

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01F 7/06 (2006.01)

H01F 27/30 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480016856.2

[43] 公开日 2006 年 11 月 15 日

[11] 公开号 CN 1864236A

[22] 申请日 2004.6.21

[21] 申请号 200480016856.2

[30] 优先权

[32] 2003.6.19 [33] US [31] 10/600,676

[86] 国际申请 PCT/US2004/019830 2004.6.21

[87] 国际公布 WO2004/114507 英 2004.12.29

[85] 进入国家阶段日期 2005.12.16

[71] 申请人 ABB 技术公开股份有限公司

地址 瑞士苏黎士

[72] 发明人 哈罗德·R·扬格

埃伊尔·斯特莱肯 约翰·沃勒鲁德

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

代理人 关兆辉 谷惠敏

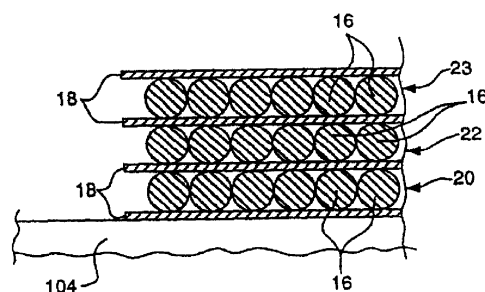
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 7 页

[54] 发明名称

三相变压器

[57] 摘要

一种三相变压器的优选实施例，包括第一、第二和第三绕线柱，以及分别位于第一、第二和第三绕线柱周围的第一、第二和第三绕组，所述第一、第二和第三绕组各自包括卷绕成多个重叠层的导电体、以及位于各个重叠层之间的不带有端填充物的绝缘材料，所述各重叠层中的每一层都由所述导电体的多个相邻的线匝形成端填充物。所述导电体在第一和第二重叠层之间具有过渡部分，所述过渡部分是下列的其中之一：弯曲部分，以便在导电体中形成偏折，以及被固定至所述多个相邻线匝中的至少一个上。



1. 一种用于形成三相变压器绕组的方法，包括：

将导体卷绕成并排关系的多个第一线匝以形成第一层线匝；

以不带端填充物的绝缘材料层覆盖所述第一层线匝的至少一部分；

将所述导体卷绕成并排关系的多个第二线匝以形成第二层线匝，所述第二层线匝覆盖在所述第一层线匝和所述绝缘材料层之上；
以及

进行下述处理的至少一个：

弯曲所述导体，以在位于第一层线匝和第二层线匝之间的导体的过渡部分处的导体中形成偏折，以及，将所述导体中的过渡部分固定至所述多个第一线匝中的至少一个上，其中所述导体是下列的其中之一：

在三相变压器磁芯的绕线柱上卷绕成的多个第一和第二线匝；以及

在芯轴上卷绕成所述多个第一和第二线匝，并且随后安装在绕线柱上。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中将导体中的所述过渡部分固定至所述多个第一线匝中的至少一个上包括，粘接地将所述导体中的所述过渡部分连接到所述多个第一线匝中的至少一个上。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中将导体中的所述过渡部分固定至所述多个第一线匝中的至少一个上包括，将导体中的过渡部分系在多个第一线匝的至少一个上。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，进一步包括对所述导体进行平直处理。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，其中弯曲所述导体、以在位于第一层线匝和第二层线匝之间的导体的过渡部分处的导体中形成偏折的步骤包括，相对于第一层线匝向上地并且横向地弯曲所述导体，以使得多个第二线匝的第一匝覆盖在第一层线匝的一部分上。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其中弯曲所述导体、以在位于第一层线匝和第二层线匝之间的导体的过渡部分处的导体中形成偏折的步骤包括，弯曲所述导体以使得所述多个第一线匝的最后一匝的末端偏离所述多个第二线匝的第一匝的开始部分。

7. 根据权利要求 1 所述的方法，其中以不带端填充物的绝缘材料层覆盖所述第一层线匝的至少一部分包括：围绕所述第一层线匝放置不带有端填充物的绝缘片。

8. 根据权利要求 1 所述的方法，其中以不带端填充物的绝缘材料层覆盖所述第一层线匝的至少一部分包括：用由纸形成的绝缘材料覆盖所述第一层线匝的至少一部分。

9. 根据权利要求 1 所述的方法，进一步包括在所述绝缘材料层上熔化并固化粘合剂。

10. 一种用于形成三相变压器的变压器绕组的方法，包括：
将导体卷绕成并排关系的多个第一线匝以形成第一层线匝；
相对于第一层线匝向上并且横向地弯曲所述导体的第一部分，
以使得紧接着导体的所述第一部分的导体的第二部分覆盖在所述第一层线匝之上；以及

随后，将所述导体卷绕成并排关系的多个第二线匝以形成第二层线匝，其中所述导体是下列的其中之一：

在三相变压器磁芯的绕线柱上卷绕成所述多个第一和第二线匝；
以及

在芯轴上卷绕成所述多个第一和第二线匝，并且随后安装在绕线柱上。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，进一步包括以不带端填充物的绝缘材料覆盖所述第一层线匝。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，其中以不带端填充物的绝缘材料覆盖所述第一层线匝包括：用由纸形成的绝缘材料片覆盖所述第一层线匝。

13. 根据权利要求 11 所述的方法，其中随后将导电体卷绕成并排关系的多个第二线匝以形成第二层线匝的步骤包括，卷绕所述导电体以使得第二层线匝覆盖在所述第一层线匝和所述绝缘材料之上。

14. 根据权利要求 10 所述的方法，进一步包括将所述导电体的所述第一部分固定至所述第一层线匝上。

15. 根据权利要求 14 所述的方法，其中将所述导电体的所述第一部分固定至所述第一层线匝上包括以下步骤中的至少一个：将所述导电体的所述第一部分粘合地与所述第一层线匝连接在一起，以及将所述导电体的所述第一部分系在所述第一层线匝上。

16. 根据权利要求 10 所述的方法，进一步包括对所述导电体进行平直处理。

17. 一种三相变压器，包括第一、第二和第三绕线柱，以及分别位于第一、第二和第三绕线柱周围的第一、第二和第三绕组，所述第一、第二和第三绕组各自包括卷绕成多个重叠层的导电体、以及位于各个重叠层之间的不带有端填充物的绝缘材料，所述各重叠层中的每一个都由所述导电体的多个相邻的线匝端填充物形成，其中导电体在

第一和第二重叠层之间具有过渡部分，以及所述过渡部分是下列的其中之一，（i）在所述导电体中形成偏折的弯曲部分，以及（ii）被固定至所述多个相邻线匝中的至少一个上。

18. 根据权利要求 17 所述的变压器，其中所述过渡部分是通过粘接被固定至所述多个相邻的线匝中的至少一个上。

19. 根据权利要求 17 所述的变压器，其中通过将所述过渡部分系在所述多个相邻的线匝中的至少一个上，而将所述过渡部分固定至所述多个相邻线匝中的至少一个上。

20. 根据权利要求 17 所述的变压器，其中所述导电体是平直的。

21. 根据权利要求 17 所述的变压器，其中将过渡部分相对于所述第一覆盖层向上并且横向地弯曲，以使得在所述第二覆盖层中相邻线匝中的第一匝覆盖在所述第一覆盖层的一部分上。

22. 根据权利要求 17 所述的变压器，其中所述第一覆盖层中的多个相邻的线匝的最后一匝偏离所述第二覆盖层中多个相邻线匝中的第一个的开始部分。

23. 根据权利要求 17 所述的变压器，进一步包括分别位于第一、第二和第三绕线柱周围的第四、第五以及第六绕组。

三相变压器

技术领域

本发明通常涉及用于变换电压的变压器，更具体地涉及三相变压器。

背景技术

三相变压器通常包括磁芯和三组高低电压绕组（线圈）。各组高低电压绕组安装在所述磁芯的对应的绕线柱（winding leg）上。

所述绕组通常是通过在连续的基体上卷绕例如铜线或铝线的导电体而构成的。导电体可以围绕芯轴卷绕或直接卷绕在变压器的相关绕线柱上。将导电体卷绕成并排关系的多个线匝，以便形成第一层线匝。随后在第一层线匝的周围放置第一层绝缘材料。在第一层绝缘材料上将导电体卷绕成多个第二线匝，由此形成第二层线匝。

随后在第二层线匝上放置第二层绝缘材料。然后，在第二绝缘层上将导电体卷绕成多个第三线匝，由此形成第三层线匝。可以重复上述步骤直到形成了预定数量的线匝层数。

绝缘材料通常形成为片状或连续的条状。绝缘材料通常包括端填充物，例如，以粘接或其他方式固定到所述片状或条状相对端的填充材料。例如，图 8 示出了使用常规技术形成的变压器绕组 99 的一部分。变压器绕组 99 包括各个包含端填充物 101 的绝缘材料片 100，以及按各层 108 卷绕的导电体 106，所述每个层 108 以导电体 106 的多个线匝构成。

端填充物被认为可以增加变压器绕组的抗短路能力，并且由此可

以减少发生短路故障的可能性。端填充物还可以抑制各层最外面的线匝与其相邻线匝相分离的趋势，以及可以防止从它们各自所在的层向下脱落的趋势。换句话说，端填充物可以具有约束效果，抵消最外侧线匝向外移动、远离它们分别所处的层中的其他线匝的趋向。

与使用不带有端填充物的绝缘材料的情况下形成的绕组相比，端填充物的应用增加了绝缘材料的成本（以及变压器绕组的总成本），增加了需要存贮绝缘材料所需的空间，以及对变压器绕组的工艺性有不利的影响。此外，应用端填充物使得绕组加工难以自动化。由于此类变压器相关的千伏安额定值都相对较高（50 千伏安以及更高），因此直到最近，才被认为在三相变压器中通常都必须使用带有端填充物的绝缘材料。同样，正如以上所描述的，使用带有端填充物绝缘材料通常被认为是一种必要的技术手段，用于防止变压器绕组最外侧线圈与其相邻线圈相分离的趋势、和用于抑制从它们所在的层脱落的趋势。

发明内容

一种三相变压器的优选实施例包括第一、第二和第三绕线柱，以及分别位于第一、第二、和第三绕线柱周围的第一、第二、和第三绕组。第一、第二和第三绕组各自包括卷绕成多个重叠层的导体、以及位于各个重叠层之间不带端填充物的绝缘材料，其中所述各个重叠层是由导体的多个相邻的线匝形成的。导体具有形成在第一和第二重叠层之间的过渡部分。所述过渡部分是下列的其中之一：在导体中形成偏折的弯曲部分，以及被固定到相邻的多个线匝中的至少一个上。

一种用于形成变压器绕组的优选方法，包括：将导体卷绕成并排关系的多个第一线匝以形成第一层线匝，以不带有端填充物的绝缘材料层覆盖第一层线匝的至少一部分，将导体卷绕成并排关系的多个第二线匝以形成第二层线匝，所述第二层线匝覆盖第一层线匝和绝

缘层。所述优选方法还包括：下述至少其中之一的步骤：弯曲导体，用于在第一层线匝和第二层线匝之间的导体中的过渡部分的导体中形成偏折；以及将所述导体中的过渡部分固定到多个第一线匝中的至少一个上。将导体按下述方式之一进行卷绕：在三相变压器磁芯的绕线柱上卷绕成的多个第一和第二线匝，或在芯轴上卷绕成多个第一和第二线匝、并且随后安装在绕线柱上。

另一个用于形成变压器绕组的优选的方法，包括：将导体卷绕成并排关系的多个第一线匝以形成第一层线匝，并且相对于第一层线匝向上并且横向地弯曲导体的第一部分，以使得紧接着导体的第一部分的导体的第二部分覆盖第一层线匝。所述优选的方法还包括，随后将导体卷绕成并排关系的多个第二线匝以形成第二层线匝。将导体按下述方式之一进行卷绕：在三相变压器磁芯的绕线柱上卷绕成多个第一和第二线匝；或者是在芯轴上卷绕成多个第一和第二线匝，并且随后被安装在绕线柱上。

附图说明

连同附图一起阅读上述简介以及下述详细说明，可以更好的理解本发明。为了说明本发明，附图示出了当前的优选实施例。然而，本发明不限于附图中所公开的特定的方式。附图中：

图 1 是三相变压器优选实施例的侧视图；

图 2 示出在图 1 中的变压器的绕组的侧视图；

图 3 示出了在图 2 中正在卷绕绕组的第二层线匝的侧视图，并且剖面地示出了绕组的绝缘材料片以显示绕组的第一层线匝；

图 4 示出了图 3 中标记为“A”的区域的放大视图，该透视图是图 3 的透视图旋转 90 度的得到的；

图 5 示出了图 2 至 4 中绕组沿着图 2 中线"B-B"的剖视图；

图 6 示出了图 3 中第一层线匝的侧视图，示出了用于将图 3 中的第一和第二层线匝之间的过渡部分固定到第一层线匝的机械连接；

图 7 示出了图 3 和图 6 中第一层线匝和过渡部分的侧视图，以及

安装在过渡部分和第一层线匝上的用于将过渡部分固定至第一层线匝的带状物；以及

图 8 示出了应用传统技术形成的变压器绕组的剖视图，变压器绕组包括带有端填充物的绝缘材料。

具体实施方式

图 1 示出了三相变压器 100 的优选实施例。变压器 100 包括常规的叠片式磁芯 102。磁芯 102 由例如织构化的（textured）硅钢或非晶质合金等的适当的磁性材料组成。磁芯 102 包括第一绕线柱 104、第二绕线柱 106 以及第三绕线柱 108。磁芯 102 还包括上磁轭 110 和下磁轭 112。通过使用例如恰当的粘合剂，将第一、第二和第三绕线柱 104、106、108 中每一个的对接端与上磁轭和下磁轭（110，112）固定连接在一起。

围绕每个第一、第二和第三绕线柱 104、106、108 配置原边绕组 10。同样地，围绕每个第一、第二和第三绕线柱 104、106、108 配置副边绕组 11。如变压器制造和设计领域技术人员所公知的，原边绕组 10 可以电气地连接为“三角形”结构。取决于变压器 100 电压的需求条件，副边绕组 11 可以电气地连接成“三角形”或“星型”结构。（为了简明起见，图 1 中没有示出原边绕组 10 和副边绕组 11 之间的电气连接关系。）

原边绕组 10 可以电气地连接到三相电源（未示出）。副边绕组 11 可以电气地连接到负载（未示出）。当原边绕组 10 受到负载激励时，原边和副边绕组 10,11 通过磁芯 102 感应地耦合。更具体地，通过原边绕组 10 的交流电压在磁芯 102 中建立起交变的磁通。该磁通通过副边绕组 11（以及连接在其上的负载）感生出交变电压。

对于理解本发明来说，由于变压器 100 的附加的构造单元以及功能性的细节的描述并不是必需的，因此这里不再对其进行阐述。

以下将描述用于形成原边绕组 10 的优选的方法（该优选的方法同样也适用于副边绕组 11）。此处示出的原边绕组 10 是圆柱状的。对形成为其他形状的绕组也可以应用该优选的方法，例如圆形、矩形、带有曲面侧的矩形、椭圆形等等。

原边绕组 10 被描述为直接卷绕在变压器 100 的绕线柱 104 上（参见图 2）。还可以使用优选的方法在芯轴上形成原边绕组 10，并随后安装在绕线柱 104 上。该优选的方法还可以应用于非同心的原边和副边绕组。

原边绕组 10 包括在一连续的基体上围绕绕线柱 104 卷绕的导电体 16（参见图 2）。导电体 16 可以是，例如矩形的、圆形的或扁平圆形的铝丝或铜丝（也可以使用包括具有非圆形横截面在内的其他类型的导电体作为替代）。原边绕组 10 还包括宽面（face-width）的片状绝缘层。更具体地，原边绕组 10 包括多个绝缘材料 18 片（参见图 2、3 以及 5）。各绝缘材料片 18 可以由热固性环氧金刚石菱格覆层的牛皮纸构成（通常称为“DPP paper”）。应当注意到也可以使用其他类型的绝缘材料代替，例如热固性环氧完全覆层的牛皮纸或覆层的皱纹纸。所述各绝缘材料片 18 不包括端填充物。

原边绕组 10 包括导电体 16 的线匝的各重叠层。各个绝缘材料片分别配置在线匝的各个重叠层之间（参见图 5）。各个层中的线匝渐进地向前横跨原边绕组 10 的宽度（卷绕）。换句话说，原边绕组 10 的各个重叠层都是通过将导电体 16 卷绕成多个线匝而构成的，所述多个线匝以并排关系设置，横跨原边绕组 10 的宽度。

原边绕组 10 是这样构成的：在第一绕线柱 104 的外表面上安放其中一块绝缘材料片 18，使得绝缘材料片 18 覆盖所述外表面的一部分。

随后在绕线柱 104 上卷绕第一层线匝 20。更具体地，围绕绕线柱 104 的外表面并且在绝缘材料片 18 上卷绕导电体 16，直到形成了预定数量的相邻的（并排）线匝。

从第一层线匝 20 到重叠的第二层线匝 22 的过渡部分可以通过弯曲导电体 16 而构成。更具体地，可以在第一层线匝 20 的末端处的导电体 16 处，即在从第一层线匝 20 过渡或跨越到第二层线匝 22 的导电体 16 的部分（参见图 3、4、6、以及 7；为了简明起见，图 4 中未示出绝缘材料片 18）设置偏折（offset）或弯曲部分 24。（使用在整个说明书以及权利要求中的术语“弯曲”，指的是永久性地[不会恢原的]使导电体 16 变形）。

弯曲部分 24 向上伸展，即远离第一绕线柱 104 的下表面（参见图 4）。弯曲部分 24 还相对于第一层线匝横向地伸展，即沿着与第一绕线柱 104 的纵轴一致的方向伸展（参见图 3）。这样弯曲部分 24 使得导电体 16 随后的部分位于第一层线匝 20 之上。利用弯曲部分 24 使导电体 16 从第一层线匝 20 过渡到第二层线匝 22，被认为可以减轻与弯曲部分 24 最近的第二层线匝 22 的最外侧线匝与它们相邻线匝相分离的可能性，以及减轻它们从位于第一层线匝 20 上面的位置向下脱落的可能性。

（如下所述，减小原边绕组 10 最外侧线匝与它们的相邻线匝相分离的可能性，就可以促使对不带端填充物的绝缘材料的使用。）

应当注意到，为形成弯曲部分 24 而弯曲导电体 16 的角度取决于以下因素：例如，导电体 16 的直径、原边绕组 10 的总体尺寸、原边绕组 10 上弯曲部分 24 的圆周位置（其反过来又可能取决于原边绕组 10 的形状）等等。因此在这里没有明确这个角的特定值。

可以向第一层线匝 20 和第二层线匝 22 之间起过渡部分作用的导电体 16 的部分施加适当的粘合剂，例如热熔性粘合剂。更具体地，可以向弯曲部分 24、以及紧挨着弯曲部分 24 前后的导电体 16 的部分施加粘合剂。还可以向与弯曲部分 24 相邻的第一层线匝 20 的部分施加粘合剂。一旦粘合剂变干，就形成了机械连接 26，该机械连接 26 可以将弯曲部分 24 固定到与第一层线匝 20 相邻的部分上（为了简明起见，该连接 26 仅在图 6 中示出）。连接 26 用于降低最接近弯曲部分 24 的第二层线匝 22 的最外侧线匝与它们的相邻线匝相分离的可能性。

应当注意的是，向在第一层线匝 20 和第二层线匝 22 之间过渡的导电体 16 的部分施加粘合剂的技术，可以在没有在导电体 16 中形成弯曲部分 24 的所述优选方法的其他变换的方案中使用。

在以上述的方式形成了从第一层 20 到第二层 22 的过渡部分之后，形成第二层线匝 22。特别地，另一绝缘材料片 18 被固定在第一层线匝 20 之上的位置，因此这片绝缘材料 18 边缘的位置最接近于弯曲部分 24，并且延伸横跨第一层线匝 20（参见图 3）。

随后，以上述的相应于第一层线匝 20 的（缠绕）方法，在第一层线匝 20 和覆盖的绝缘材料片 18 上卷绕导电体 16 以形成第二层线匝 22。换句话说，第二层线匝 22 是这样形成的：通过将导电体卷绕成一系列反向渐进地横跨第一层线匝 20 的相邻线匝，直到达到了预定的匝数。

在卷绕了第二层线匝 22 之后，以上述的相应于在第一和第二层（20,22）之间进行过渡的方法，在第二层线匝 22 和重叠的第三层线匝 23 之间形成过渡部分。随后，另一片绝缘材料 18 被安置在第二层线匝 22 的周围。随后，将导电体 16 卷绕成一系列相邻的线匝，这些线匝横跨绝缘材料片 18 和第二层线匝 22 的宽度前行，的由此形成第

三层线匝 23。

重复上述过程直到已经在原边绕组 10 中形成了期望的层数（为了简明起见，图 5 中仅仅示出了三层线匝）。随后可以应用传统工艺对在绝缘材料片 18 上的粘合剂进行熔化并固化，例如在对流加热炉（convection oven）中加热原边绕组 10。

一种常规的自动化卷绕机可以被编程用于执行上述的弯曲和胶粘操作。例如，已经通过使用可以从 BR Technologies GmbH 购买到的 AM3175 型分层绕线机实验性地实现了上述方法。

在进行卷绕工艺之前可能需要对导电体 16 进行平直处理。在导电体 16 的直径大于大约 0.7 毫米的应用中可能需要进行这样的处理。对导电体 16 进行平直处理可以进一步地抑制最外侧的线匝与它们相邻的线匝相分离的可能性。（可以使用变压器设计和制造领域的技术人员公知的常规工艺处理导电体 16 使其变得平直）。

应当注意的是，可以使用连续的条状绝缘材料（未示出）来代替绝缘材料片 18。特别地，可以在（卷绕）导电体 16 之前连续地卷绕所述连续条状绝缘材料以提供与绝缘材料片 18 大体相同的绝缘特性。可以围绕原边绕组 10 的特定层安置这种绝缘条，并且随后使用变压器设计和制造领域技术人员公知的常规工艺在该层的末端将绝缘条切割为适当的长度。

优选的方法的可替换方案可以包括栓接（lugging）技术。特别地，以变压器设计和制造领域技术人员公知的方法，通过使用带 29（或绳、索带、线等等），原边绕组 10 的各层之间的过渡部分可以与它们相邻的线匝或相邻的一系列线匝拴系在一起，（参见图 7）。以这种方法拴系（栓接）导电体 16 可以降低原边绕组 10 最外侧线匝与它们的相邻线匝相分离的可能性。

在三相变压器绕组，例如原边绕组 10 的绝缘材料上的端填充物的一个主要应用是用于防止或抑制该变压器绕组最外侧线匝与它们的相邻线匝相分离。因此，在某些情况下，上述用于降低原边绕组 10 最外侧线匝与它们的相邻线匝相分离的可能性的技术，能够促进在三相变压器中对无端填充物的绝缘材料的使用。（尽管上述技术以前已经被用于单相变压器所使用的绕组中，但是可以相信，在本申请之前这样的技术没有应用到三相变压器所使用的绕组中。）

此外，本申请使得变压器设计领域技术人员知晓了：如果在变压器中使用的绝缘材料上适当地粘接了粘合剂，那么在大多数三相变压器中就不需要端填充物也可以获得足够的抗短路强度。因此，通过利用上述技术可以削减附加的费用，并且也可以消除与使用端填充物相关的附加的存放和制造困难。

可以相信，上述各技术的不同组合可以促进在例如原边绕组 10 的三相变压器绕组中对不带有端填充物的绝缘材料的使用。能够获得这种效果所需的各种技术的适当组合取决于，至少部分取决于导电体 16 的直径。

在导电体 16 的直径小于大约 1.8 毫米时，使用粘合剂在原边绕组 10 的各层之间起过渡部分作用的导电体 16 处形成机械连接，这被认为是可以通过其自身就足以允许使用不带有端填充物的绝缘材料。而在导电体 16 的直径超过大约 1.8 毫米的应用中，可能需要在原边绕组 10 各层之间的导电体 16 的过渡部分形成例如弯曲部分 24 的弯曲，以作为对上述技术的补充。

无论导电体 16 的直径是多少，可以认为，通过使用栓接(lugging)技术本身就足以允许使用不带有端填充物的绝缘材料。然而，应当指出，与导电体 16 的直径无关，每一个上述提到的技术都可以以其他

的一个或几个技术为补充，以提供额外保护，防止原边绕组 10 最外侧线匝从它们所在的层脱落。

（如上所述，在导体 16 的直径大于大约 0.7 毫米的应用中，可能要求对导体 16 进行平直处理。这个要求的应用可以被认为与其他技术方案的组合无关，所述其他技术方案是指用于防止原边绕组 10 最外侧线匝从它们的下层线匝脱落的技术方案。）

可以重复上述工艺以形成其他的原边绕组 10 和副边绕组 11。

应当理解，虽然在上述描述中已经阐明了本发明许多的特征和优点以及本发明的结构与功能的细节，但是所公开的内容仅仅是说明性的，并且在本发明原理的范围内可以在细节上加以变化，特别是在各部件的形状、尺寸以及布置等方面。

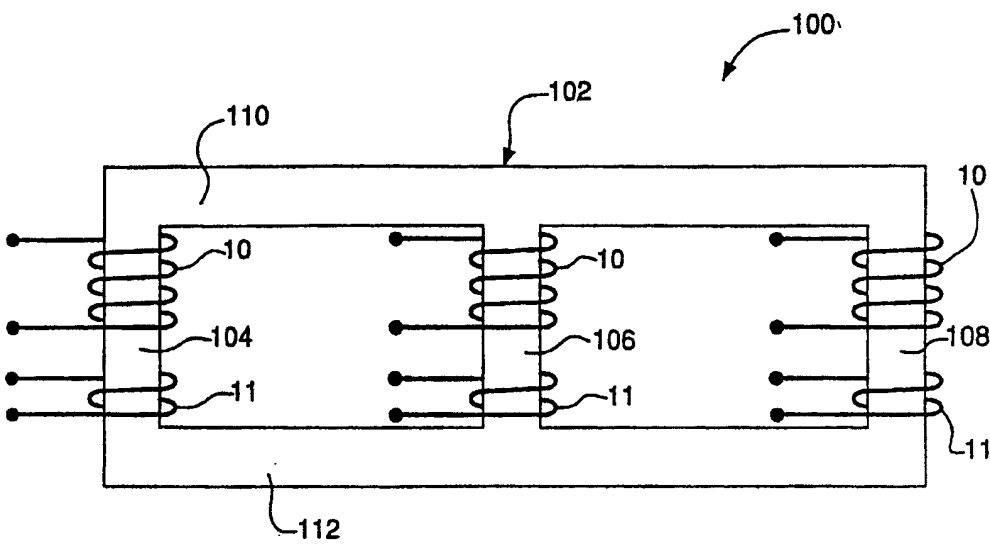


图1

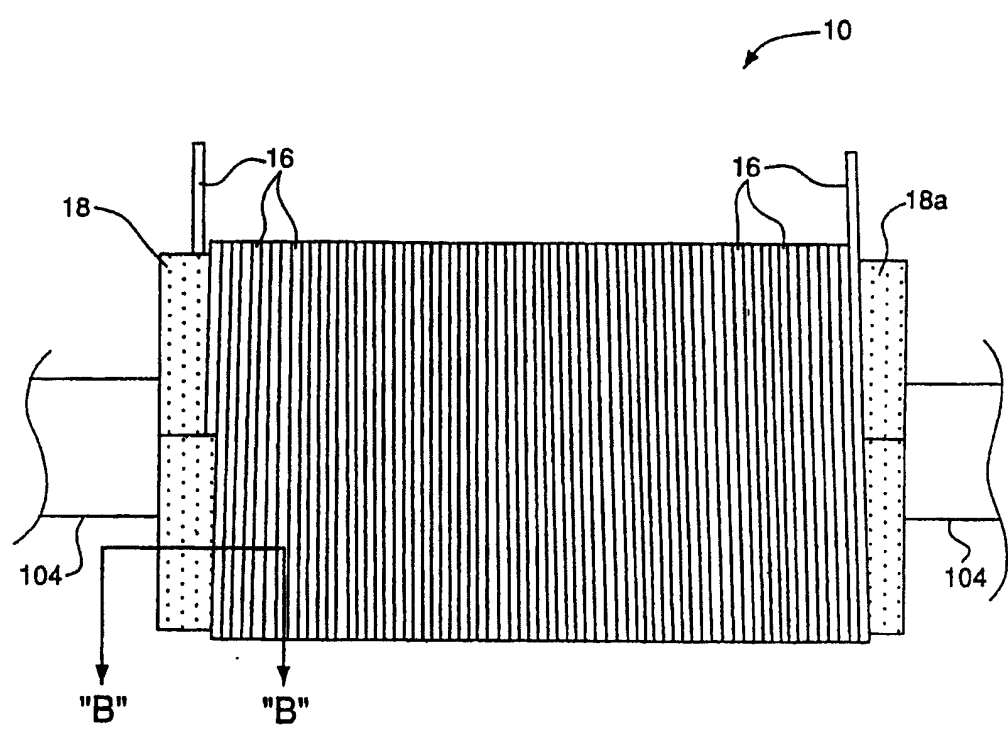


图2

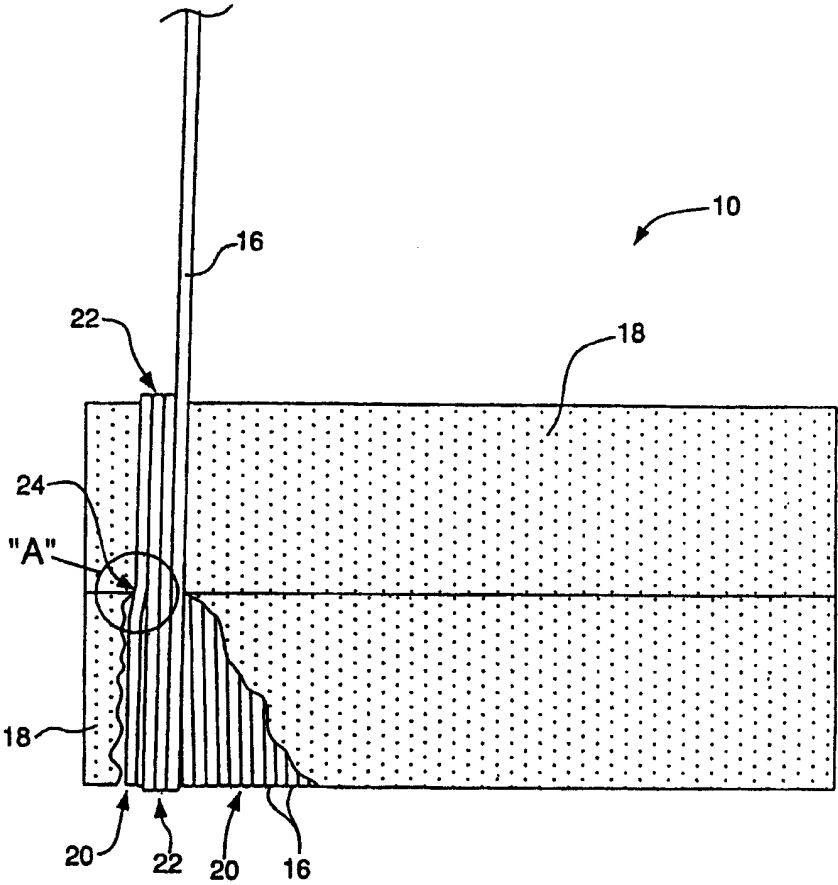


图3

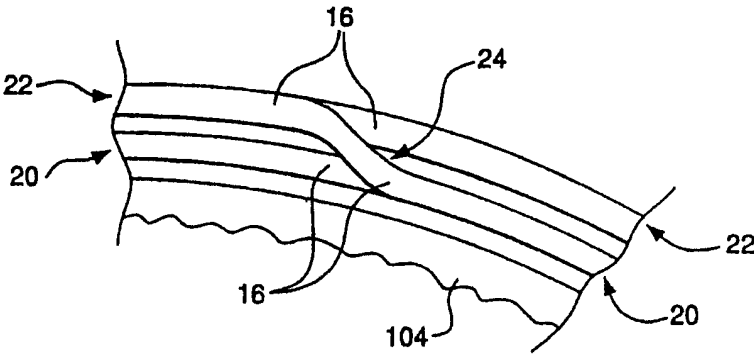


图4

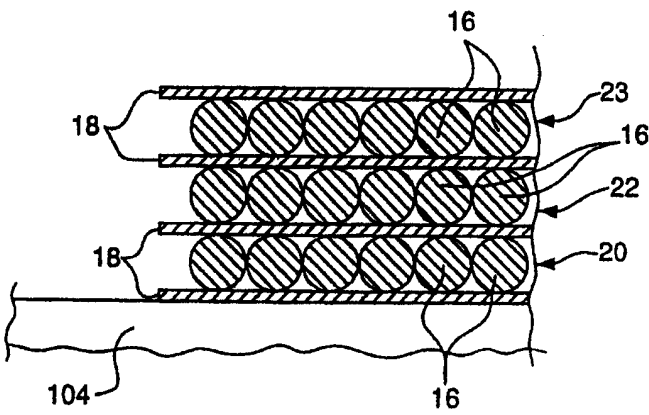


图5

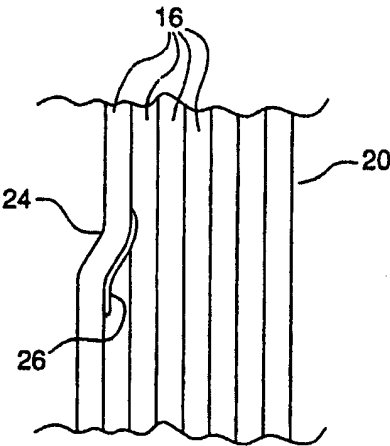


图6

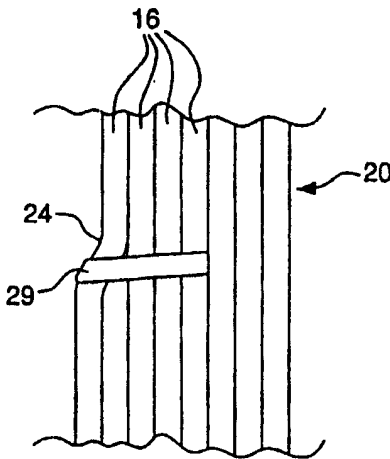


图7

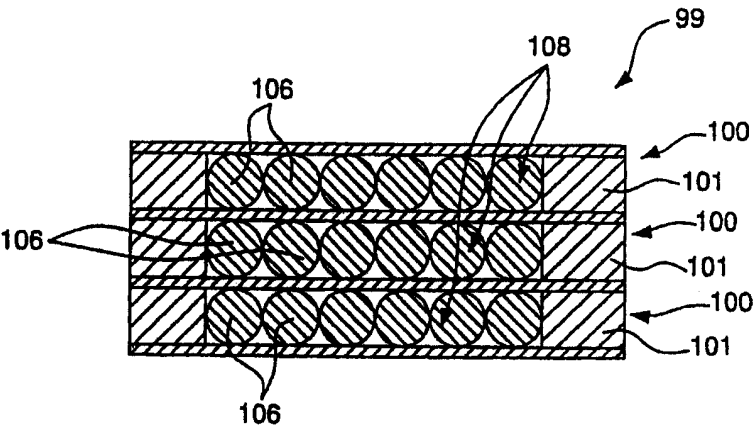


图8
现有技术