(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102945734 B
(45)授权公告日 2015.09.02

(21)申请号 201210326465.7
(22)申请日 2012.09.05
(73)专利权人 广东岭先技术投资企业(有限合伙)
地址 511457 广东省广州市南沙区进港大道62号506房
(72)发明人 马志刚
(74)专利代理机构 北京卓言知识产权代理事务所(普通合伙) 11365
代理人 龚清媛 赵国虹
(51)Int.Cl.
H01F 27/26(2006.01)
H01F 27/245(2006.01)
H01F 27/30(2006.01)
H01F 27/28(2006.01)

(56)对比文件
CN 1797619 A,2006.07.05,
CN 201673789 U,2010.12.15,
CN 101150006 A,2008.03.26,
CN 101266875 A,2008.09.17,
CN 101276679 A,2008.10.01,
US 4639705 A,1987.01.27,
CN 101295577 A,2008.10.29,
US 2355560 A,1944.08.08,

审查员 曾言

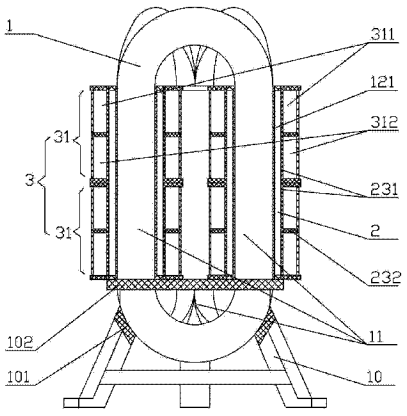
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种模块化组合的电力变压器

(57)摘要

一种模块化组合的电力变压器，三相立体卷铁芯中每一相的双弧型卷铁芯元件由首尾交替相互衔接的两个直线部和两个圆弧部围成，其上包括用于套装对应相绕组的开/闭轭结构，并且三个卷铁芯元件的六个直线部分别两两结合形成三相三柱立体结构的三个铁柱。每个铁柱上从内到外套装有一整体式低压绕组和由一组串联连接的高压箔绕组模块叠置构成的高压箔绕组。本发明采用由新式双弧形且带有交错开/闭轭结构的卷铁芯元件合成的三维立体卷铁心结构，整体稳定性强、噪音低、运行更安全、经济、可靠，而且实现了用较少种类的绕组模块可组建多样化的整机，这些模块可由不同的厂家制造，并且易于现场查损，方便拆解更换回收，可最大限度满足环保和循环经济的要求。



CN 102945734 B

1. 一种模块化组合的电力变压器，其安装在机座 (10) 上的铁芯 (1) 为三相三柱立体结构，每个相同的铁柱具有平行的对称中心线，三个铁柱呈正三角形布置，三相绕组同芯套装在所述的三个铁柱上，其特征在于 ：

所述的铁芯 (1) 由三个双弧型卷铁芯元件 (11) 组合而成，每个双弧型卷铁芯元件 (11) 由首尾交替相互衔接的两个直线部 (111) 和两个圆弧部 (112) 围成，其上包括用于套装对应相绕组的开 / 闭轭结构，并且三个卷铁芯元件 (11) 的六个直线部 (111) 分别两两结合，形成所述的三相三柱立体结构的三个铁柱 (12) ；

所述的三相绕组中的每一相包括一低压绕组 (2) 和高压箔绕组 (3)，所述的低压绕组 (2) 通过内撑条组件 (121) 套装在对应相的铁柱 (12) 上 ；所述的高压箔绕组 (3) 由一组串联连接的高压箔绕组模块 (31) 纵向叠置构成，并且各高压箔绕组模块 (31) 通过外撑条组件 (231) 套装在对应相的低压绕组 (2) 上 ；

所述的高压箔绕组模块 (31) 包括具有相同宽度且卷绕方向相反的第一高压箔绕组单元 (311) 和第二高压箔绕组单元 (312)，该高压箔绕组模块 (31) 的第一高压箔绕组单元 (311) 的内端头 (311a) 通过连接件 (313) 与第二高压箔绕组单元 (312) 的内端头 (312a) 连接，并且第一高压箔绕组单元 (311) 的外端头 (311b)、第二高压箔绕组单元 (312) 的外端头 (312b) 分别通过连接件 (313) 与上、下相邻的高压箔绕组模块 (31) 的对应设置的高压箔绕组单元的外端头串联连接。

2. 根据权利要求 1 所述的模块化组合的电力变压器，其特征在于 ：所述的每个双弧型卷铁芯元件 (11) 由多个 U 形片料制成，所述的开 / 闭轭结构位于每个 U 形片料的开口处，且设置在该双弧型卷铁芯元件 (11) 的其中一个圆弧部 (112) 上。

3. 根据权利要求 2 所述的模块化组合的电力变压器，其特征在于 ：所述的开 / 闭轭结构由各 U 形片料的搭接缝组成，包括左搭接缝 (100a) 与右搭接缝 (100b)，左搭接缝 (100a) 与右搭接缝 (100b) 相互错开，并分别设置在每个双弧型卷铁芯元件 (11) 的对称中心线的两侧。

4. 根据权利要求 3 所述的模块化组合的电力变压器，其特征在于 ：所述的各左搭接缝 (100a) 过圆弧部 (112) 的圆心 (0) 的连线 (o—a) 与各右搭接缝 (100b) 过圆弧部 (112) 的圆心 (0) 的连线 (o—b) 之间的夹角 (0ab) 为 5° 至 180° 。

5. 根据权利要求 1 所述的模块化组合的电力变压器，其特征在于 ：所述的低压绕组 (2) 为整体式的圆筒形箔绕组或圆筒结构线绕组。

6. 根据权利要求 1 所述的模块化组合的电力变压器，其特征在于 ：所述的连接件 (313) 包括第一连接面 (313a)、第二连接面 (313b) 和将第一连接面 (313a)、第二连接面 (313b) 连接在一起的传导面 (313c)，其中第一连接面 (313a) 的宽度 (h1) 与第二连接面 (313) 的宽度 (h2) 相同，并且第一连接面 (313a) 与第二连接面 (313b) 的宽度 (h1, h2) 等于第一高压箔绕组单元 (311) 或第二高压箔绕组单元 (312) 的宽度 (h) ；第一连接面 (313a) 与第二连接面 (313b) 倾斜设置，传导面 (313c) 具有与要连接的箔绕组单元的内或外表面形状相吻合的外形。

7. 根据权利要求 6 所述的模块化组合的电力变压器，其特征在于 ：所述的传导面 (313c) 为菱形或双扇形或双反转折叠形中的一种。

8. 根据权利要求 1 所述的模块化组合的电力变压器，其特征在于 ：在所述的高压箔绕

组 (3) 的各高压箔绕组模块 (31) 的第一高压箔绕组单元 (311) 和第二高压箔绕组单元 (312) 的侧面所形成的空隙内填入隔离件 (232) 支撑，使所述的高压箔绕组 (3) 的整体外形为圆筒形。

9. 根据权利要求 1 所述的模块化组合的电力变压器，其特征在于：所述的铁芯 (1) 通过绝缘垫块 (101) 和夹件固定安装在机座 (10) 上，所述的机座 (10) 为上小下大的梯形。

一种模块化组合的电力变压器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种新式可模块化制造、安装的卷铁芯、箔绕组电力变压器，可用较少种类的模块就能组建多样化的变压器整机，属于电力配电静止感应设备技术领域。

背景技术

[0002] 为了满足电压、容量、绝缘、功能、空载、温升、性能、寿命等等各种制造要求，现在的变压器厂就像十足的作坊，产品周期长，变压器像手工打造的艺术品，变压器制造并未进入工业时代。业内很羡慕电缆的工业化，可通过流水线产出产品，于是人们呼唤用较少种类的模块就能组建多样化的整机，并且这些模块可由不同的厂家制造，有服务人员负责安装到位，这样变压器厂家就不再像仓储和物流公司。然而，当前，包括器身、铁芯、绕组等核心器件的变压器本体的生产组装必须在变压器厂完成，变压器本体必须整机运送到使用现场，例如现有的如 CN200979837 Y 和 CN201656288 U 实用新型专利所公开的组合式电力变压器，仅指将变压器的器身、开关设备、熔断器、分接开关及相应的辅助设备进行组合，组合的范围仅是器身以外的辅助设备，不能对变压器本体内的器件进行组合。

[0003] 变压器本体在使用现场不允许拆装组合主要带来四大问题。一是变压器的生产效率极低，变压器的生产长期停留在作坊式的单机生产方式，变压器的器件生产不能形成社会化分工，从而使器件生产成本高、耗能大、浪费多、周期长，原材料、半成品、成品的仓储调配、仓储成本大。二是运输成本昂贵，带材先要从钢铁厂运输到开料厂，再运输到变压器厂，最后再运输到用户，不仅来回运输成本高，而且大型变压器的整机运输十分困难，其设计容量和体积受到途经的运输隧道尺寸的限制，由此限制了大功率变压器的发展。三是变压器绕组内部损坏不易查找出问题出在哪些层，而且拉回变压器修理更换的成本昂贵，以致用户常采用购买新变压器的方式完成替换。四是在出厂前和安装现场吊芯测试、整机联调测试工序往往重复进行，如果变压器在运输或安装施工中出现问题，则需退回工厂更换整机后再重新联调测试。

[0004] 由此可见，要能实现可在现场进行模块化组合或更换的变压器新设计，需解决以下三大关键性技术难题。首先是变压器内部器件的结构需重新优化设计成可分别运输的且便于在现场组装、调试、更换的结构，并且无需借用庞大的专用工装设备。其次是必须解决模块化组装必然会增加的绕组绝缘和支撑所致的新要求。三是须解决适用于现场组装的模块之间的便捷连接问题，如现有绕组中存在处于绕组内层的接头，显然像这样的内层的绕组接头不便于在现场组装连接。

发明内容

[0005] 为克服上述现有电力变压器成熟制造模式的各种缺陷，本发明提供一种全新的模块化组合的电力变压器。本发明的一个目的是提供一种由新式双弧形且带有交错开 / 闭轭结构的卷铁芯元件合成的立体卷铁芯结构，克服了现有立体卷铁芯的制造不能适应于社会化生产和重复运输的缺陷，为实现现场与绕组组装奠定了基础，而且铁芯支撑更加稳固。

[0006] 本发明的另一个目的是提供一种高压绕组新结构，采用多个箔绕组模块串联连接组合组成高压绕组和每个高压绕组模块由一对串联连接的箔绕组单元构成的结构，不仅解决了绕组的可模块化生产及能在现场完成与铁芯之间的组合安装、更换的问题，而且解决了现有的绕组器件承载电压不能过高的缺陷。

[0007] 本发明的又一个目的在于提供一种高压绕组模块接头连接的新结构，采用由两个卷绕方向相反的箔绕组单元合成一个箔绕组模块的新设计，避免了现有箔绕组内层接头在现场连接的不便，使箔绕组模块更加适合于现场查损和方便组合连接安装。

[0008] 为了实现上述目的，本发明采用了如下具体技术方案：

[0009] 一种模块化组合的电力变压器，其安装在机座 10 上的铁芯 1 为三相三柱立体结构，每个相同的铁柱具有平行的对称中心线，三个铁柱呈正三角形布置，三相绕组同芯套装在三个铁柱上。变压器铁芯 1 由三个双弧型卷铁芯元件 11 组合而成，每个双弧型卷铁芯元件 11 由首尾交替相互衔接的两个直线部 111 和两个圆弧部 112 围成，其上包括用于套装对应相绕组的开 / 闭轭结构，并且三个卷铁芯元件 11 的六个直线部 111 分别两两结合，形成所述的三相三柱立体结构的三个铁柱 12。所述的三相绕组中的每一相包括低压绕组 2 和高压箔绕组 3，低压绕组 2 是一整体式的，通过内撑条组件 121 套装在对应相的铁柱 12 上。所述的整体式低压绕组 2 为圆筒形箔绕组或圆筒结构线绕组。每一相的高压箔绕组 3 由一组串联连接的高压箔绕组模块 31 叠置构成，并且各高压箔绕组模块 31 通过外撑条组件 231 套装在对应相的低压绕组 2 上。

[0010] 所述的每个双弧型卷铁芯元件 11 由多个 U 形片料制成，所述的开 / 闭轭结构位于每个 U 形片料的开口处，且设置在该双弧型卷铁芯元件 11 的两个圆弧部中的其中一个圆弧部 112 上。

[0011] 所述的开 / 闭轭结构由各 U 形片料的搭接缝组成，包括左搭接缝 100a 与右搭接缝 100b，左搭接缝 100a 与右搭接缝 100b 相互错开，并分别设置在每个双弧型卷铁芯元件 11 的对称中心线 A—A 的两侧。各左搭接缝 100a 过圆弧部 112 的圆心 0 的连线 o—a 与各右搭接缝 100b 过圆弧部 112 的圆心 0 的连线 o—b 之间的夹角 0ab 为 5° 至 180°。

[0012] 所述的铁芯 1 通过绝缘垫块 101 和夹件固定安装在机座 10 上，所述的机座 10 为上小下大的梯形。

[0013] 所述的高压箔绕组模块 31 包括具有相同宽度且卷绕方向相反的第一高压箔绕组单元 311 和第二高压箔绕组单元 312，该高压箔绕组模块 31 的第一高压箔绕组单元 311 的内端头 311a 通过连接件 313 与第二高压箔绕组单元 312 的内端头 312a 连接，并且第一高压箔绕组单元 311 的外端头 311b、第二高压箔绕组单元 312 的外端头 312b 分别通过连接件 313 与上、下相邻的高压箔绕组模块 31 的对置的高压箔绕组单元的外端头串联连接。

[0014] 所述的连接件 313 包括第一连接面 313a、第二连接面 313b 和将第一连接面 313a、第二连接面 313b 连接在一起的传导面 313c，其中第一连接面 313a 的宽度 b1 与第二连接面 313b 的宽度 h2 相同，并且第一连接面 313a 与第二连接面 313b 的宽度 (h1，h2) 等于第一高压箔绕组单元 311 或第二高压箔绕组单元 312 的宽度 h；第一连接面 313a 与第二连接面 313b 倾斜设置，传导面 313c 具有与要连接的箔绕组单元的内或外表面形状相吻合的外形。所述的传导面 313c 为菱形或双扇形或双反转折叠形中的一种。

[0015] 在所述的高压箔绕组 3 的各高压箔绕组模块 31 的第一高压箔绕组单元 311 和第

二高压箔绕组单元312的侧面所形成的空隙内填入隔离件232，使所述的高压箔绕组3的整体外形为圆筒形。

[0016] 本发明采用由新式双弧形且带有交错开／闭轭结构的卷铁芯元件合成的三维立体卷铁心结构，使三相铁芯磁路完全平衡，具有空载损耗低、空载电流小、过载能力强、噪音低、运行更加安全、经济、可靠的优点，变压器整体器身结构更合理紧凑、体积小。本发明的模块化组合的电力变压器实现了用较少种类的铁芯片料、绕组模块可组建多样化的整机，这些模块可分别运输，可由不同的厂家制造，有服务人员负责安装到位，并且绕组模块易于现场查损，方便拆解更换回收，进一步降低了能耗和显著降低了生产成本，可最大限度满足环保和循环经济的要求，为工业化生产变压器开拓出崭新的发展空间和具有巨大的市场前景。

附图说明

[0017] 图1是本发明一实施例的模块化组合的电力变压器的整体外观示意图，图中示出了组合后的铁芯1和高压箔绕组3的局部外观结构。

[0018] 图2是图1实施例的俯视图。

[0019] 图3是图2的B—B剖视图，图中示出了已安装完低压绕组、高压箔绕组的变压器的内部结构，图中所示的铁芯的开／闭轭结构处于闭轭状态以及高压箔绕组的两个相邻的箔绕组模块之间的设置结构。

[0020] 图4是图1所示的变压器实施例的铁芯部件的外观结构示意图。

[0021] 图5是图4的C—C剖视图，图中示出了铁芯1的各铁柱12的真圆型截面结构和铁柱内的内冷通道13的截面结构。

[0022] 图6是图4所示的铁芯1中的一个双弧形卷铁芯元件11实施例的结构示意图，图中示出了直线部和圆弧部的整体磁路结构和冷却槽13沿中心线A方向贯通整个铁柱12的结构。

[0023] 图7是图6的D—D剖视图，图中示出了卷铁芯元件11的铁芯磁路中冷却槽13的截面示意图。

[0024] 图8是图3所示的高压箔绕组模块31的第二高压箔绕组单元312的结构示意图。

[0025] 图9是图3所示的高压箔绕组模块31的第一高压箔绕组单元311的结构示意图。

[0026] 图10是图3所示的整体式低压绕组2为箔绕组实施例的结构示意图。

[0027] 图11是串联连接图8、图9所示的第一高压箔绕组单元311和第二高压箔绕组单元312的连接件313的第一实施例的结构示意图。

[0028] 图12是串联连接图8、图9所示的第一高压箔绕组单元311和第二高压箔绕组单元312的连接件313的第二实施例的结构示意图。

具体实施方式

[0029] 图1-12是展示本发明各实施方式的图。以下结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细的说明，但并不构成对本发明的任何限制。

[0030] 图1、2、4、6是本发明模块化组合的电力变压器的整体或局部外观示意图，其中图4所示的是变压器的立体卷铁芯1的外观结构示意图，铁芯1由三个卷铁芯元件11的框架

分别两两结合形成立体卷铁芯。而图 1 中示出了组合后的三相铁芯 1 和高压箔绕组 3 的局部外观结构，图 2 是图 1 实施例的俯视图。图 3 是图 2 的 B—B 剖视图，图中示出了已从内向外同芯安装完低压绕组 2、高压箔绕组 3 的变压器的内部结构以及高压箔绕组的两个相邻的箔绕组模块之间的设置结构。图 3、6 中展示出铁芯的开 / 闭轭结构是处于闭轭状态。图 5-7 展示出铁芯 1 的各铁柱 12 的真圆型截面结构、直线部和圆弧部的整体磁路结构以及冷却槽 13 沿中心线 A 方向贯通整个铁柱 12 形成铁柱内的内冷通道 13 的截面结构。图 8、9、11-12 是图 3 所示的高压箔绕组模块 31 的两个高压箔绕组单元 311、312 的结构及其连接方式的示意图。图 10 是图 3 所示的整体式低箔绕组 2 实施例的结构示意图，在该实施例中的低压绕组为圆筒形箔绕组。

[0031] 由图 1-4 和图 6 所示可知，本发明的模块化组合的电力变压器的铁芯 1 为三相三柱立体结构，三个相同的铁柱 12 具有平行的对称中心线 A—A，各铁柱 12 呈三角形布置，在垂直于所述中心线的横截面上的三个铁芯柱 12 的中心的连线为等边三角形，铁芯 1 由三个卷铁芯元件 11 构成的三个铁芯框组合成，每两个卷铁芯元件 11 的芯柱部分合成一个铁柱 12，铁柱 12 的截面形状为 2 阶真圆。每个卷铁芯元件 11 的框架具有如图 6 所示的双弧型外形，铁芯 1 通过绝缘垫块 101 坐落在梯形机座 10 上，上夹件和下夹件按常规变压器压紧方式通过压紧螺杆连接。变压器的铁芯 1、同芯套装的低压和高压绕组从内层到外层依次排列，其中高压绕组套装在低压绕组上，低压绕组套装在铁芯 1 的铁柱 12 上，低压绕组采用箔式或多根并绕的层式整体线圈，高压线圈采用相互串联连接并竖向叠置的模块化箔式线圈，三相绕组成正三角形布置，并结合上垫块 105 和下垫块 102 来支撑和压紧高低压绕组，使整个变压器本体形成一个如图 1、2 所示的三维立体的刚性框架结构。由于电力变压器还包括一些公知的其他部件，这些部件不在本发明要解决的技术问题的技术方案的范围内，所以本发明的权利要求对这些部件的技术方案未作具体限定，本发明的说明书也省略了对这些部件的描述。

[0032] 如图 6 所示，每个双弧型卷铁芯元件 11 由首尾交替相互衔接的两个直线部 111 和两个圆弧部 112 围成，并且三个卷铁芯元件 11 的六个直线部 111 分别两两结合形成所述的三相三柱立体结构的三个铁柱 12。每个双弧型卷铁芯元件 11 由多个相互夹紧的 U 形片料制成，其上的开 / 闭轭结构设置在该双弧型卷铁芯元件 11 的两个圆弧部中的其中一个圆弧部上，用于套装对应相绕组。所述的开 / 闭轭结构位于每个 U 形片料的开口处，并且每个 U 形片料的开 / 闭轭结构的设置位置如图 6 所示是相互错开的搭接结构，开 / 闭轭结构由各 U 形片料的搭接缝组成，每个 U 形片料的开口处具有一个搭接缝，根据搭接缝的位置，所述的搭接缝包括左搭接缝 100a 与右搭接缝 100b，它们相互错开并分别设置在每个双弧型卷铁芯元件 11 的对称中心线 A—A 的两侧。开 / 闭轭结构的各左搭接缝 100a 过圆弧部 112 的圆心 0 的连线 o—a 与各右搭接缝 100b 过圆弧部 112 的圆心 0 的连线 o—b 之间的夹角 0ab 为 5° 至 180° 。每个双弧型卷铁芯元件 11 的直线部 111 上设有冷却槽 13，并且所述的各两两结合的两个双弧型卷铁芯元件 11 的直线部 111 上的两个冷却槽 13 在对应相的铁柱 12 内相对结合，从而在每个铁柱 12 内合成一条横向封闭且纵向通透的冷却通道 13、13。

[0033] 制造中铁芯两头分别固定，不能松开，焊接要可靠，也不能在制作中造成 U 形片料之间搭接形成短路环。现有变压器铁芯的底部是平面，其机座是矩形的，采用夹件将铁芯底部的两个圆角固定安装在矩形机座上，而本发明的合成铁芯 1 的三个双弧型卷铁芯元件 11

底部的外表面是外凸的圆立面，采用呈上小下大形状的梯形机座 10，可以将铁芯 1 稳定安装在梯形机座 10 上。本发明铁芯片材根据型号尺寸调整宽窄采用纵剪，可充分利用钢铁厂原包装的对应尺寸和边角料，适应性好，总体可实现整数倍总体包装，方便分别运输，省去带材到厂家到用户的来回运输。还可利用旧的大变压器的铁芯，剔除损坏的铁芯，改变宽度按用户要求重新裁剪，以满足绿色循环经济的要求。

[0034] 图 3 所示的三相绕组中的每一相包括同心设置的一整体式低压绕组 2 和由一组串联连接的高压箔绕组模块 31 构成的高压箔绕组 3，其中低压绕组 2 通过内撑条组件 121 套装在对应相的铁柱 12 上，整体式低压绕组 2 可以采用圆筒式箔绕组或圆筒结构线绕组。每一相的高压箔绕组 3 中的各高压箔绕组模块 31 纵向叠合共同组成整体圆筒形高压绕组的新结构，不仅解决了现有的线圈难以承载较高电压的缺陷，而且提高了绝缘强度和整体稳定性，承受短路能力强。通过外撑条组件 231 将高压绕组套装在对应相的低压绕组 2 上，不仅易于接线，也方便查损和模块更换。

[0035] 如图 8、9 所示，每个高压箔绕组模块 31 的第一高压箔绕组单元 311 和第二高压箔绕组单元 312 可采用铜箔或铝箔全部正绕，每层一匝，箔的宽度等于绕组的高度。具体地说，先将绕组箔绕在处于松弛状态的卷绕线圈模上，然后将该卷绕模张紧，并取出已经绕好的箔绕组即可。将各高压箔绕组模块 31 竖着排列叠置在一起构成图 3 所示的圆筒形的高压箔绕组 3，其中每个高压箔绕组模块 31 包括一对具有相同宽度且卷绕方向相反的第一高压箔绕组单元 311 和第二高压箔绕组单元 312，即每两个卷绕方向相反的第一高压箔绕组单元 311 和第二高压箔绕组单元 312 构成一个高压箔绕组模块 31，以方便接线。在各高压箔绕组模块 31 的第一高压箔绕组单元 311 和第二高压箔绕组单元 312 的侧面形成有内凹的类似三角形的空隙，为使叠置的高压箔绕组 3 的整体外形呈稳定性好的圆筒形，在该空隙内填入隔离件 232 支撑。采用本发明，不仅使绕组制造无需传统的绕组绝缘筒、操作非常方便，而且通过调整箔的薄厚和宽窄，使绕组模块化制造更便于制造大功率变压器，解决了大型变压器绕组制造困难和耐压要求太高的问题。

[0036] 下面参见图 11、12 所示的两种绕组的端头连接件 313 的实施方式说明本发明的高压绕组模块 31 接头连接的新结构。连接件 313 包括第一连接面 313a、第二连接面 313b 和将第一连接面 313a、第二连接面 313b 连接在一起的传导面 313c，其中第一连接面 313a 的宽度 h1 与第二连接面 313b 的宽度 h2 相同，并且第一连接面 313a 与第二连接面 313b 的宽度 (h1,h2) 等于第一高压箔绕组单元 311 或第二高压箔绕组单元 312 的宽度 h。以两个内端头的连接为例说明一个高压箔绕组模块 31 的两个箔绕组单元之间的具体串联连接方式：将连接件 313 的第一连接面 313a 连接到高压箔绕组模块 31 的第一高压箔绕组单元 311 的内端头 311a，将该连接件 313 的第二连接面 313b 连接到与第一高压箔绕组单元 311 叠置在一起的第二高压箔绕组单元 312 的内端头 312a，由于第一连接面 313a 与第二连接面 313b 倾斜设置，并且连接件 313 的传导面 313c 具有与要连接的箔绕组单元的内筒的内表面形状相吻合的外形，因此，通过钎焊、超声波焊或者二氧化碳保护焊，可以很方便地将相互叠置在一起的高压箔绕组模块 31 的第一高压箔绕组单元 311 的内端头 311a 通过等宽的连接件 313 实现与第二高压箔绕组单元 312 的内端头 312a 的相互连接。由于第一高压箔绕组单元 311 和第二高压箔绕组单元 312 的放置方向相反，所以通过连接件 313 分别与内端头 311a、内端头 312a 的连接分别实现这两个绕组元件之间的串联连接。

[0037] 相类似的，以外端头的连接为例说明上、下相邻的高压箔绕组模块 31 的高压箔绕组单元的外端头之间的具体串联连接方式：将连接件 313 的第一连接面 313a 与上方要相邻连接的高压箔绕组模块 31 的第一高压箔绕组单元 311 的外端头 311b 或第二高压箔绕组单元 312 的外端头 312b 连接，将该连接件 313 的第二连接面 313b 与所在的高压箔绕组模块 31 的对置的第一高压箔绕组单元 311 的外端头 311b 或第二高压箔绕组单元 312 的外端头 312b 连接，同理，所在的高压箔绕组模块 31 的第一高压箔绕组单元 311 的外端头 311b、第二高压箔绕组单元 312 的外端头 312b 分别通过连接件 313 与下方相邻的高压箔绕组模块 31 的对置的高压箔绕组单元的外端头串联连接。由于第一连接面 313a 与第二连接面 313b 倾斜设置，并且连接件 313 的传导面 313c 具有与要连接的箔绕组单元的外表面形状相吻合的外形，因此，通过钎焊、超声波焊或者二氧化碳保护焊，可以很方便地通过两个相同的连接件 313 实现与上和下相邻的高压箔绕组模块 31 的对置的高压箔绕组单元的外端头 311b 或 312b 的相互连接。连接件 313 的传导面 313c 可以为菱形或双扇形中的一种，双扇形的优点在于传导面 313c 的宽度与高压绕组元件 311 和 312 的宽度 h 相同。显然，为方便连接平整，传导面 313c 也可以双反转折叠。本发明采用每个箔绕组模块由两个按卷绕方向相反成对设置的箔绕组单元组成和使所有接头均通过外置连接件依序实现内内连接、外外连接、内内连接的新设计，避免了现有箔绕组内层接头在现场连接的不便，使箔绕组模块更加适合于现场查损和方便组合连接安装。

[0038] 上述各实施例是提供给本领域普通技术人员来实现或使用本发明的，本领域普通技术人员可在不脱离本发明的发明思想的情况下，对上述实施例做出种种修改或变化，因而本发明的保护范围并不被上述实施例所限，而应该是符合权利要求提到的创新性特征的最大范围。

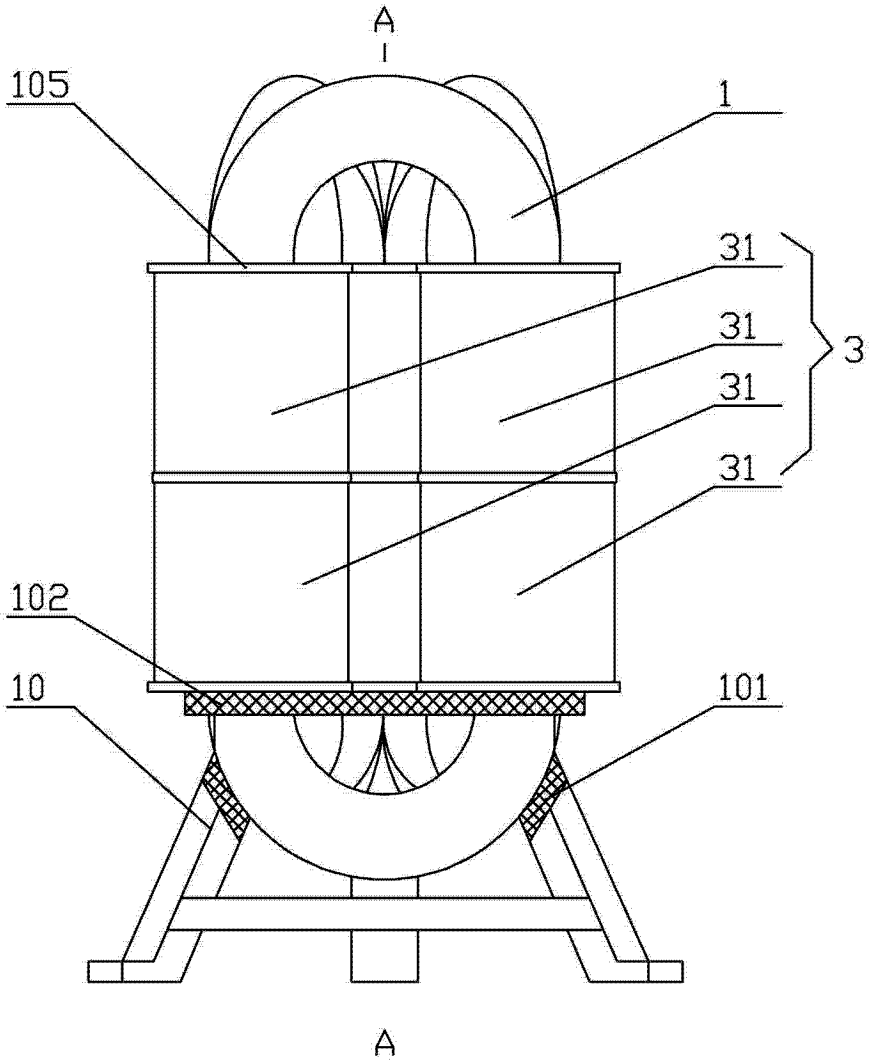


图 1

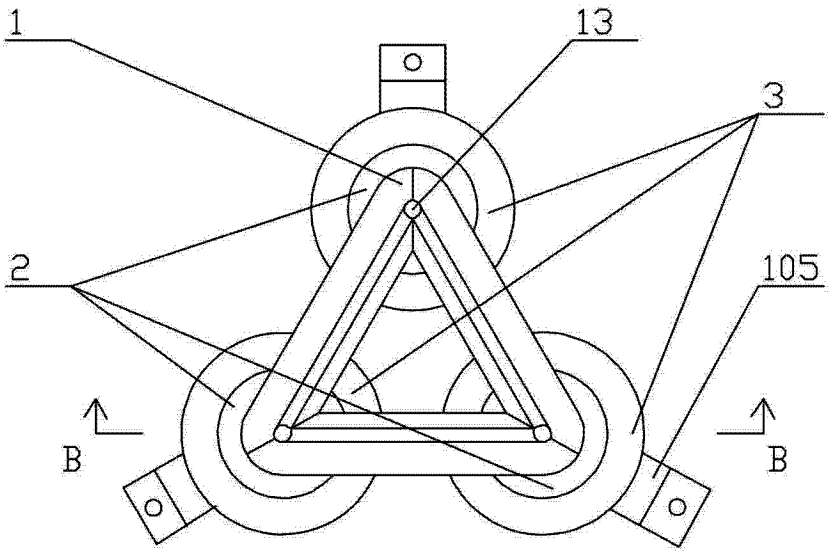


图 2

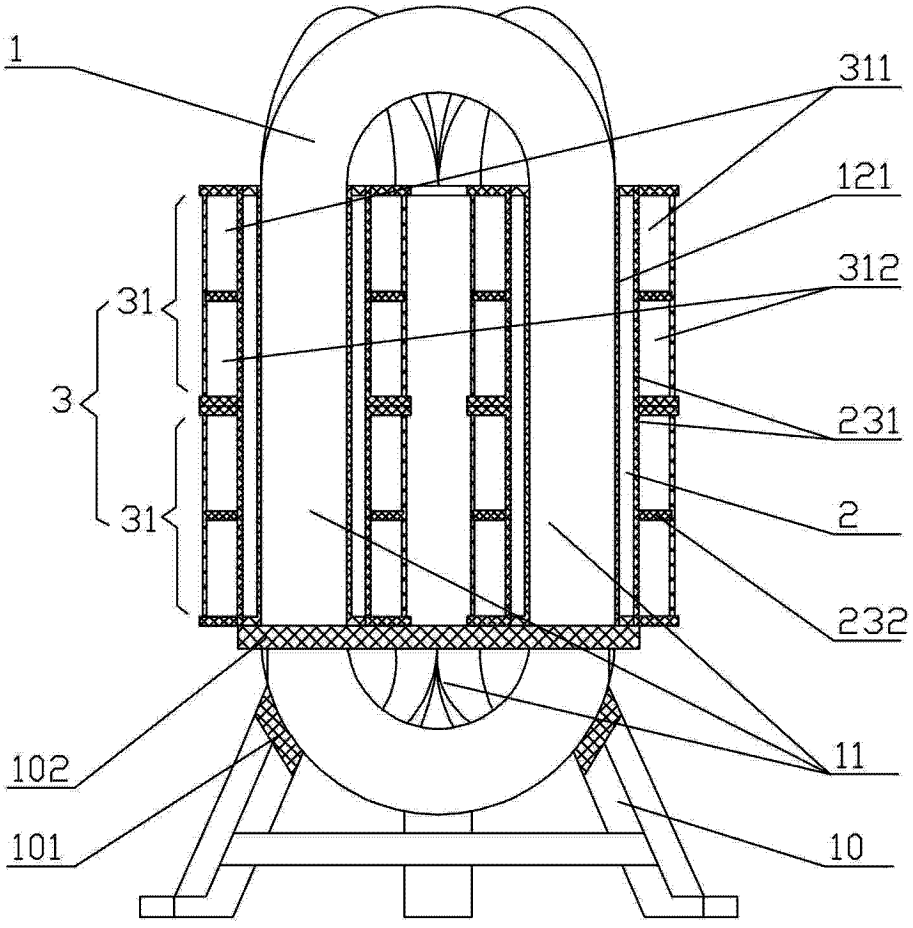


图 3

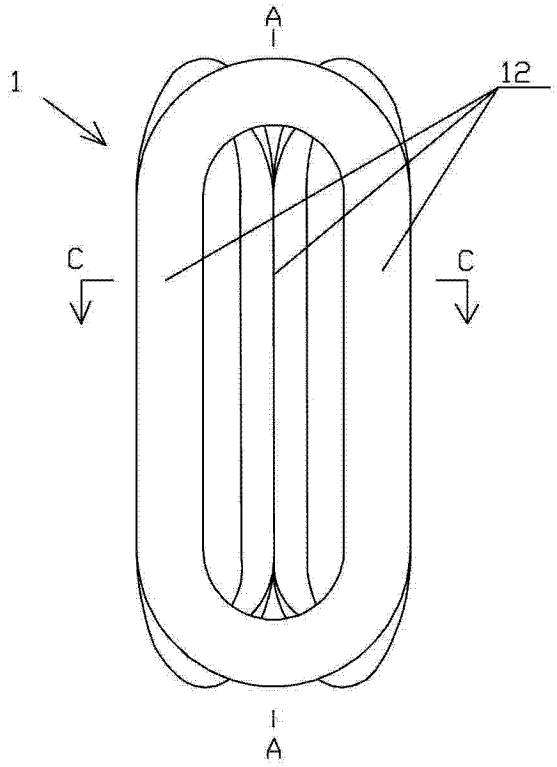


图 4

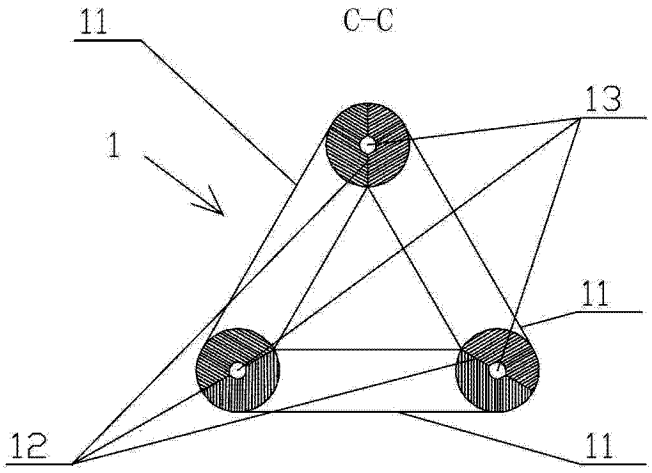
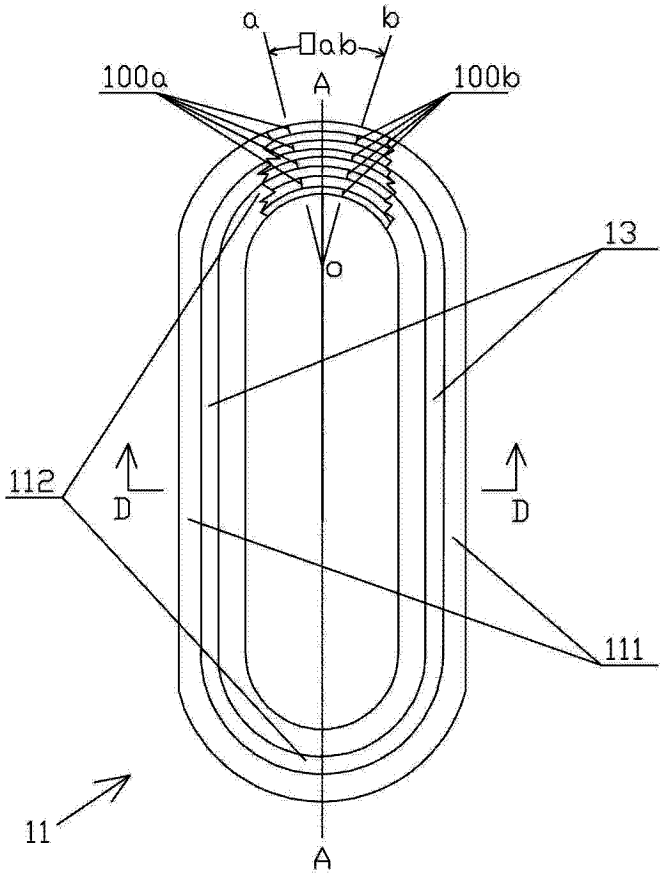


图 5


a
b
□ab
100a
A
100b
13
o
112
D
D
111
11
A

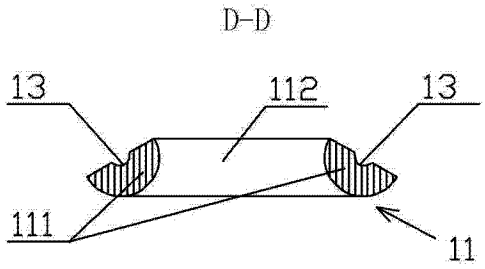
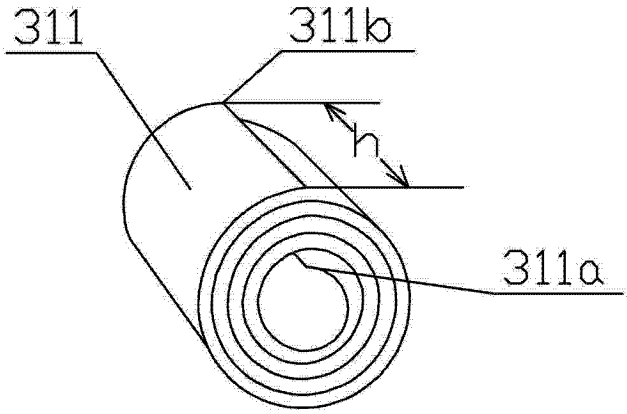

D-D
13
112
13
111
11

图 7

图 6


311
311b
h
311a

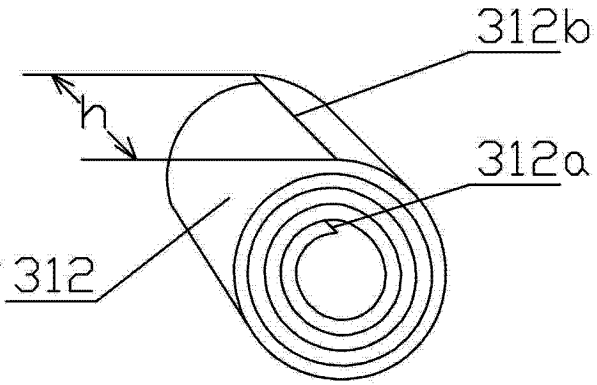

312b
h
312a
312

图 8

图 9

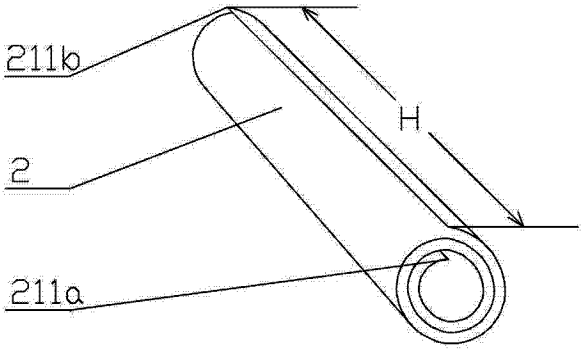

211b
2
H
211a

图 10

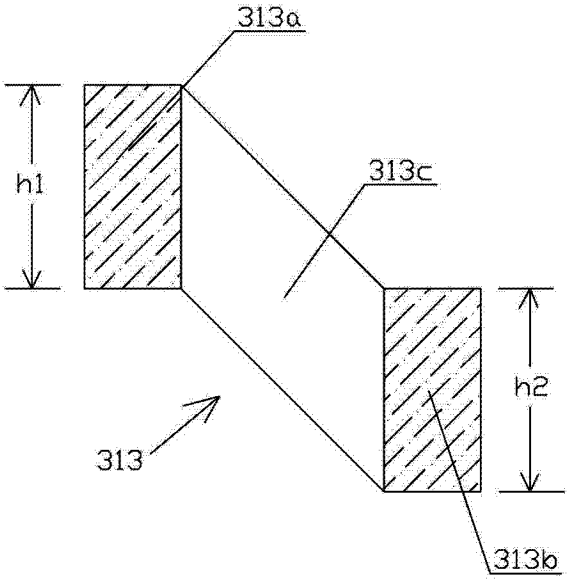

313a
h1
313c
h2
313
313b

图 11

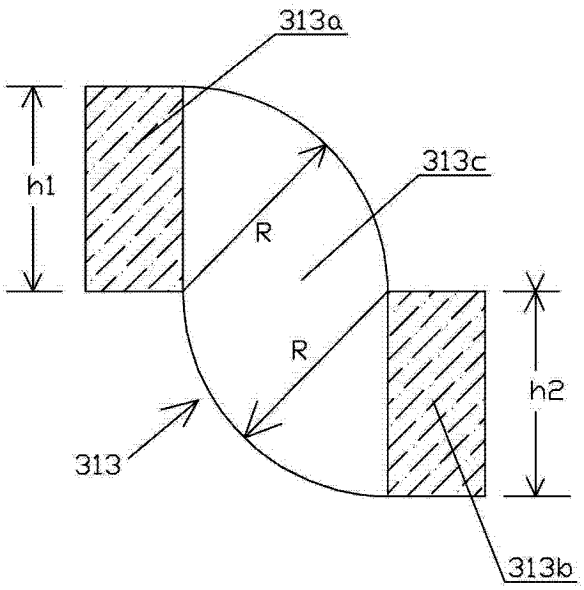

313a
h1
313c
R
R
h2
313
313b

图 12