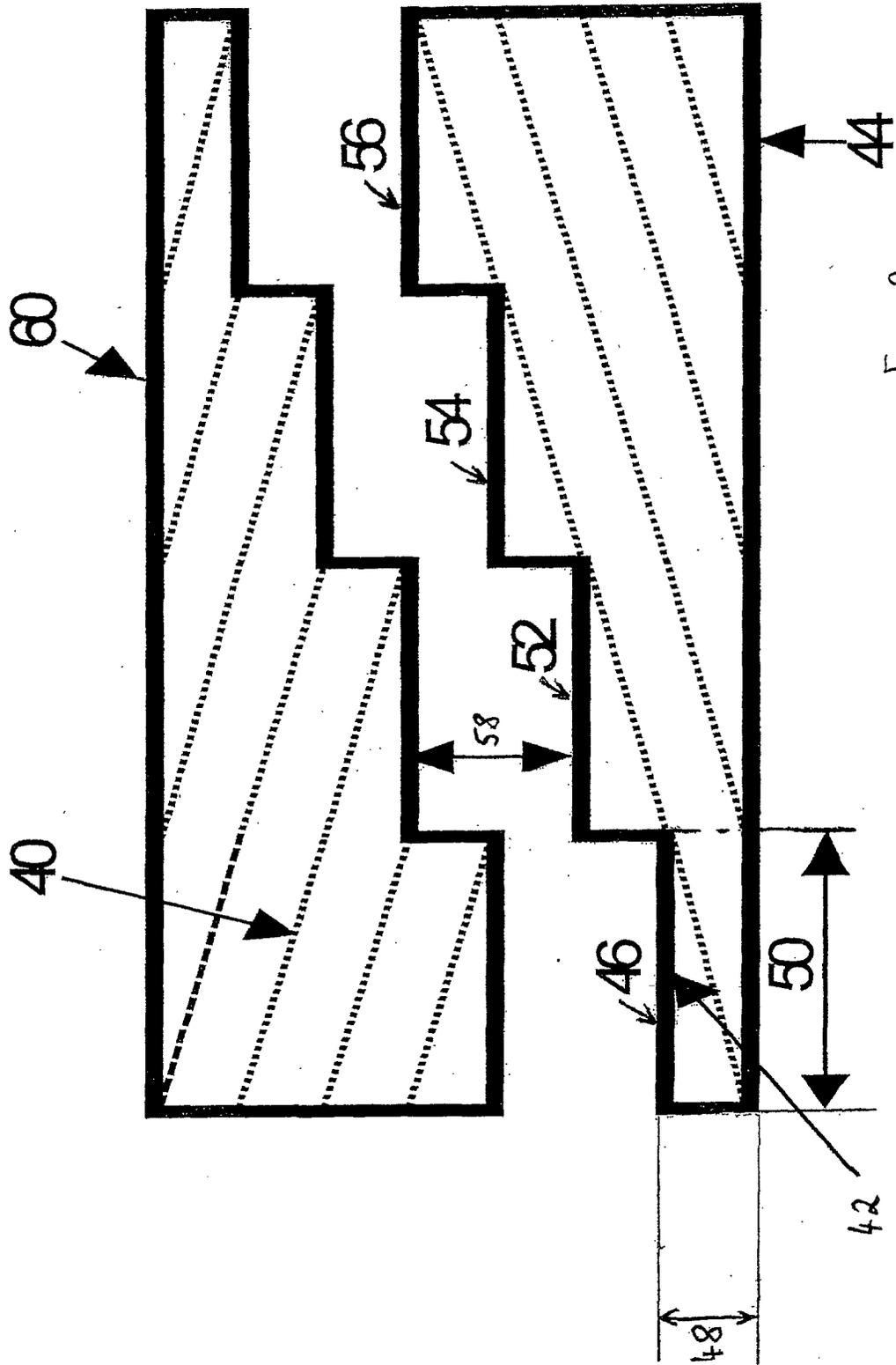


Fig. 2