



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111145984 A

(43)申请公布日 2020.05.12

(21)申请号 202010077261.9

(22)申请日 2020.01.25

(71)申请人 孙崇山

地址 161005 黑龙江省齐齐哈尔市龙沙区  
领航国际小区3号楼1单元602室

(72)发明人 孙崇山

(51)Int.Cl.

H01F 27/24(2006.01)

H01F 27/28(2006.01)

H01F 27/30(2006.01)

H01F 27/32(2006.01)

H01F 30/12(2006.01)

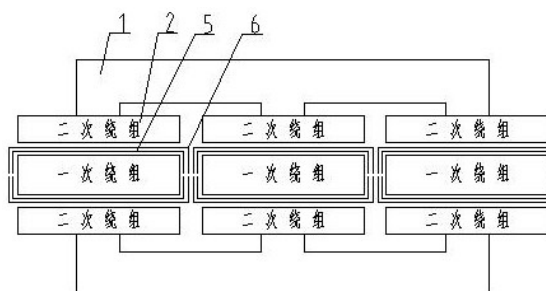
权利要求书1页 说明书9页 附图8页

### (54)发明名称

新型绕组交错式排列的心式变压器

### (57)摘要

本发明是一种新型变压器。综合了现行的壳式变压器和心式变压器的结构优点,可以完全替代现行的壳式和心式变压器。成本大幅度降低,突发短路试验合格率理论上100%。变压器绕组的冷却效果好、过载能力强,极限容量大,运输方便,极限容量的优点要优于壳式。立式运输不便时,可以器身卧倒运输,降低运输高度。结构紧凑,外观体积小,整体重量轻,结构紧凑,引线安装方便,电容分布均匀,绝缘可靠,抗雷击和操作过电压能力强。



1. 新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:包括变压器铁心、变压器绕组,以及或包括U型平底围屏;

其中,所述变压器铁心采用心式结构;

其中,所述变压器绕组是交错式排列;

其中,所述变压器铁心磁通分布与心式变压器相同;

其中,所述变压器绕组漏磁通分布与壳式变压器相同。

2. 根据权利要求1所述新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:所述变压器铁心柱截面和变压器绕组截面是长圆形,或是椭圆形,或是长方形,或是方形、或是由多组曲线组合成的形状,或是由多组直线和多组曲线组合成的形状。

3. 根据权利要求1所述新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:所述变压器铁心柱截面和所述变压器绕组截面是圆形。

4. 根据权利要求1所述新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:新型绕组交错式排列的心式变压器采用U型平底围屏,所述U型平底围屏是由具有规定厚度、规定长度、规定宽度的绝缘纸板制成,在所述绝缘纸板的规定长度或宽度方向上弯成U形或用纸浆直接成型为U形,U型平底围屏的平底是指U字形的底是一个平底或带有一定弧形,一个平底和两个立板围成U字形,并在U型平底围屏的平底中间部位开孔;

其中,所述U型平底围屏的平底位置在新型绕组交错式排列的心式变压器两个绕组的端部之间或绕组端部与铁轭之间;两个立板放在要求绝缘防护的绕组两侧并且两个立板处在变压器器身的相间位置;

其中,所述U型平底围屏的U形开口可向上或向下。

5. 根据权利要求4所述新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:所述U型平底围屏的

所述绝缘纸板或纸浆只是一切绝缘材料的代称,可是具有一定厚度,一定宽度、一定长度、一定机械强度并具有绝缘强度的绝缘材料构成。

6. 根据权利要求4所述新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:所述U型平底围屏的平底底部和立板的宽度、长度、厚度可不同。

7. 根据权利要求1所述新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:新型绕组交错式排列的心式变压器用U型平底围屏,所述U型平底围屏由具有规定厚度、规定长度、规定宽度的绝缘纸板构成,在规定长度或规定宽度方向上弯成L形或用纸浆直接成型为L形,所述L型平底围屏的平底就是指L字形的底是一个平底或有一定的弧形,平底和立板围成一个L字形,平底和立板的规定宽度、规定长度、规定厚度可不同。

8. 根据权利要求7所述新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:所述U型平底围屏的所述绝缘纸板或纸浆只是一切绝缘材料的代称,可是具有一定厚度,一定宽度、一定长度、一定机械强度并具有绝缘强度的绝缘材料构成。

## 新型绕组交错式排列的心式变压器

### 技术领域

[0001] 本发明是一种新型变压器,是除壳式变压器、传统心式变压器之外的另一种变压器形式。综合了现行的壳式变压器和心式变压器的结构优点,可以完全替代传统的壳式和心式变压器。本发明还包括一种对变压器绕组端部进行绝缘防护的新型绝缘部件,主要应用于绕组交错式排列心式变压器和壳式变压器中,同心式变压器也可应用。由于这种新型绝缘部件的发明,产生了一种全新的绕组端部绝缘结构和绝缘防护方法,极大改善高压绕组端部的电场分布,减小主漏磁空道的距离,减少变压器成本。

### 背景技术

[0002] 变压器是应用于电网和电力系统中的一种最主要电力设备,主要由铁心和绕组(两者合称变压器器身)构成,绕组也叫线圈。如按铁心和绕组结构分类,变压器可分成心式和壳式两种。

[0003] 心式变压器基本结构如图1所示(三相),铁心柱截面、线圈截面为圆形、器身为立放,高、中、低压线圈依次同心地套在铁心柱上,线圈包围铁心,线圈为同心式排列。铁心柱截面是由多级不同片宽、不同厚度的铁心片叠成,铁心柱截面的外接形状为外接圆形,故叫铁心截面圆形(同理,绕组截面也以外接形状为名称)。

[0004] 壳式变压器铁心结构如图2、3所示,铁心柱截面为长方形,铁心迭片只有一种片宽,多个铁心片叠加成一定的厚度,铁心柱截面的外接形状为长方形,器身为卧放,两边有旁铁轭。铁心包围线圈,线圈交错式排列。心式三相五柱式铁心带有旁轭和旁柱,但结构与计算方法与壳式有本质区别。

[0005] 器身卧放还是立放对变压器温升和运输影响极大。

[0006] 心式变压器与壳式变压器在电磁理论上最主要区别是线圈漏磁方向不同,造成线圈所受电力的方向不同,所以其线圈、铁心结构各有特点,另外,还有一点是铁心磁通计算与分布两者区别较大。

[0007] 心式变压器与壳式相比成本低,但抗突发短路能力差,对绕组的圆度要求极高,如绕组圆度稍差,抗突发短路能力急剧下降。

[0008] 壳式变压器成本较高,但抗突发短路能力极好,故铁心和线圈可以采用长方形截面。

[0009] 铁心一般由心柱、铁轭构成,或包括旁柱,凡是套装绕组的柱叫心柱。铁心柱截面是圆形,无论铁轭和旁柱形状,就叫铁心截面是圆形。因此,铁心心柱形状即是铁心形状。

[0010] 目前,我国和国外绝大多数厂家均生产绕组同心式心式变压器,只有很少的变压器厂生产壳式变压器。通常对于壳式变压器的生产厂,其所生产的壳式电力变压器的容量大于120MVA,一般电压大于330KV。在小于这一规格时,壳式变压器生产厂也使用心式变压器技术。这是因为容量大于120MVA时,壳式变压器在技术和经济上较心式变压器具有一定的优越性,而在容量小时,心式变压器更为优越。壳式变压器缺点是成本太高,铁心内磁通分布复杂,三相线电压易于不平衡。

[0011] 心式变压器最大缺点是突发短路试验通过率极低,目前国内不超50%。由于成本原因,国内一些生产和科研院所设计了一批心式椭圆形铁心和绕组的配电变压器,规格主要是10KV电压,容量在30—1600KVA,成本虽降低了,但据国网公司抽查,突发短路试验合格率极低,小于30%。无论干式、油浸或其他浸渍型包括六氟化硫等变压器都存在相同的问题。

[0012] 从目前国内市场状况分析,决定变压器企业存亡的两大难题:变压器成本和突发短路试验合格率。

[0013] 变压器端部电场是指绕组端部对上、下铁轭和对相邻绕组的端部之间及绕组端部对油箱及其他接地零部件之间的电场。绕组端部往往承受较高幅值的工频和冲击电压的作用。当电场状况差时,变压器体积和重量增加,因此要求在不降低应有的绝缘强度的前提下,尽可能减小端部的绝缘距离,但端部电场状况极复杂,它是一个容易发生沿面爬电的结构,解决放电问题的办法是增加绝缘距离或者增加角环。

[0014] 为改善绕组端部的电场分布,措施之一就是采用角环。角环是变压器主绝缘最重要一种,角环分正角环和反角环,如图4、5。

[0015] 绝缘端圈包括铁轭绝缘、铁轭垫块及纸板圈上粘有垫块的各种端部绝缘,它们是变压器主绝缘之一,主要作用是分割油隙、增加爬距、增加击穿强度。铁轭垫块是粘合在铁轭绝缘上的垫块,是构成油隙的主要零部件,外形相似于砖块。铁轭绝缘分一体式、分体式。一体式就是纸板圈上开三个圆孔,共同套装在A、B、C三相铁心上。分体式是在纸板圈上只开一个圆孔,只套在某一相上,三个共同使用,如图6。

[0016] 传统同心式变压器中绝缘端圈就是对绕组端部和铁心铁轭之间的防护。但在绕组交错排列的心式变压器和壳式变压器中,它们即是绕组端部和铁心铁轭之间的防护,也是相邻绕组端部之间的防护。

[0017] 上述绝缘的主要问题在于:

首先,绕组交错排列的心式变压器、包括壳式变压器,大多数状况下绕组外部无法使用反角环。在绕组交错式排列的心式变压器和壳式变压器的某一绕组端部的铁心一侧(绕组内侧),当需要与铁心和另一绕组相同侧(绕组内侧)的端部进行防护时,可以用正角环。在绕组交错式排列的心式变压器某一绕组端部的非铁心一侧(绕组外侧)的端部进行防护时,大多数状况下无法使用反角环,因为99.9%以上的变压器都是大中型变压器,120MVA以上的巨型变压器一年不过数台。大多数绕组交错式排列的心式、壳式变压器绕组高度极矮,当采用外角环时,会把整个绕组包住,变压器油无法流动,绕组温升会达到无法接受的程度。

[0018] 其次,绕组交错排列的心式变压器、包括壳式变压器,如取消反角环,必须靠增大两绕组端部绝缘距离的办法来增加沿面爬电距离,造成成本上升,35KV以下变压器最保守的测算也大于40%以上,超高压变压器会翻番。

## 发明内容

[0019] 新型绕组交错式排列的心式变压器(简称新型变压器,下文同),特征是:包括变压器铁心、变压器绕组,以及或包括U型平底围屏;

其中,所述变压器铁心采用心式结构;

其中,所述变压器绕组是交错式排列;

其中,变压器器身或是立放或是卧放;

其中,所述变压器铁心磁通计算方法与心式变压器相同;

其中,所述变压器阻抗计算方法与壳式变压器相同。

[0020] 铁心和绕组是变压器的最核心部件,是电磁理论的体现,其他部件都是为这两大部件服务的。因此本发明主要指出核心部件铁心、绕组与传统变压器的核心部件最主要区别。新型变压器的其他组件、零部件包括变压器的六大部件(油箱、铁心、线圈、绝缘、引线、装配等)可以采用传统结构和一切符合本专利特点的结构、组件、部件、零件。在本专利基础上开发的新型结构和零部件均属本专利范畴。

[0021] 新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:所述变压器铁心柱截面和变压器绕组截面是长圆形(由多个直线和曲线组成),或是椭圆形,或是长方形,或是方形,或是由多组曲线组合成的形状。

[0022] 一般新型变压器的绕组多分成长轴方向和短轴方向,短轴方向与绕组相间是一个方向。变压器的相间就是变压器器身任意相邻的两个绕组之间,例如:变压器A相绕组和B相绕组之间。

[0023] 新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:所述变压器铁心柱截面和变压器绕组截面是圆形。

[0024] 新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:新型绕组交错式排列的心式变压器(包括壳式变压器)用U型平底围屏(新型绝缘围屏,下同)由具有规定厚度、规定长度、规定宽度的绝缘纸板构成,在所述绝缘纸板的规定长度或宽度方向上弯成U形或用纸浆直接成型为U形,U型平底围屏的平底就是指U字形的底是一个平底或带有一定弧形(虽有弧形但仍叫平底),一个平底和两个立板围成一个平底的U字型,并在U型平底围屏的平底中间部位开孔(从此孔套装在铁心上),如图7。

[0025] U字形的平底可以带有一定弧形,原因之一是适应电场等位线,但是等位线极复杂,故弧形或是半径夹角小于 $180^{\circ}$ 的半圆、或是各种曲线或是适应等位线的异形,虽然可以带一定弧形,但是也叫平底。在电压不是很高的情况下可不考虑平底弧形,直接用平直的底并简单增加平底和立板的厚度。

[0026] 其中,所述U型平底围屏的平底多是平直的,平底与所述立板具有大于等于 $90^{\circ}$ 的角度或稍小于 $90^{\circ}$ 的角度;

其中,所述U型平底围屏的平底位置放在绕组交错式排列变压器两个绕组的端部之间或绕组端部与铁轭之间(类似角环);两个立板放在要求防护的绕组两侧并且两个立板处在变压器器身的相间位置即绕组短轴方向(圆形、方形绕组可不考虑长短轴);

其中,所述U型平底围屏的U形开口可向上或向下。

[0027] U型平底围屏在高压、超高压、特高压电场中,在变压器绕组的任意一个端面上可以使用多个U型平底围屏(类似使用多个角环的情况),以增加击穿电压和爬电距离。

[0028] U型平底围屏的长、宽、高尺寸标注方式见示意图,如图8,如图9。

[0029] U型平底围屏的平底中部开孔,开孔的形状可以与变压器铁心心柱、线圈截面形状相同,但要便于U型平底围屏能够从开孔处套装在铁心心柱上;

U型平底围屏的平底与两个立板之间相连处弯成规定尺寸的圆角,避免形成尖角。

[0030] U型平底围屏规定厚度、规定长度、规定宽度的绝缘纸板可由多层纸板粘合成规定的厚度、长度、宽度,每层纸板由固定形状和尺寸的小纸板组成,纸板对接,每层接缝均要错

开,以保证有足够的绝缘强度。

[0031] U型平底围屏的平底底部的上下面可以放有绝缘垫块,代替绝缘端圈的功能。

[0032] 绝缘纸板或纸浆只是一切绝缘材料的代称,可以是具有一定厚度,一定宽度、一定长度、一定机械强度并具有绝缘强度的绝缘材料构成。

[0033] U型平底围屏一般成组使用,绕组上下端部均需绝缘防护,此时U形开口一向上、一向下,两者合成一个口字形。

[0034] U型平底围屏的平底底部和立板的宽度、长度、厚度可以不同。因为所处电场位置不同,所需击穿电压和爬电距离不同。

[0035] 新型绕组交错式排列的心式变压器,特征是:新型绕组交错式排列的心式变压器(包括壳式变压器)用L型平底围屏,由具有规定厚度、规定长度、规定宽度的绝缘纸板构成,在规定长度或规定宽度方向上弯成L形或用纸浆直接成型为L形,所述L型平底围屏的平底就是L字形的底部是平直的或有一定的弧形(虽有弧形但仍叫平底),一个平底和一个立板围成一个L字型,平底与立板有大于等于 $90^\circ$ 的角度或稍小于 $90^\circ$ 的角度,平底底部和立板的规定宽度、规定长度、规定厚度可以不同,如图10、11。

[0036] L型平底围屏是U型平底围屏的一种,可以单独使用,也可以两个L型平底围屏组成一个U型平底围屏。L型平底围屏的底部可以开孔,也可以不开孔,或是开半孔。当开半孔时,两个L型平底围屏合成一个U型平底围屏。

[0037] 在变压器绝缘结构中,不可避免的存在“爬电结构”。要提高这种绝缘结构的放电电压,一般采取的两个办法是:增加爬电距离或阻碍放电的发展。如果这种爬电结构出现在绕组的端部对铁心柱或两个绕组端部之间,则可以在这些部位放置角环,以阻碍放电的发展。如果出现在其他部位,则单纯的采用增加爬电距离的办法(如壳式变压器),但是本技术出现后,可以使用U型平底围屏。

[0038] U型平底围屏的平底和立板规定厚度、规定长度、规定宽度的计算方法:

U型平底围屏的平底厚度由处于该位置的电气强度决定,即所用绝缘材料在该规定厚度的击穿电压必须大于该位置的电气强度,并要有一定的裕度。

[0039] U型平底围屏的立板规定厚度由处于该位置的电气强度决定,即所用绝缘材料在该规定厚度的击穿电压必须大于该位置的电气强度,并要有一定的裕度。

[0040] U型平底围屏平底和立板的规定长度、规定宽度由设计计算时所需要增加的爬电距离决定。

[0041] 在中小型变压器上,U型平底围屏可以用绝缘端圈的纸板圈代替,增加纸板圈的外径尺寸,在变压器相间折弯,形成类似于U型平底围屏的结构。或者把这种结构视为在U型平底围屏的底上粘垫块,成为绝缘端圈。

[0042] 图12是U型平底围屏在新型变压器一次绕组的相间放置示意图,壳式变压器与此相同。

[0043] 当U型平底围屏的平底和立板长度相等时,可能绕组短轴方向上绝缘防护程度有余,而在绕组长轴方向上绝缘防护程度不足,此时可增加平底的长度。当一定要用等长的U型平底围屏时,可以在绕组长轴方向上延长绝缘端圈的外径增加绝缘防护程度,采用加长型绝缘端圈。加长型绝缘端圈即在绕组长轴方向,让绝缘端圈的外径延长,端圈上的垫块也可以一起延长,短轴方向可不延长(短轴方向如延长即是U型平底围屏),作用是增加绕组端

部长轴方向的爬距,一般与U型平底围屏合用,加长型绝缘端圈此时具有角环的功能。

[0044] 图13是长圆形绕组用加长型绝缘端圈示意图。

[0045] U型平底围屏当平底长度大于立板长度时,我们把平底长度大于立板长度的延长部分叫平底出头。平底出头可以不按铁心、绕组的形状,按当时电场、引线支撑等实际情况,平底出头可以是方形、圆形、八角形或其他形状。

[0046] 图14U型平底围屏(加工制造在底上无孔时)的平底和立板展开平面示意图。其中,虚线是平底和立板、平底与平底出头的分界线。

[0047] 图15是U型平底围屏(加工制造在底上无孔时)平底出头为八角形尺寸标注方法示意图,其余与此相同。

[0048] 平底的作用是增加绕组端部电场击穿电压,增加爬距等。立板的作用是增加绕组端部电场击穿电压,增加爬距,增加相间方向与其他零部件的绝缘防护等。平底出头的作用是增加绕组端部电场在绕组长轴方向的击穿电压和爬距,延长型绝缘端圈可以代替平底出头的作用。凡是有此作用的平底和立板不管外形如何,是弯、是直、是各种曲线都是本专利的U型平底围屏。

[0049] 新型绕组交错式排列的心式变压器主要采用心式铁心,壳式绕组型式,因此对绕组和铁心形式进行原理性分析是必要的。

[0050] 绕组交错式排列的心式变压器铁心,可以认为当一次绕组施加三相对称正弦形线电压时,铁心中各磁通也三相对称的正弦形磁通。在所有瞬时,三相磁通代数和等于零,即

$$\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = 0$$

当三相新型变压器没有联结成三角形绕组时,由于三相磁路本身的不对称(三相铁心),或者三个单相铁心由于各相磁路在各瞬时饱和程度不同,在所有瞬时,三相磁通的代数和并不总等于零,即

$$\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = \Phi_0$$

由上可知,在各相正弦形磁通中叠加了一个附加磁通,使三相磁通不对称,造成各相磁通不是正弦形,则各绕组感应电压不对称。但由上式可推断 $\Phi_0$ 只改变各相磁通的波形,不改变各相相位。

[0051] 当三相变压器有联结成三角形的绕组时,铁心中的 $\Phi_0$ 在三角形绕组中引起一个环流,根据楞次定律,它产生的磁势将完全是使 $\Phi_0$ 去磁。这种情况下各相磁通基本是正弦形,从而保证感应电压是正弦形。

[0052] 由以上三相磁路分析可知,新型变压器在有联结成三角形绕组的情况下,三相电压是对称的,波形为正弦波。当没有三角形绕组时,小容量的波形畸变可以忽略,大容量则需慎重。

[0053] 本技术主要从成本和突发短路试验合格率两项指标进行研究。成本方面以心式结构为主进行改变,并通过铁心截面和变压器绕组截面是长圆形等技术方法降低成本和损耗。短路方面采用交错式绕组。计算方法综合两者之长。

[0054] 新型变压器绕组交错式(有的书上也叫交叠式)排列是高中低压线圈沿铁心柱高度相互交错排列,一般低压线圈邻近铁心的铁轭(在两端),高中压线圈排列在中间,结构简图如图16。从安匝平衡来看,一个高压与两个低压取得安匝平衡的效果最好,这一组合我们也叫磁平衡组(或叫漏磁组)。平衡组的分界点就是磁势图所经过的0点,每相邻的两个0点

间就是一个磁平衡组(如图17),图17是两个磁平衡组磁势分布图。

[0055] 关于铁心和绕组的截面,心式变压器主要是圆形,壳式主要是长方形。主要原因是心式变压器绕组的短路电动力方向沿辐向分布,按电动力分析,圆形受力效果是最好的,故心形绕组对圆度要求极高。壳式变压器的短路电动力方向主要沿轴向分布,按电动力分析,对绕组截面形状无要求,故均采用长方形绕组,用长方形主要是为减小两铁心柱间的距离。

[0056] 新型变压器的铁心截面和变压器绕组截面是长圆形、或是椭圆形、或是长方形、或是方形、或是由多组曲线组合成的形状。长圆形截面就是两端是直径相等的半圆,中间用直线相连,半圆的直径叫绕组短轴,半圆的直径与直线长度的和叫绕组长轴,图18是长圆铁心截面图。椭圆形好理解,就是铁心和绕组截面的外接形式是椭圆形,也分长轴和短轴(如图19)。多组曲线组合成的形状就是外接形态是由多种曲线或直线组合成的形状,如图20就是由以A1、A2、B1、B2四点为圆心的四组圆形曲线组合成的类似椭圆形的截面。图21是圆形截面。

[0057] 技术效果

第一,与同心式变压器相比,突发短路合格率方面大幅提升,产品合格率由原来的不到50%提升到理论上可接近100%。(参见壳式变压器)

第二,在相同性能标准中,材料成本低于传统心式变压器,远低于壳式变压器。

[0058] 第三,在相同材料消耗的情况下,各项性能指标优于传统心式变压器,远优于壳式变压器。

[0059] 第四,机械强度高,抗短路能力强。

[0060] 第五,新型变压器绕组的冷却效果好、过载能力强,高压电场比心式变压器更均匀。

[0061] 第六,极限容量大,运输方便。极限容量的优点要优于壳式。立式运输不便时,可以器身卧倒运输,降低运输高度。结构紧凑、外观体积小、整体重量轻。

[0062] 第七,结构紧凑,引线安装方便。

[0063] 第八,具有心式变压器和壳式变压器的所有核心优点。

## 附图说明

[0064] 图1是一种心式变压器示意图。

[0065] 图2是一种壳式变压器示意图。

[0066] 图3是一种壳式变压器示意图。

[0067] 图4是正角环。

[0068] 图5是反角环。

[0069] 图6是绝缘端圈的纸板圈。

[0070] 图7是U型平底围屏示意图。

[0071] 图8是U型平底围屏剖面示意图。

[0072] 图9是U型平底围屏侧视图。

[0073] 图10是L型平底围屏示意图。

[0074] 图11是L型平底围屏主视图。

[0075] 图12是U型平底围屏在绕组交错式排列心式变压器一次绕组的相间放置示意图。

- [0076] 图13是长圆形绕组用加长型绝缘端圈纸板圈加长方法之一的示意图。
- [0077] 图14是带平底出头的U型平底围屏(加工制造在底上无孔时)平底和立板展开平面示意图。
- [0078] 图15是带八角形平底出头的U型平底围屏(加工制造在底上无孔时)尺寸标注方法示意图。
- [0079] 图16是一种带两个漏磁组的新型变压器示意图。
- [0080] 图17是一种带两个漏磁组的新型变压器漏磁势分布图之一。
- [0081] 图18是新型变压器铁心长圆形截面示意图。
- [0082] 图19是新型变压器铁心椭圆形截面示意图。
- [0083] 图20是新型变压器铁心由多组曲线组合成的形状截面示意图之一种。
- [0084] 图21是新型变压器铁心圆形截面示意图。
- [0085] 其中，
- 1是变压器铁心。
- [0086] 2是变压器绕组。
- [0087] 3是U型平底围屏立板。
- [0088] 4是U型平底围屏平底底板。
- [0089] 5是一次绕组第一层U型平底围屏。
- [0090] 6是一次绕组第二层U型平底围屏。
- [0091] 7是新型变压器漏磁势分布之一种。
- [0092] 8是变压器铁心截面外接线形。
- [0093] 9是变压器铁心叠片示意图。
- [0094]  $\sigma$ 是绝缘端圈的纸板圈厚。
- [0095]  $R_1$ 加长型绝缘端圈纸板圈内径的小圆半径。
- [0096]  $R_2$ 加长型绝缘端圈纸板圈外径的大圆半径。

## 具体实施方式

[0097] 实例1、选择S13—400/10 $\pm$ 2 $\times$ 0.25%/0.4变压器做实施方案。选择的原因是配电变压器对成本控制极敏感,行业上普遍靠牺牲突发短路能力,降低成本,所以配电变压器铁心和绕组截面都是非圆形,因此新型变压器成本与非圆形截面的普通心式变压器对照,新型变压器在保证短路能力的前提下,成本的下降百分比更有说服力。以目前行业上最通用的一套图纸对比,对照组型号为S13—400/10 $\pm$ 2 $\times$ 0.25%/0.4,铁心和绕组截面为椭圆形,心式变压器,同心式绕组。

[0098] 实例1、S13—400/10 $\pm$ 2 $\times$ 0.25%/0.4

国标:负载损耗 $P_k=4200W$

空载损耗 $P_0=410W$

空载电流百分数 $I_0\%=0.8\%$

阻抗电压百分数 $U_k\%=4\%$

总损耗 $P=4930 W$

一、新型变压器S13—400/10 $\pm$ 2 $\times$ 0.25%/0.4

设计方案:铁心绕组截面选择长圆形

铁心长短轴比为1:1.49,铁心小圆直径 $\Phi 155\text{mm}$ ,铁心主级加厚33mm,铁心截面积为 $280.006\text{cm}^2$ 。铁心磁密 $B_m=1.546\text{T}$ , $M_0=255\text{mm}$ , $H_w=400\text{mm}$ 。

[0099] 绕组结构形式:交错式,六磁平衡组。

[0100] 高压绕组:为盘式绕组带拉平结构,匝数为630匝,600匝,570匝。线规ZB—0.3 $2.12\times 4$ 。每双磁平衡组15匝/层,共15层。

[0101] 低压绕组:为螺旋板式带拉平结构,匝数24匝,线规 $5\times 40$ 裸铜排,匝间垫0.5mm纸板。每磁平衡组6匝。

[0102] 高低压绕组沿铁心柱(铁心套装绕组的柱叫心柱)的轴向排列方式:

上铁轭——低压绕组——高压绕组——低压绕组——低压绕组——高压绕组——低压绕组——低压绕组——高压绕组——下铁轭

绝缘结构:低压线圈采用U型平底围屏(因高压线圈在中部,防护低压即防护了高压),每个高压线圈端部用一个U型平底围屏,纸板厚1.0mm,高=60mm,宽=244mm,长=250mm,上下U型平底围屏在高度方向重合,装配后粘合上下U型平底围屏立板,成口字形,因为底和立板等长,故高低压间采用外径加长型绝缘端圈加长20mm。

[0103] 二、新型变压器与目前行业上通用型变压器对照表

| 产品型号      | 对比组变压器                             | U型平底围屏新型变压器                        | 节约百分比 |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|-------|
| 性能指标      | S13-400/10 $\pm 2\times 2.5\%/0.4$ | S13-400/10 $\pm 2\times 2.5\%/0.4$ |       |
| 产品结构特征    | 心式变压器、同心式绕组                        | 新型变压器、交错式绕组                        |       |
| 铁心绕组截面    | 椭圆形(用山字形铁轭)                        | 长圆形(未用山字形铁轭)                       |       |
| 硅钢片型号     | 23RK085                            | 23ZDKH90                           |       |
| 负载损耗(W)   | 4415                               | 4439                               |       |
| 空载损耗(W)   | 400                                | 404                                |       |
| 空载电流(%)   | 3.8                                | 3.8                                |       |
| 阻抗电压(%)   | 4.09                               | 4                                  |       |
| 总损耗(W)    | 4815                               | 4843                               |       |
| 铜导线重(kg)  | 262                                | 215                                | 17.9% |
| 硅钢片重(kg)  | 534.3                              | 509.3                              | 4.68% |
| 变压器油重(kg) | 239                                | 191.5                              | 19.8% |
| 油箱重(kg)   | 291                                | 243                                | 16.5% |
| 总重(kg)    | 1420                               | 1280                               | 9.8%  |

三、突发短路。

[0104] 由于采用交错式绕组,突发短路能力远远优于同心式排列的变压器。

[0105] 实例2、HTSPZ——6300/11电炉变压器

一、铁合金炉变压器,容量6300KVA,三相11级有载调压,高压10KV,低压122V——142V,联结组别Dd11,冷却方式为强油循环水冷,绝缘水平LI85AC35/AC5。

[0106] 二、对比组电炉变压器,铁心和绕组截面为圆形,绕组交错式排列,高压线圈与低压线圈绝缘距离25mm,低压线圈距离铁轭35mm(加压板)。

[0107] 三、采用U型平底围屏的新型电炉变压器,铁心和绕组截面为长圆形,绕组交错式排列高压线圈与低压线圈绝缘距离15mm,低压线圈距离铁轭35mm(加压板)。

[0108] 高压线圈采用U型平底围屏,每个高压线圈端部用一个U型平底围屏,纸板厚1.5mm,高=90mm,宽=605mm,长=600mm,上下U型平底围屏立板上下重合,装配后粘合上下U型平底围屏立板,成口字形,因为底和立板等长,故高低压间需要采用外径加长型绝缘端圈。

[0109] 四、HTSSPZ——6300/10电炉变压器采用传统交错式绕组与带U型平底围屏变压器对照表

| 产品型号<br>性能指标<br>产品结构特征  | 对比组传统变压器<br>HTSSPZ——6300/10<br>交错式圆形绕组 | 带 U 型平底围屏<br>HTSSPZ——6300/10<br>交错式长圆形绕组 | 节约百分比  |
|-------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|--------|
| U 型平底围屏                 | ——                                     | 每个高压线圈上下端部<br>各用一个 U 型平底围屏               |        |
| 冷却方式                    | 强油循环水冷                                 | 强油循环水冷                                   |        |
| 低压绕组中电流 A               | 19190A                                 | 19190A                                   |        |
| 高压绕组中电流 A               | 191                                    | 191                                      |        |
| 阻抗电压%                   | 7%                                     | 7%                                       |        |
| 高压匝数                    | 428                                    | 324                                      |        |
| 低压匝数                    | 4                                      | 3                                        |        |
| 绕组内径/外径                 | 410/659 (mm)                           | 短轴 314/586 (mm)<br>长轴 544/816 (mm)       |        |
| 高低压间绝缘端圈<br>(加长型) 外径 mm | ——                                     | 短轴外径 600 (mm)<br>长轴外径 870 (mm)           |        |
| 铜导线重量 (kg)              | 1965                                   | 1130                                     | 下降 42% |
| 铁心重量 (kg)               | 4719                                   | 4342                                     | 下降 8%  |

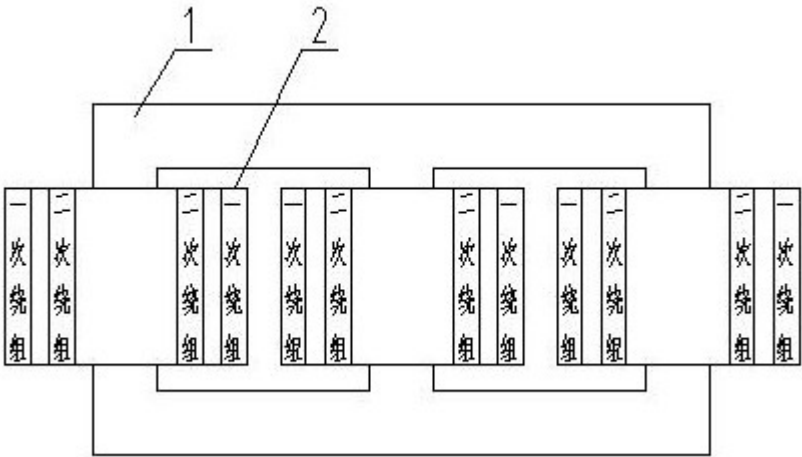


图1

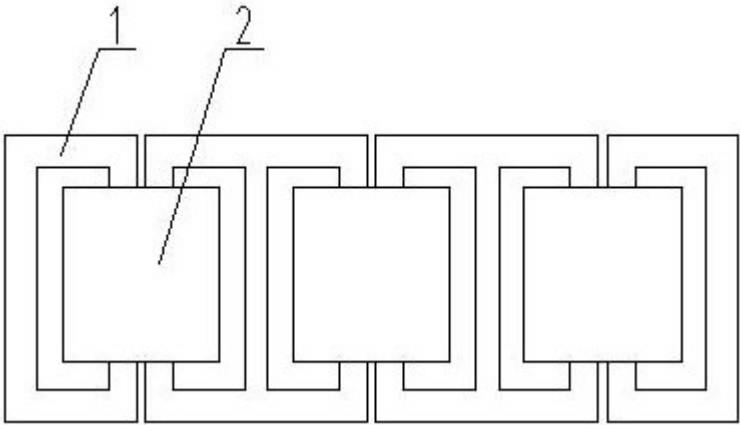


图2

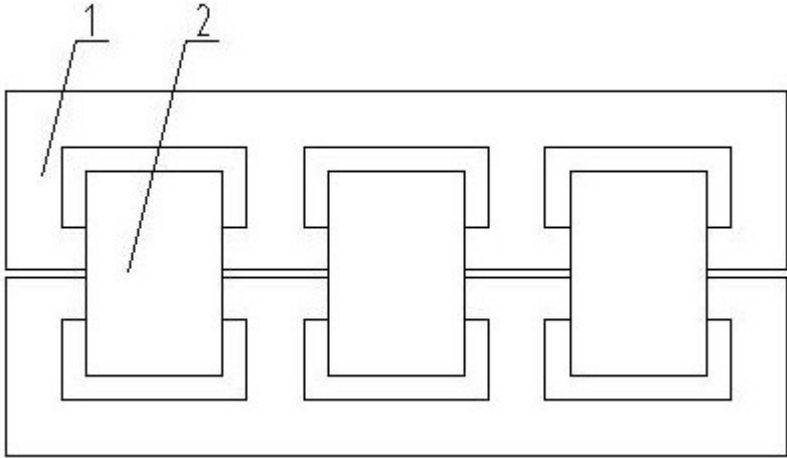


图3

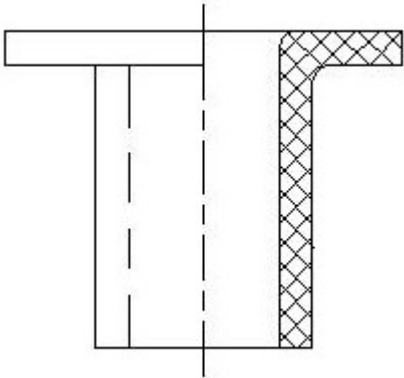


图4

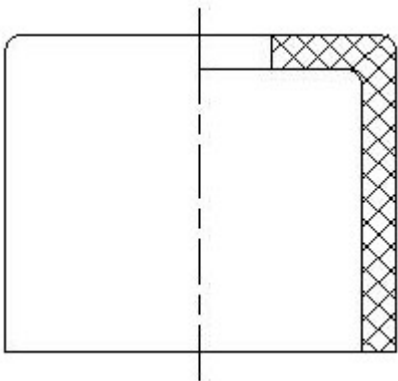


图5

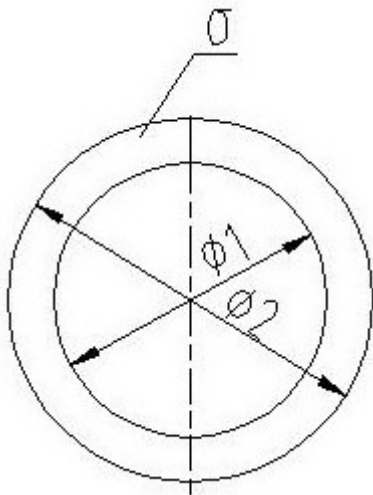


图6

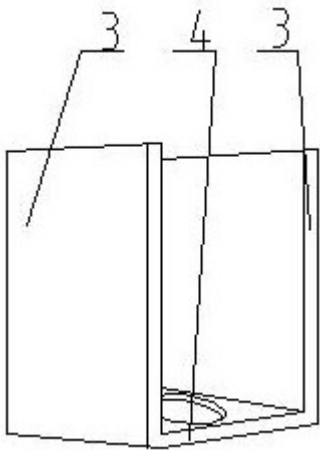


图7

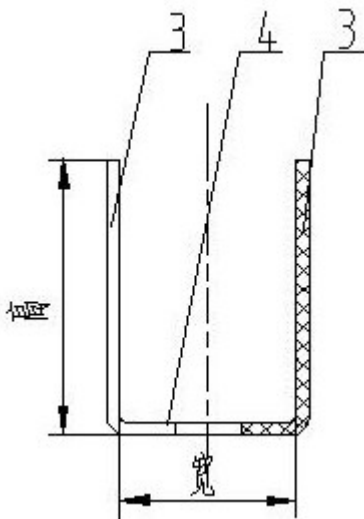


图8

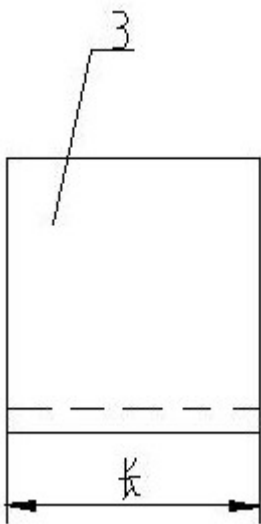


图9

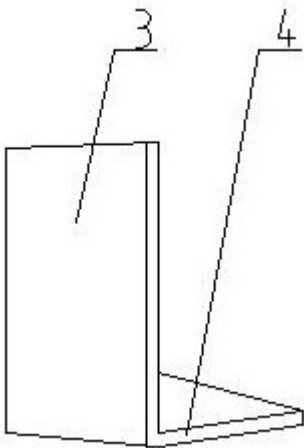


图10

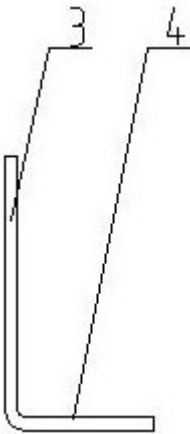


图11

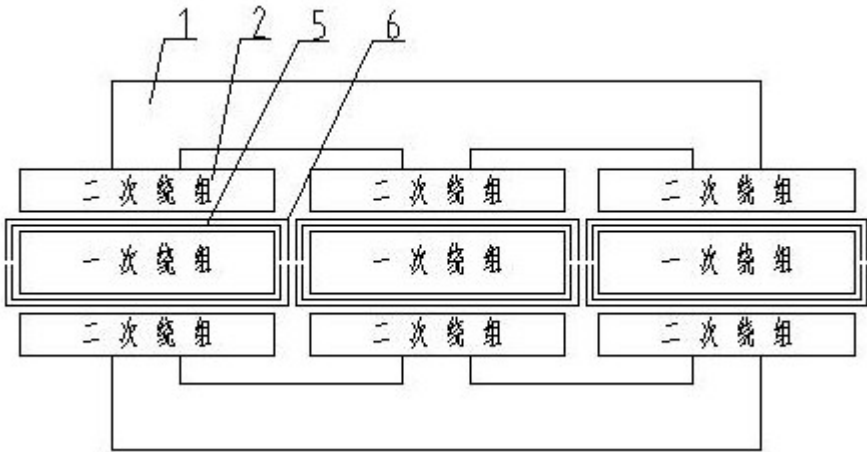


图12

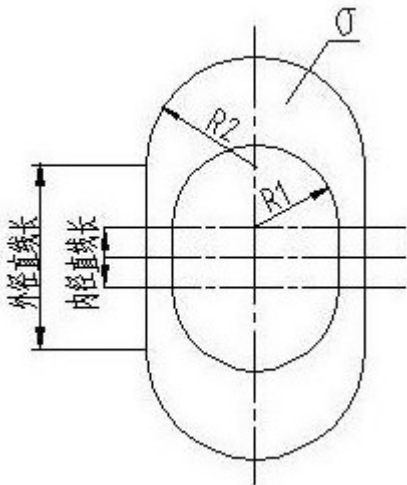


图13

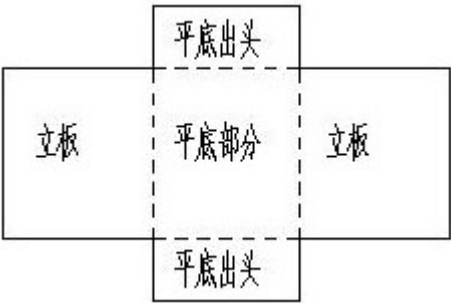


图14

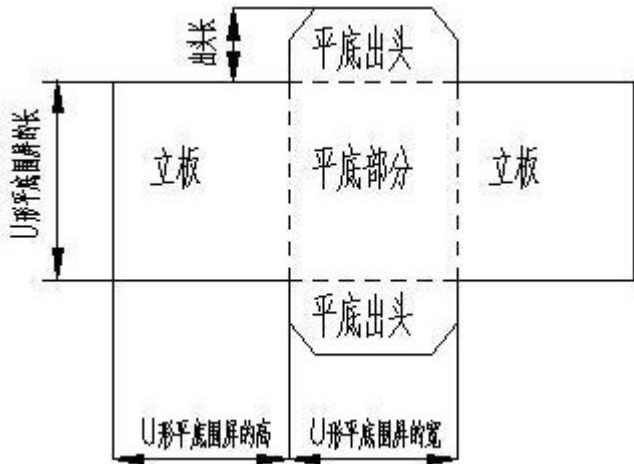


图15

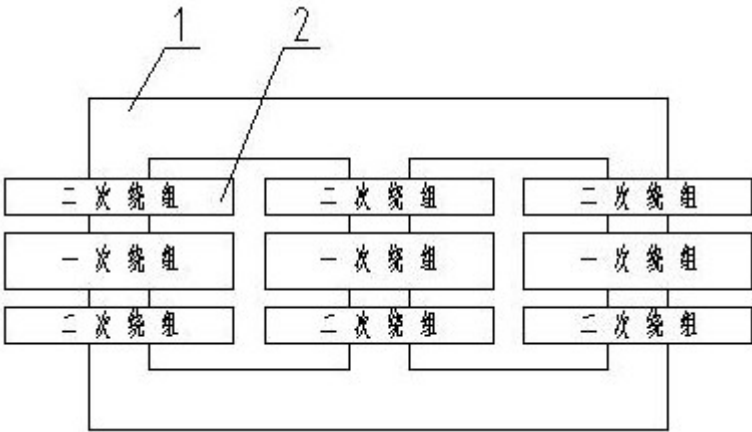


图16

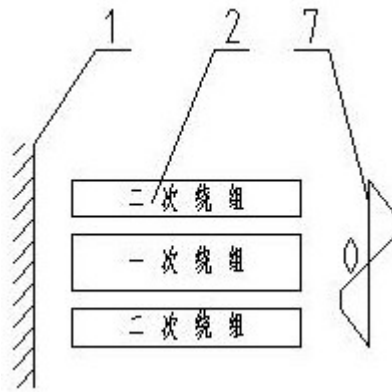


图17

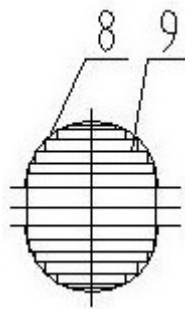


图18

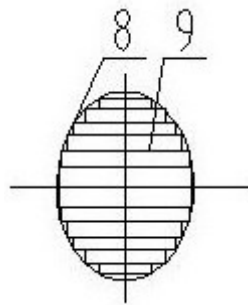


图19

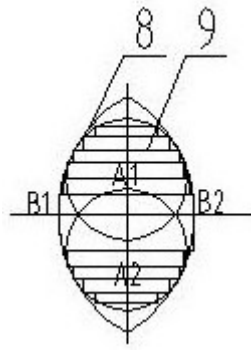


图20

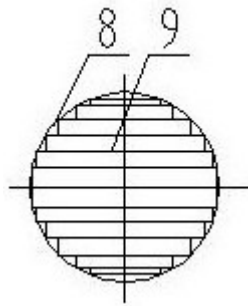


图21