



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207704998 U

(45)授权公告日 2018.08.07

(21)申请号 201721864662.9

H01F 27/34(2006.01)

(22)申请日 2017.12.27

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

(73)专利权人 北方民族大学

地址 750021 宁夏回族自治区银川市西夏区文昌北路204号

(72)发明人 李学生 白东浩 张尊扬 盛洪江
张新闻 师洪涛 吴国强 刘凡齐

(74)专利代理机构 北京市领专知识产权代理有限公司 11590

代理人 林辉轮 张玲

(51)Int.Cl.

H01F 27/245(2006.01)

H01F 27/26(2006.01)

H01F 27/30(2006.01)

H01F 27/32(2006.01)

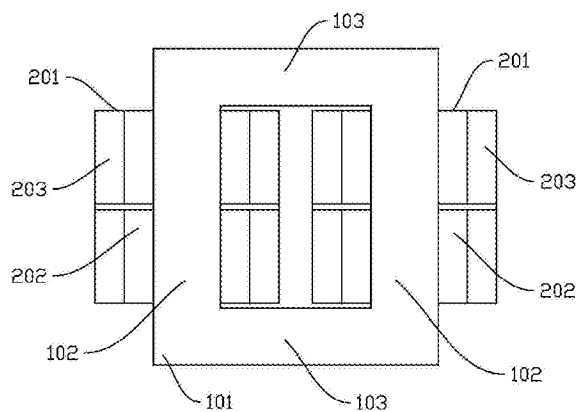
权利要求书1页 说明书7页 附图7页

(54)实用新型名称

一种机车用变压器

(57)摘要

本实用新型涉及一种机车用变压器,包括铁芯、封装部件和绕组,铁芯由铁芯柱和铁轭构成心式结构,并利用封装部件进行铁芯的固定与封装,铁芯柱横截面呈多边形结构,其近似圆直径介于270毫米与290毫米之间时,铁芯柱的级数大于11级;绕组包括低压绕组和高压绕组,绕组采用同心式,且绕组沿铁芯柱的轴线方向分为上、下两层,形成双绕组四分裂结构;上层绕组的顶部、两层绕组之间以及下层绕组的底部均设置有绝缘端圈,绝缘端圈用于绝缘。在机车用变压器空间及重量的限制条件下,本机车用变压器不仅满足大容量、轻量化和高可靠性的技术要求,还可以减少漏磁及涡流损耗,从而使得该机车用变压器具有较高的功率密度。



1. 一种机车用变压器,其特征在于,包括铁芯、封装部件和绕组,所述铁芯由铁芯柱和铁轭构成心式结构,并利用所述封装部件进行铁芯的固定与封装,所述铁芯柱和铁轭分别由铁芯柱叠片和铁轭叠片叠压而成,铁芯柱横截面呈多边梯形结构,其近似圆直径介于270毫米与290毫米之间时,铁芯柱的级数大于11级;所述绕组包括低压绕组和高压绕组,绕组采用同心式,且绕组沿铁芯柱的轴线方向分为上、下两层,形成双绕组四分裂结构;上层绕组的顶部、两层绕组之间以及下层绕组的底部均设置有绝缘端圈,所述绝缘端圈用于绝缘。

2. 根据权利要求1所述的机车用变压器,其特征在于,所述铁芯柱和铁轭分别由尺寸参数为十三个等级的铁芯柱叠片和铁轭叠片叠压而成,铁芯柱横截面的似圆直径为270毫米,级数为13级。

3. 根据权利要求2所述的机车用变压器,其特征在于,所述铁芯柱叠片和铁轭叠片均是由硅钢片叠压而成,所述硅钢片的厚度为0.3毫米。

4. 根据权利要求3所述的机车用变压器,其特征在于,形成绕组的导线为NOMEX纸包扁铜线。

5. 根据权利要求4所述的机车用变压器,其特征在于,所述绕组中,内层为低压绕组,外层为高压绕组。

6. 根据权利要求5所述的机车用变压器,其特征在于,低压采用单螺旋式结构,高压采用连续式结构。

7. 根据权利要求1-6任一所述的机车用变压器,其特征在于,所述上层绕组顶部的绝缘端圈厚度为18毫米,下层绕组底部的绝缘端圈厚度为28毫米,上下两层绕组之间的绝缘端圈厚度为34毫米。

8. 根据权利要求7所述的机车用变压器,其特征在于,所述低压绕组中:线圈上下两端设置6组绝缘端圈,低压线圈与高压线圈之间的绝缘由低压侧到高压侧依次由3.25mm油道、5mm纸筒、3.25mm油道、5mm纸筒、3.25mm油道构成;所述高压绕组中:线圈上下两端设30组绝缘端圈。

9. 根据权利要求8所述的机车用变压器,其特征在于,所述低压绕组包括6层低压线圈,导线为交错式线饼结构,其中,1-5层导线匝数为9,第6层导线匝数为8,导线间油道空隙为2.25mm,导线出头为2根导线并绕。

10. 根据权利要求9所述的机车用变压器,其特征在于,所述高压绕组包括30层高压线圈,导线为交错式线饼结构,1-29层导线匝数为47,第30层导线匝数为31,每层导线间空隙0.48mm,每2层导线间设置一油道,油道空隙2.25mm,导线出头为1根导线包绕。

一种机车用变压器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及特殊电压等级电力变压器技术领域,具体涉及一种机车用变压器。

背景技术

[0002] 近年来,随着我国动车组的不断提速,铁道部门对高速动车组动力设备的可靠性和安全性提出了越来越高的要求;机车用变压器是电气化铁路中最主要的电气设备,其性能的优劣对电气化铁路的运行有着决定性的影响;机车用变压器是高速动车组牵引传动系统的关键部件,为了满足现代电气化铁路提速的要求,作为电气系统关键部件的机车用变压器日益向轻量化、小型化和高可靠性方向发展;然而,高速动车组牵引传动系统对机车用变压器容量的需求却越来越大,如何在动车组空间及重量的限制下,减少漏磁及涡流损耗,提高机车用变压器的功率密度是目前亟待解决的问题。

实用新型内容

[0003] 本实用新型的目的在于改善现有技术中所存在的不足,提供一种机车用变压器,在机车用变压器空间及重量的限制条件下,该机车用变压器不仅满足大容量、轻量化和高可靠性的技术要求,还可以减少漏磁及涡流损耗,从而使得机车用变压器具有较高的功率密度。

[0004] 本实用新型解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0005] 一种机车用变压器,包括铁芯、封装部件和绕组,所述铁芯由铁芯柱和铁轭构成心式结构,并利用所述封装部件进行铁芯的固定与封装,所述铁芯柱和铁轭分别由铁芯柱叠片和铁轭叠片叠压而成,铁芯柱横截面呈多边形结构,其近似圆直径介于270毫米与290毫米之间时,铁芯柱的级数大于11级;所述绕组包括低压绕组和高压绕组,绕组采用同心式,且绕组沿铁芯柱的轴线方向分为上、下两层,形成双绕组四分裂结构;上层绕组的顶部、两层绕组之间以及下层绕组的底部均设置有绝缘端圈,所述绝缘端圈用于绝缘。

[0006] 优选地,所述铁芯柱和铁轭分别由尺寸参数为十三个等级的铁芯柱叠片和铁轭叠片叠压而成,铁芯柱横截面的似圆直径为270毫米,级数为13级。

[0007] 优选地,所述铁芯柱叠片和铁轭叠片均是由硅钢片叠压而成,所述硅钢片的厚度为0.3毫米。

[0008] 优选地,所述铁芯采用的是四片式交叠结构。变压器的铁芯是由铁芯柱和铁轭两部分组成的,为变压器的主磁路,为了提高磁路的导磁性能和较少铁损,铁芯采用的是四片式交叠结构。

[0009] 优选地,所述铁芯中铁轭的横截面为长方形。

[0010] 优选地,形成所述绕组的导线为NOMEX纸包扁铜线。由于NOMEX纸其电气、化学和机械完整性极高,且弹性、柔韧性、抗撕裂性、耐潮湿及耐磨性都很好,而且非常耐酸碱腐蚀,不会被昆虫、霉菌和真菌破坏,它可以与所有种类清漆、粘合剂、变压器液体、润滑油、以及

冷冻剂相容,另NOMEX纸耐热温度高,即使温度高达220℃,仍然保持原有绝缘性能,使用NOMEX纸包扁铜线可以提高变压器的性能,并提高可靠性和安全性。

[0011] 优选地,所述同心式绕组中,内层为低压绕组,外层为高压绕组。这样的结构使得变压器的绝缘要求更容易得到满足,同时便于引出高压绕组的高压分接开关。

[0012] 优选地,所述低压绕组采用单螺旋式结构,所述高压绕组采用连续式结构。低压绕组与高压绕组的这两种绕制方式可以视为线圈绕组为交错式,能够减小漏磁的产生,降低绕组附加损耗,特别是涡流损耗。优选地,所述上层绕组顶部的绝缘端圈厚度为18毫米,下层绕组底部的绝缘端圈厚度为28毫米,上下两层绕组之间的绝缘端圈厚度为34毫米。绝缘端圈的厚度越大,绝缘效果越好,但相应的绝缘端圈占据的变压器内部空间就越大,所以在满足空间要求的情况下,可以适当地增加绝缘端圈的厚度。

[0013] 优选地,所述低压绕组中:线圈上下两端设置6组绝缘端圈,低压线圈与高压线圈之间的绝缘由低压侧到高压侧依次由3.25mm油道、5mm纸筒、3.25mm油道、5mm纸筒、3.25mm油道构成;所述高压绕组中:线圈上下两端设30组绝缘端圈。线圈之间的绝缘效果好,有利于减小漏磁,从而有效地提高功率密度。

[0014] 优选地,所述低压绕组包括6层低压线圈,导线为交错式线饼结构,其中,1-5层导线匝数为9,第6层导线匝数为8,导线间油道空隙为2.25mm,导线出头为2根导线并绕。油道起着绝缘、冷却、散热的作用,这样,一方面有利于线圈接线,另一方面有利于使变压器的性能更稳定,并获得较高的功率密度。

[0015] 优选地,所述高压绕组包括30层高压线圈,导线为交错式线饼结构,1-29层导线匝数为47,第30层导线匝数为31,每层导线间空隙0.48mm,每2层导线间设置一油道,油道空隙为2.25mm,导线出头为1根导线包绕。

[0016] 与现有技术相比,使用本实用新型提供的一种机车用变压器具有的有益效果是:对机车用变压器铁芯的尺寸参数、漏磁、损耗等参数进行了优化设计,并在机车用变压器空间及重量的限制条件下,设计出了一种双绕组四分裂机车用变压器,不仅满足大容量、轻量化和高可靠性的技术要求,还能有效地减少漏磁,降低绕组附加损耗,特别是涡流损耗,从而使得机车用变压器具有更高的功率密度。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本实用新型实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本实用新型的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0018] 图1为本实用新型实施例提供的一种机车用变压器中,铁芯柱叠片与铁轭叠片的叠装示意图;

[0019] 图2为本实用新型实施例提供的一种机车用变压器完成叠装之后,铁芯的结构示意图;

[0020] 图3为本实用新型实施例提供的一种机车用变压器中,铁芯柱横截面的结构示意图;

[0021] 图4为本实用新型实施例提供的一种机车用变压器中,铁芯柱横截面近似圆的示

意图；

[0022] 图5为本实用新型实施例提供的一种机车用变压器中,铁芯被封装部件固定并封装之后的效果图；

[0023] 图6为本实用新型实施例提供的一种双绕组四分裂机车用变压器中低、高压绕组的示意图；

[0024] 图7为本实用新型实施例提供的一种机车用变压器的主视图。

[0025] 图8为本实用新型实施例提供的一种机车用变压器中,低、高压线圈绕向及出头示意图；

[0026] 图中标记说明

[0027] 铁芯101;铁芯柱102;铁轭103;叠片104;

[0028] 绕组201;低压绕组202;高压绕组203;第一低压绕组204;第二低压绕组205;第三低压绕组206;第四低压绕组207;第一高压绕组208;第二高压绕组209;第三高压绕组210;第四高压绕组211;绝缘端圈212;

[0029] 封装部件301,拉螺杆302。

[0030] 铁芯柱叠片102-1,铁轭叠片103-1。

具体实施方式

[0031] 下面将结合本实用新型实施例中附图,对本实用新型实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本实用新型一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本实用新型实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。因此,以下对在附图中提供的本实用新型的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本实用新型的范围,而是仅仅表示本实用新型的选定实施例。基于本实用新型的实施例,本领域技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本实用新型保护的范围。

[0032] 实施例1

[0033] 本实施例中提供了一种机车用变压器,包括铁芯101、封装部件301和绕组201,所述铁芯101由铁芯柱102和铁轭103构成心式结构,并利用所述封装部件301进行铁芯101的固定与封装,所述铁芯柱102和铁轭103分别由铁芯柱叠片102-1和铁轭叠片103-1叠压而成,铁芯柱102横截面呈多边形结构,其近似圆直径介于270毫米与290毫米之间时,铁芯柱102的级数大于11级;所述绕组201包括低压绕组202和高压绕组203,绕组201采用同心式,且绕组201沿铁芯柱102的轴线方向分为上、下两层,形成双绕组201四分裂结构;上层绕组201的顶部、两层绕组201之间以及下层绕组201的底部均设置有绝缘端圈212,所述绝缘端圈212用于绝缘。

[0034] 优选地,所述铁芯柱叠片102-1和铁轭叠片103-1均是由硅钢片叠压而成,所述硅钢片的厚度为0.3毫米。铁芯101是变压器的基本组成部分,是变压器的主磁路;铁芯101通常由铁芯柱102和铁轭103两部分组成,为了提高铁芯101的导磁性能和减少铁损,铁芯101常用厚度为0.35-0.5mm、表面涂有绝缘漆的热轧或冷轧硅钢片叠成。

[0035] 在本实施例中,铁芯柱102和铁轭103分别由尺寸参数为十三个等级的铁芯柱叠片102-1和铁轭叠片103-1叠压而成,如表1所示,

[0036] 表1铁芯中的铁芯柱叠片及铁轭叠片的尺寸参数

[0037]

等级	铁芯柱叠片				铁轭叠片			
	长度,mm	宽度,mm	厚度,mm	叠片数,片	长度,mm	宽度,mm	厚度,mm	叠片数目,片
1	1100	55	8	28	710	220	8	28
2	1100	70	8	28	710	220	8	28
3	1100	85	20	68	710	220	20	68
4	1100	110	24	80	710	220	24	80
5	1100	135	20	68	710	220	20	68
6	1100	150	28	92	710	220	28	92
7	1100	170	36	120	710	220	36	120
8	1100	190	44	148	710	220	44	148
9	1100	210	56	184	710	220	56	184
10	1100	230	36	120	710	220	36	120
11	1100	240	44	148	710	220	44	148
12	1100	250	60	200	710	220	60	200
13	1100	260	144	480	710	220	144	480

[0038] 变压器的铁芯101是由铁芯柱102和铁轭103两部分组成的,为变压器的主磁路,为了提高磁路的导磁性能和较少铁损,铁芯101采用的是四片式交叠结构,叠压之后形成两根铁芯柱102,两根铁芯柱102之间通过连接铁轭103形成封闭回路,如图1所示为铁芯柱叠片102-1与铁轭叠片103-1叠装的示意图;铁芯101叠装完成之后的效果图如图2所示,铁芯柱102横截面为多边梯形结构,级数为13级,如图3所示,所述多边梯形结构的轮廓近似一个圆,如图3或图4所示,可以进一步计算出(或测量出)该多边梯形的近似圆直径为270mm,即铁芯柱102横截面的近似圆直径为270mm,铁芯101中铁轭103的横截面为长方形。

[0039] 另一种方案中,铁芯柱叠片102-1和铁轭叠片103-1均是由硅钢片叠压而成,硅钢片的厚度均为0.3毫米。封装部件301分为上、下两部分,封装部件301的上部用于封装位于上方的铁轭103,封装部件301的下部用于封装位于下方的铁轭103;封装部件301上、下两部分用6组拉螺杆302连接在一起,实现铁芯101的固定;利用封装部件301将铁芯101固定并封装之后的效果图如图5所示,铁芯101被封装部件301固定之后,铁轭103被全部封装在内部,铁芯柱102处便于设置绕组201。

[0040] 本实施例中,所述机车用变压器的其余参数为:额定容量6456KVA,额定电压25000V,绝缘水平LI75AC35/LI-AC 5;

[0041] 硅钢片牌号30Q120,迭片系数0.97。

[0042] 由上述可知,铁芯柱102直径 $D=270\text{mm}$,级数 $n=13$,最大片宽260mm,铁轭103高=220mm,总叠厚264mm。根据变压器设计原理中铁芯柱102级数与铁芯101直径的关系,铁芯101直径在270-290mm时,级数 $n=11$,而本机车用变压器级数多出两级,说明本变压器中,变压器内部空间的利用更充分,有利于提高了铁芯101填充系数,从而可以有效地提高机车用变压器的功率密度。

[0043] 根据空间填充系数公式:

$$[0044] \quad K_{sp} = \frac{\text{铁芯的实际几何面积}}{\text{铁芯外接圆面积}} = \frac{\text{多级矩形的总几何面积}}{\frac{1}{4}\pi D^2} < 1$$

[0045] 可知,当铁芯101级数越多时,填充系数越高,空间利用效果好,漏磁也较少;而漏磁的减少,有利于减少变压器汇中绕组201的涡流损耗,从而有效的降低铜耗,限制漏磁场中绕组201导线产生的感生电势,从而有效的提高绕组201的铜箔密度,使得变压器功率密度得以提高。因此,为进一步地探究该变压器的功率密度,需要对变压器的漏磁以及涡流损耗进行计算。

[0046] 进一步地,在本实施例中,由于铁芯101的铁芯柱102为多级形,铁轭103为矩形,根据公式:

[0047] 铁芯柱截面: $A_t = \Sigma$ 级数 n *级厚*迭片系数;

[0048] 铁轭截面: $A_e =$ 总叠厚*铁轭高*迭片系数;

[0049] 角重: $G_{\Delta} = 2*$ 芯柱截面 A_t* 铁轭高 H_e* 硅钢片比重;

[0050] 可以得到:

[0051] 铁芯柱截面 $A_t = 32.336\text{cm}^2$,铁轭截面 $A_e = 563.376\text{cm}^2$,估算磁密 $B_m = 1.5\text{T}$,铁芯柱磁通密度 $B_t = 1.517\text{T}$,铁轭磁通密度 $B_e = 1.433\text{T}$,铁芯柱单位损耗 $P_t = 0.8521\text{W/kg}$,铁轭单位损耗 $P_e = 0.7513\text{W/kg}$,铁芯柱单位激磁容量 $q_t = 1.0797\text{VA/kg}$, $q_{\delta t} = 2.1191\text{VA/cm}^2$,铁轭单位激磁容量 $q_e = 0.9258\text{VA/kg}$, $q_{\delta e} = 1.558\text{VA/cm}^2$;

[0052] 工艺系数 $K_o = 1.3$,角重 $G_{\Delta} = 179.2\text{kg}$,铁轭重 $G_e = 602.7\text{kg}$,铁芯柱重 $G_t = 716.7\text{kg}$,故铁芯重 $G_{Fe} = 1499\text{kg}$ 。

[0053] 空载损耗: $P_o = K_{po} * [(G_t + G_{\Delta}/2) * P_t + (G_e + G_{\Delta}/2) * P_e] = 2052\text{W}$,

[0054] 其中,空载损耗系数 K_{po} 取值1.7;

[0055] 铁耗电流: $I_{oy} = P_o / (10 * S_n) = 0.032\%$;

[0056] 磁化电流为:

[0057] $I_{or} = K_o * [(G_t + G_{\Delta}/2) * q_t + (G_e + G_{\Delta}/2) * q_e + N_{ft} * q_{\delta t} * A_{ft} + N_{fe} * q_{\delta e} * A_{fe}] / (10 * S_n) = 0.112\%$,

[0058] 空载电流: $I_o = \sqrt{I_{oy}^2 + I_{or}^2} = 0.116\%$ 。

[0059] 空载损耗及空载电流都是表征变压器性能的重要指标,由上述计算可知,本变压器中,空载损耗及空载电流都非常小,有利于本变压器的性能更优越,从而有利于获得更高的功率密度。

[0060] 绕组201也是变压器的重要组成部分,在本实例中,绕组201中的导线均采用NOMEX纸包扁铜线;由于NOMEX纸其电气、化学和机械完整性极高,且弹性、柔韧性、抗撕裂性、耐潮湿及耐磨性都很好,而且非常耐酸碱腐蚀,不会被昆虫、霉菌和真菌破坏,它可以与所有种类清漆、粘合剂、变压器液体、润滑油、以及冷冻剂相容,另NOMEX纸耐热温度高,即使温度高达220℃,仍然保持原有绝缘性能,使用NOMEX纸包扁铜线可以提高变压器的性能,并提高可靠性和安全性。更进一步地,在本实施例中,铁芯101中的两根铁芯柱102上均设置有绕组201,且绕组201采用的是同心式,如图6所示,其中,内层(靠近铁芯柱102的部分)为低压绕组202,外层(远离铁芯柱102的部分)为高压绕组203;绕组201沿铁芯柱102的轴线方向分为上、下两层,从而形成双绕组201四分裂机车用变压器的主体结构,具体而言,

[0061] 低压绕组202可以采用单螺旋式结构,高压绕组203可以采用连续式结构。低压绕组202与高压绕组203的这两种绕制方式可以视为线圈绕组201为交错式,能够减小漏磁的产生,降低绕组201附加损耗,特别是涡流损耗。

[0062] 低压绕组202包括6层低压线圈,导线为交错式线饼结构,1-5层导线匝数为9,第6层导线匝数为8,低压侧导线总匝数为53,导线间油道空隙2.25mm,导线出头为2根导线并绕,导线出头方向为X方向;油道起着绝缘、冷却、散热的作用,这样,一方面有利于线圈接线,另一方面有利于使变压器的性能更稳定,并获得较高的功率密度。

[0063] 高压绕组203包括30层高压线圈,导线为交错式线饼结构,1-29层导线匝数为47,第30层导线匝数为31,高压侧导线总匝数为1394,每组导线间空隙0.48mm,每2层导线间设置一油道,油道空隙为2.25mm,导线出头为1根导线包绕,导线出头方向为X向Y向各一。

[0064] 如图7所示,上层绕组201的顶部、两层绕组201之间以及下层绕组201的底部均设置有绝缘端圈212,绝缘端圈212用于隔离绕组201,起到绝缘的目的;其中,顶部绝缘端圈212厚度18mm,底部绝缘端圈212厚度28mm,中间绝缘端圈212厚度为34mm;绝缘端圈212的厚度越大,绝缘效果越好,但相应的绝缘端圈212占据的变压器内部空间就越大,所以在满足空间要求的情况下,可以适当地增加绝缘端圈212的厚度。

[0065] 低压绕组202中:线圈上下两端设置6组绝缘端圈212,低压线圈与高压线圈之间的绝缘由低压侧到高压侧依次由3.25mm油道、5mm纸筒、3.25mm油道、5mm纸筒、3.25mm油道构成;高压绕组203中:线圈上下两端设30组绝缘端圈212;线圈之间的绝缘效果好,有利于减小漏磁,从而有效地提高功率密度。

[0066] 如图8所示,在本实施例中,采用的是交错式线圈结构,即高压绕组203和低压绕组202采用沿轴向互相交错排列的结构,能够减小漏磁,因而可以减小电磁力和附加损耗,有利于提高提高机车用变压器的功率密度。在交错式线圈结构中,X相:第一低压绕组204中的线圈绕向向左,导线出头在下部;第二低压绕组205中的线圈绕向向右,导线出头在上部。第一高压绕组208中的线圈绕向向右,导线出头原边向下,副边向右;第二高压绕组209中的线圈绕向向左,导线出头原边向上,副边向右。Y相:第三低压绕组206中的线圈绕向向右,导线出头在下部;第四低压绕组207中的线圈绕向向左,导线出头在上部。第三高压绕组210中的线圈绕向向左,导线出头原边向下,副边向左;第四高压绕组211中的线圈绕向向右,导线出头原边向上,副边向左。

[0067] 变压器中通常存在漏磁现象,其中,由于绕组201导线处于漏磁场内,被漏磁力线所匝链,所以在导线内部将产生感生电势,于是在导线内部将产生涡流,这一涡流流动时所产生的电阻损耗就是导线涡流损耗,变压器中的漏磁场通常可分为纵向和横向漏磁场,一般情况下以纵向漏磁场为主,相应的导线涡流损耗也有由于纵向漏磁引起的以及横向漏磁引起的损耗两种,也以纵向损耗为主,利用如下公式,可进行相关计算。

[0068] 铜导线单位质量纵向涡流损耗为: $P_{e,75^{\circ}\text{C}} = 0.88 * a^2 * f^2 * B_m^2$

[0069] 绕组平均单位质量纵向涡流损耗为:

[0070] $P_{e,75^{\circ}\text{C}} = 0.88 * a^2 * f^2 * \frac{B_m^2}{2} = 0.29 * a^2 * f^2 * B_m^2$

[0071] 整个绕组导线涡流损耗为: $P_{e,75} = P_{e,75^{\circ}\text{C}} * G$

[0072] 导线单位质量纵向涡流损耗用单位质量基本铜耗百分比表示为:

$$[0073] \quad K_w = \left(\frac{P_s}{I^2 R} \right)_{75^\circ\text{C}} = \frac{0.29 * a^2 * f^2 * B_m^2}{2.36(1/100A_k)^2}$$

[0074] 其中,

$$[0075] \quad B_m = \frac{\sqrt{2}IW}{l/p} 4\pi * 10^{-8} = \left[\frac{0.00625 * a * f * A_k * w * p}{l} \right]^2,$$

$$[0076] \quad K_s = \left(\frac{235 + 75}{235 + 120} \right)^2 * 300.7 * \left(\frac{aB}{j} \right)^2$$

[0077] 上述公式中,a为与纵向漏磁相垂直导线宽度,j为电流密度。

[0078] 根据上述公式,可计算出本实施例中涉及的变压器中的相关参数;

[0079] 低压线圈中:绕组的容量为6456KVA,电压为950V,匝电压为17.9245V,电流为1699A,线圈匝数为53,导线截面为257.08mm²,电流密度j=6.61A/m²,平均匝长为1.15m,总长为63.4m,120℃时的电阻值R=0.006029Ω,基本铜耗为9604W,导线重量G=599kg,绕组电抗高度H_k=321.72mm,最大纵向漏磁密度B=0.193T,涡流损耗系数为229,涡流损耗为266W。

[0080] 高压线圈中:绕组的容量为6456KVA,电压为25000V,匝电压为17.9245V,电流为64.56A,线圈匝数为1394,导线截面为9.165mm²,电流密度j=7.044A/m²,平均匝长为1.83m,总长为2550m,120℃时的电阻值R=6.803Ω,基本铜耗为113419W,导线重量G=848kg,绕组电抗高度H_k=341.8mm,最大纵向漏磁密度B=0.193T,涡流损耗系数=229,涡流损耗=382W。

[0081] 由上述参数可以看出,该变压器产生的漏磁极小,涡流损耗相比于基本铜耗也是极小的,从而使得本变压器结构满足大容量、轻量化和高可靠性的技术要求,具有较高的功率密度。

[0082] 以上所述,仅为本实用新型的具体实施方式,但本实用新型的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本实用新型揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本实用新型的保护范围之内。

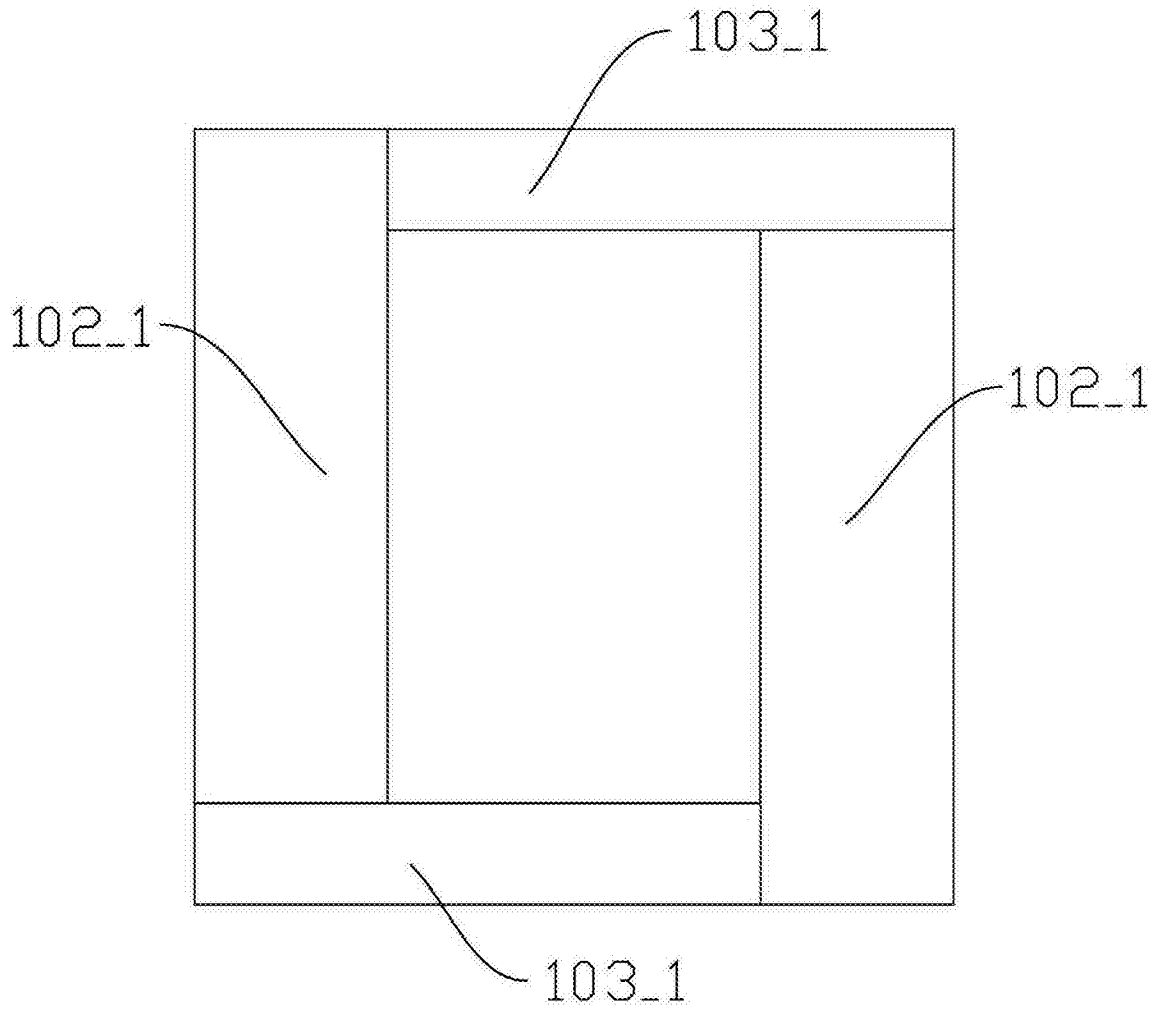


图1

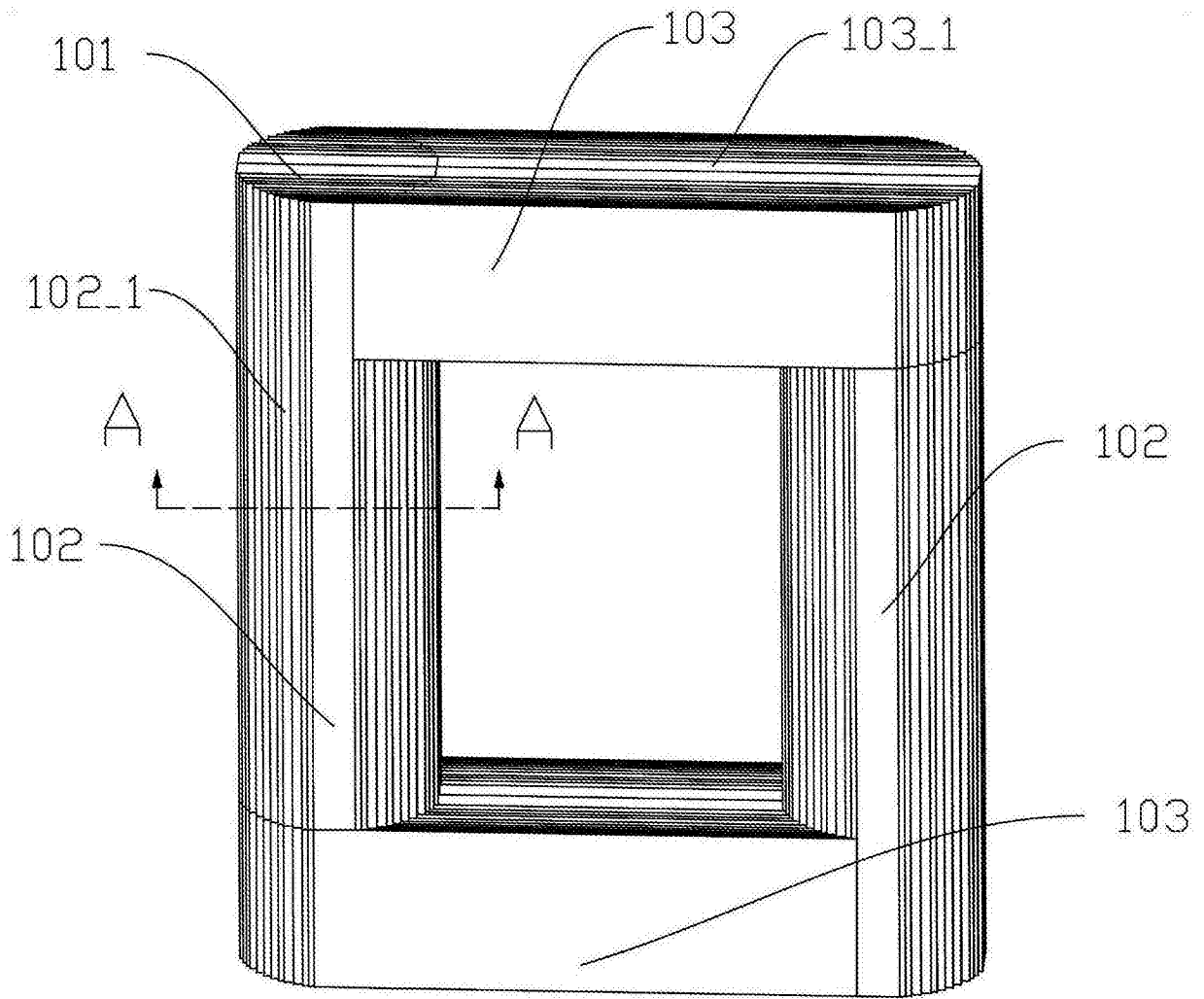


图2

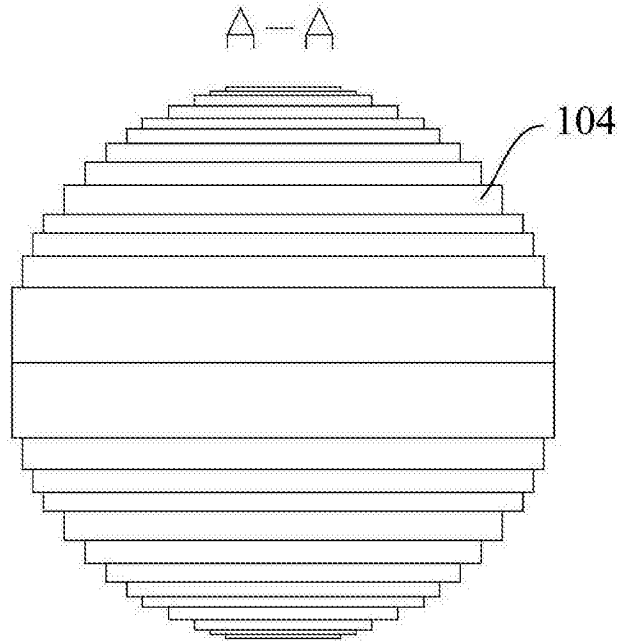


图3

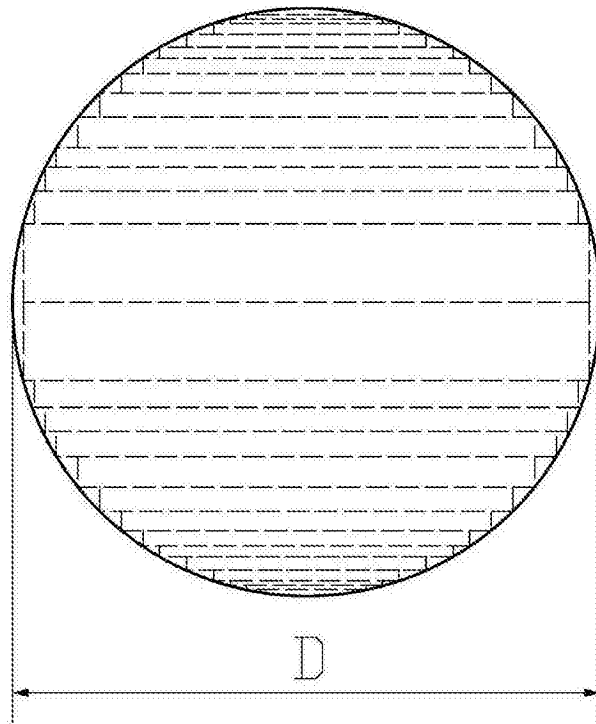


图4

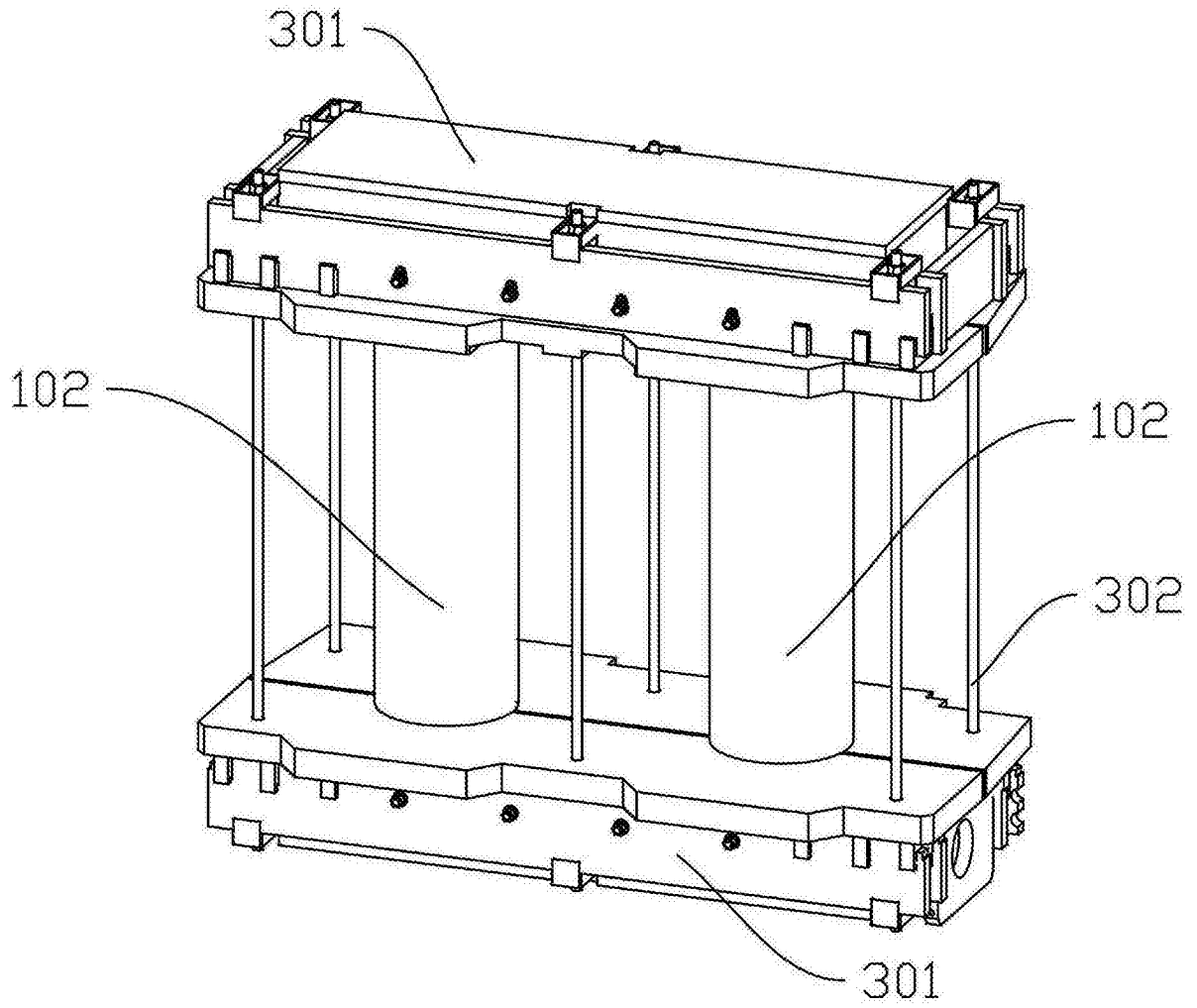


图5

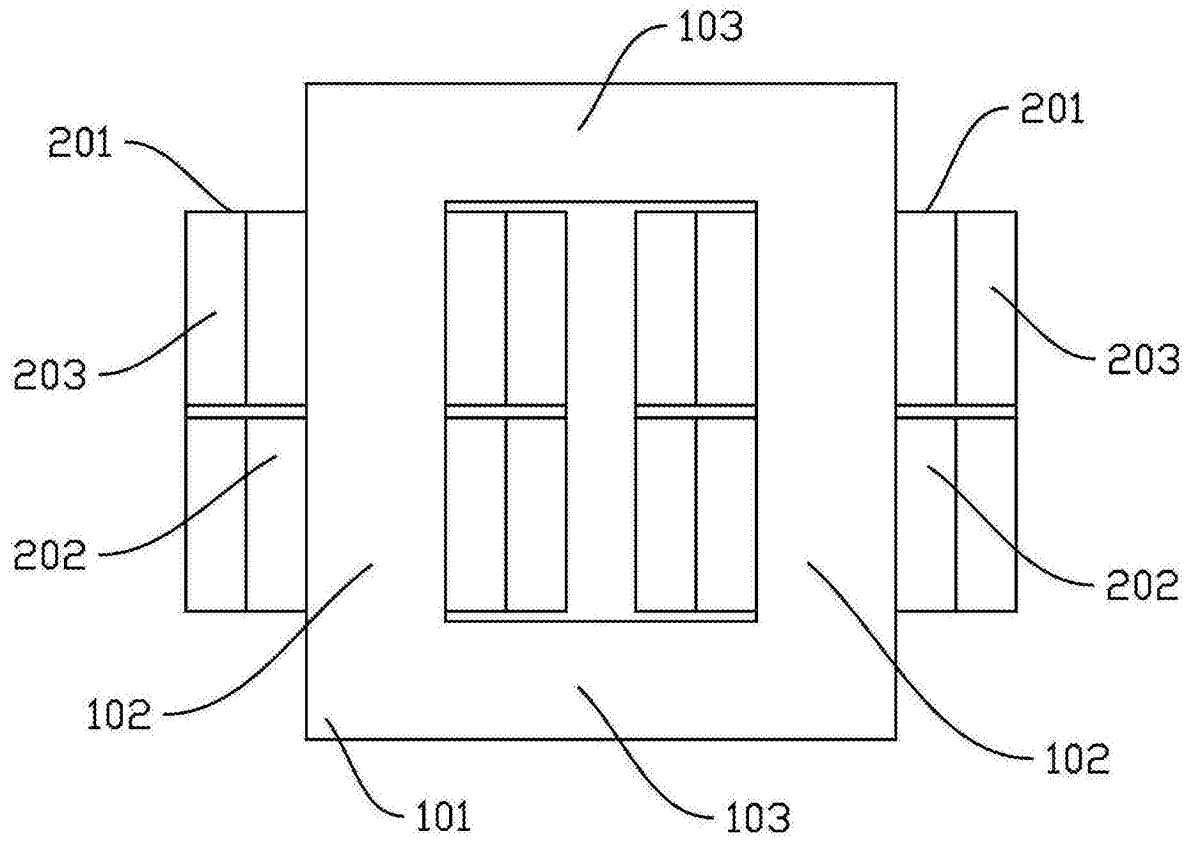


图6

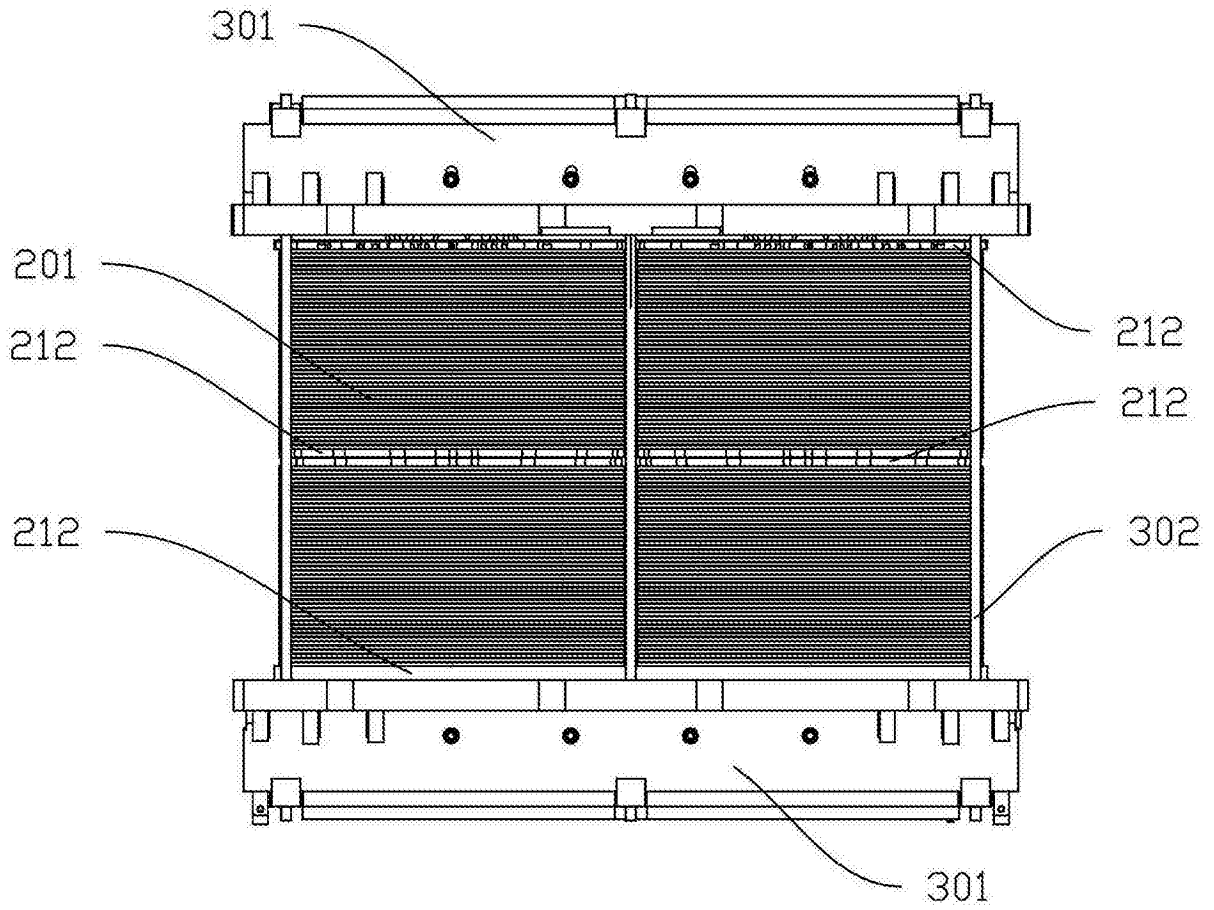


图7

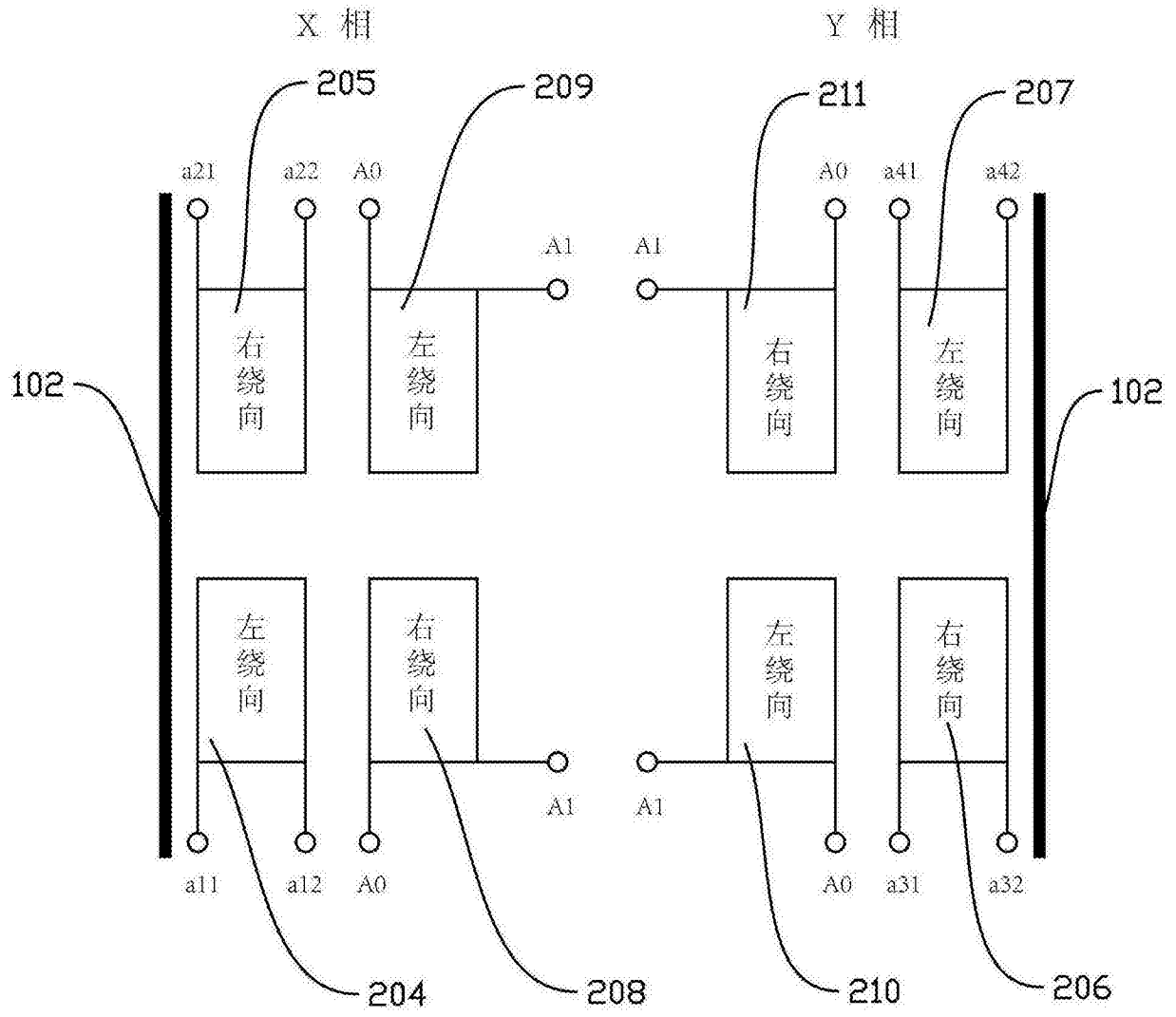


图8