



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110444371 A

(43)申请公布日 2019. 11. 12

(21)申请号 201910643319.9

(22)申请日 2019.07.17

(71)申请人 孙崇山

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

(72)发明人 孙崇山

(51) Int. Cl.

H01F 27/14(2006.01)

H01F 27/28(2006.01)

H01F 27/34(2006.01)

H01F 27/36(2006.01)

H01F 38/00(2006.01)

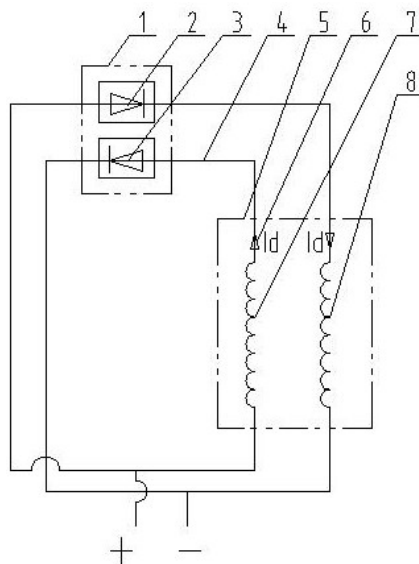
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

引线电流逆向分布铁心式平波电抗器

(57)摘要

本发明是大电流整流系统用平波电抗器,是把一台平波电抗器的电抗绕组分解成多个电抗绕组单元来代替多台电抗器,再把引出电抗绕组电流的引线两两分组,引线相邻布置且任意两个相邻引线的电流在任何瞬间都是大小相等方向相反的。较好的解决电抗器的电磁污染、引线电抗增大、涡流等问题,同时节能、成本下降、电感值输出精度提高、可以多台电抗器组合成一台,解决了电抗器的电磁污染、辐射问题。让操作工人、设备、周围的建筑处在安全的工作环境中。



1. 引线电流逆向分布铁心式平波电抗器,其特征是:在十二脉波整流电路或更多脉波整流电路中,每个六脉波整流电路需要串联一个六脉波铁心式平波电抗器,把一台铁心式平波电抗器的电抗绕组分解成与每个六脉波整流电路对应的多个六脉波电抗绕组单元;

其中,所述多个六脉波电抗绕组单元分别一一串联在所述整流电路需要的位置上;

其中,所述多个电抗绕组单元所产生的磁通叠加之和不为零。

2. 引线电流逆向分布铁心式平波电抗器,其特征是:在一个六脉波整流电路中,多个位置需要串联铁心式平波电抗器,把一台铁心式平波电抗器的电抗绕组分解成多个电抗绕组单元;

其中,所述多个电抗绕组单元分别一一串联在所述整流电路的需要位置上;

其中,所述多个电抗绕组单元所产生的磁通方向相同。

3. 根据权利要求2所述引线电流逆向分布铁心式平波电抗器,其特征是:在需要串联铁心式平波电抗器的同相逆并联整流电路中,把同相逆并联的两个整流电路单元分别叫整流电路单元(一)和整流电路单元(二);把所述一台铁心式平波电抗器的电抗绕组分解成两个所述电抗绕组单元,分别为电抗绕组单元(一)和电抗绕组单元(二);

其中,把所述电抗绕组单元(一)串联进所述整流电路单元(一),把所述电抗绕组单元(二)串联进所述整流电路单元(二)。

4. 根据权利要求1、2、3所述引线电流逆向分布铁心式平波电抗器,其特征是:包括铁心式平波电抗器绕组,以及包括引出一个或多个电抗绕组电流的电抗绕组首头引线排和电抗绕组尾头引线排在油箱内的部分,以及或包括平波电抗器油箱箱壁;

其中,所述引线排两两分组,组内引线排电流方向相反并相邻布置;

其中,所述组与组间相邻的引线排电流方向相反;

其中,所述组与组间相邻的引线排电流方向相同,两组间距离要远;

其中,所述引线排的窄面面对所述电抗绕组和所述平波电抗器油箱箱壁。

引线电流逆向分布铁心式平波电抗器

技术领域

[0001] 本发明是一种铁心式平波电抗器,也叫直流电抗器。主要应用于六脉波及以上多脉波整流电路中。

背景技术

[0002] 平波电抗器是一种电感元件,分为空心式和铁心式两种。空心式平波电抗器只有绕组(电抗绕组),没有铁心,实际上是一个电感线圈,磁路是空气或变压器油等,没有铁心饱和现象,电感值恒定。铁心式平波电抗器的磁路是一个心柱带间隙或不带间隙的铁心,铁心由磁性材料构成,心柱外套有绕组(电抗绕组),由于磁性材料的磁导率比空气大得多,在相同参数下铁心式比空心式电感值大得多,但直流电流超过一定值后,铁心饱和,电感值下降。

[0003] 平波电抗器串联在由整流电源供电的直流线路中,平波电抗器目的是在直流送电回路发生故障时平波电抗器可抑制电流的上升速度,从而防止继发换相失败;减少直流侧的谐波脉动分量,使成为较理想的平直波形;在直流线路小电流情况下能保持电流的连续性;抑制短路电流;改善功率因数等等。

[0004] 整流电路中有一种平衡电抗器,作用是在整流电路中使两组电压相位不同的换相组并联工作,使两换相组电压相等,只有铁心式,所以它不是平波电抗器。

[0005] 平波电抗器的结构型式随着其直流工作电压的高低、等效容量的大小而不同。用于高电压直流输电用的平波电抗器,因电压高、等效容量大,常做成油浸空心式并带有磁屏蔽,个别情况下也有干式的,均为户外装置。传动、牵引、开关电源等方面使用的平波电抗器等等效容量较小,电压也低,可以是油浸式或干式,多数为铁心式。近几年直流冶炼兴起,由于其低压大电流、易短路的特性,对平波电抗器又提出了新的要求。

[0006] 平波电抗器在大功率整流系统中,特别是直流冶炼系统,电抗电流很大,高达数万安,或数十万安,频率150HZ以上,一般多是300HZ或600HZ以上,其中含有大量的高次谐波包括各频次的奇次谐波。高频率、低电压、大电流、高漏磁的特点致使平波电抗器及通向负载的引线电抗增大,同时在引线及出线端子和周围的导磁介质中引起涡流。涡流和电抗增大只是让电抗器的电感值不准、损耗增大,这还不是主要问题,更重要的是高频谐波、大电流磁场及电抗绕组漏磁对平波电抗器自身和附近设备的影响是巨大的,这从电磁兼容性来看是不允许的。直流冶炼和化工电解等应用平波电抗的场所,极严重的电磁污染对操作工人健康的影响也是一潜在隐患。

[0007] 同相逆并联或双同相逆并联整流电路中是不包括平波电抗器的。平波电抗器处于整流柜和负载中间,故同相逆并联的技术优势无法发挥。如果同相逆并联结构一定要在每一个整流单元都需要串联时,需每单元串联一台或两台平波电抗器,双同相逆并联更需要多台电抗器,各电抗器间有制造误差和漏磁干扰,特别是空心电抗器间因互感需要安全距离,这些都给电器设备制造、设备和同相逆并联引线铜排的布置带来巨大的麻烦,而且,各电抗器电感值的制造误差,造成各整流单元间形成环流。

发明内容

[0008] 引线电流逆向分布铁心式平波电抗器(简称新型平波电抗器),其特征是:在十二脉波整流电路或更多脉波整流电路中,每个六脉波整流电路需要串联一个六脉波铁心式平波电抗器,把一台铁心式平波电抗器的电抗绕组分解成与每个六脉波整流电路对应的多个六脉波电抗绕组单元;

其中,所述多个六脉波电抗绕组单元分别一一串联在所述整流电路需要的位置上;

其中,所述多个电抗绕组单元所产生的磁通叠加之和不为零。

[0009] 例如:两个桥式六脉波整流电路并联组合成一个十二脉整流电路,两个六脉波整流电路各串联一个平波电抗器,两个电抗器的电流和电压有一个相位差。现在把一台铁心式(或空心式)平波电抗器的电抗绕组分裂成两个电抗绕组单元,通过引线分别与两个六脉波整流电路串联。通过十二脉波电流和电压波形分析可知,两电抗绕组单元的磁通叠加之和不为零。设计时需要注意两整流电路因瞬时电压不等,会有互感,互感让一个单元电抗增加,让另一单元电抗减少,但最终让两个电抗单元电抗值相等。同理,十八脉波、二十四脉波及以上整流电路,一个电抗绕组分解成几个单元,分别与各个整流电路单元串联。

[0010] 十二脉平波电抗器磁势是两六脉波电抗绕组单元的矢量和,两单元电抗值最后由此磁势矢量和决定。十八脉、二十四脉及以上的平波电抗器磁势是各电抗绕组单元的矢量和,各单元电抗值最后由此磁势矢量和决定。

[0011] 引线电流逆向分布铁心式平波电抗器(简称新型平波电抗器),其特征是:在一个六脉波整流电路中,多个位置需要串联铁心式平波电抗器,把一台铁心式平波电抗器的电抗绕组分解成多个电抗绕组单元;

其中,所述多个电抗绕组单元分别一一串联在所述整流电路的需要位置上;

其中,所述多个电抗绕组单元所产生的磁通方向相同。

[0012] 例如,有时为保护整流电路中的电子元件,需要在一个整流电路的两端分别串联两台平波电抗器,现在把一台铁心式平波电抗器的电抗绕组分裂成两个电抗绕组,分别通过引线布置在整流电路两端。

[0013] 串联型平波电抗器磁势是两单元的代数和。

[0014] 引线电流逆向分布铁心式平波电抗器(简称新型平波电抗器),其特征是:在需要串联铁心式平波电抗器的同相逆并联整流电路中,把同相逆并联的两个整流电路单元分别叫整流电路单元(一)和整流电路单元(二);把一台铁心式平波电抗器的电抗绕组分解成两个所述电抗绕组单元,分别为电抗绕组单元(一)和电抗绕组单元(二);

其中,把所述电抗绕组单元(一)串联进所述整流电路单元(一),把所述电抗绕组单元(二)串联进所述整流电路单元(二)。

[0015] 同理,我们也可以把电抗绕组单元(一)分解成两个串联关系的电抗线圈,分别串联在整流电路单元(一)的不同位置。我们也可以把电抗绕组单元(二)分解成两个串联关系的电抗线圈,分别串联在整流电路单元(二)的不同位置。

[0016] 同理,同相逆并联整流电路中,把同相逆并联的整流电路分成四个整流电路单元分别叫整流电路单元(一)、(二)、(三)、(四);把一台平波电抗器的电抗绕组分解成四个单元,分别为电抗绕组单元(一)、(二)、(三)、(四);其中,把电抗绕组单元(一)串联进整流电路单元(一),把电抗绕组单元(二)串联进整流电路单元(二),把电抗绕组单元(三)串联进

整流电路单元(三),把电抗绕组单元(四)串联进整流电路单元(四),这种同相逆并联是两个同相逆并联整流电路并联。

[0017] 同相逆并联整流电路中,并联型平波电抗器磁势是各整流单元的代数和。

[0018] 引线电流逆向分布铁心式平波电抗器(简称新型平波电抗器),其特征是:包括铁心式平波电抗器绕组,以及包括引出一个或多个电抗绕组电流的电抗绕组首头引线排和电抗绕组尾头引线排,以及或包括平波电抗器油箱箱壁;

其中,所述引线排两两分组,组内引线排电流方向相反并相邻布置;

其中,所述组与组间相邻的引线排电流方向相反;

其中,所述组与组间相邻的引线排电流方向相同,两组间距离要远;

其中,所述引线排的窄面面对所述电抗绕组和所述平波电抗器油箱箱壁,如图6。

[0019] 引出一个或多个所述电抗绕组单元电流的电抗绕组首头和尾头的引线排的意思是:把各个电抗绕组单元的首头和尾头用引线排引出。当平波电抗器的电流非常大时(一般超过2000 A),要用引线排把绕组中电流引出,引线排一般多是铜排或铝排,少有其他材质。一般把引线排(铜排或铝排)的厚度叫窄面,宽度叫宽或宽面,长度叫高。电流方向相反的引线排相邻布置的意思是让两个引线排在保证安全的前提下距离尽量近(例如10mm),让单独一个引线排所建立的磁场被另一引线排所建立的磁场相互抵消,这样就大大降低了引线电抗和涡流。导电排窄面面对箱壁也是为减少箱壁中的涡流。

[0020] 由图1引线电流逆向分布铁心式平波电抗器接线原理示意图可知,在同相逆并联整流电路中,两整流单元共用一台平波电抗器,一个电抗绕组分成两个单元,引线也分成两个电流相反的部分,电抗绕组的两个单元是并联关系。

[0021] 由图2引线电流逆向分布铁心式平波电抗器接线原理示意图可知,在同相逆并联整流电路中,两整流单元共有一台平波电抗器,一个电抗绕组分成四个单元,引线也分成两两电流相反的四个部分,电抗绕组的各单元即有串联关系也有并联关系。

[0022] 由图3引线电流逆向分布铁心式平波电抗器接线原理示意图可知,是一个十二脉波整流电路的两个整流单元中,两电抗绕组的串联位置和联结方式。

[0023] 由图4引线电流逆向分布铁心式平波电抗器接线原理示意图可知,是一个整流电路或整流单元中,一个电抗绕组和引线分成两个电流相反的并联支路原理。

[0024] 由图5引线电流逆向分布铁心式平波电抗器接线原理示意图可知,是一个整流电路或整流单元中,一个电抗绕组和引线分成两个电流相反的串联支路原理。

[0025] 由图1和图2可知,假设各部分的电抗绕组各是一台平波电抗器,它们或是串联关系,或是并联关系,最终形成一个统一的电感值。

[0026] 技术效果:

1、铁心式平波电抗器由于可以有油箱屏蔽,所以较好的解决了电抗器的电磁污染、辐射问题。让操作工人、设备、周围的建筑处在安全的工作环境中。

[0027] 2、消除多个并联整流单元的循环电流。新型平波电抗器是通过多个电抗绕组单元的电流、电压耦合令两支路电流相等。

[0028] 3、在直流冶炼炉中减小了直流偏磁现象。直流偏磁现象是困扰直流冶炼行业的两大难题之一,过去用电极偏置技术解决,但给产品的生产制造、冶炼工艺带来巨大的问题。过去因电抗器的接线问题,直流冶炼无法采用同相逆并联结构,故炉前的大电流引线铜排

磁场无法消除。本技术扩大了同相逆并联的工作范围。过去同相逆并联电路只能联结到平波电抗器前,现在可以把同相逆并联的电路结构最大程度的靠近炉前。

[0029] 4、可以在直流冶炼和直流输电电路中采用铁心式平波电抗器。两台电感值相同的铁心电抗器即使采用相同的图纸、相同的工艺,制造完工后电感值误差也很大,主要原因是铁心气隙极难控制,特别是电抗器工作时间久了,震动让气隙变化,误差引起环流,故直流输电和直流冶炼行业采用空心电抗器,这是困扰电抗器行业多年的难题。现在把原来是两台电抗器改为用两个电抗绕组合用一个铁心,其电感值基本相同,即使工作久了两个电感值变化也是相同的,引起误差叠加的方向相同。所以可以在直流冶炼和直流输电行业采用铁心式平波电抗器,采用铁心电抗器可以让冶炼设备更靠近炉前,可以减小很大的直流损耗。

[0030] 5、较好的解决了平波电抗器引线电抗增大、涡流等问题。同时节能、成本下降、输出精度提高、可以多台电抗器组合成一台。多同相位(相位相反也可以)、同脉波数的电抗器合为一台电抗器,成本大幅度下降。甚至一些直流电流、直流电压不等的多台电抗器也可以通过电抗绕组的合理拆分和布置,合成一台电抗器,但要注意相位和脉波。

[0031] 6、更重要的是以往整流电路同相逆并联时多采用两台电抗器或四台电抗器,电抗器的电感值制造误差一向较大,铁心电抗器铁心间隙极难控制,造成各电抗器的电感值不等,在整流电路的各单元间形成环流。现在一个直流系统的多个电抗绕组耦合在一起,电感值输出精度大幅度提高。

附图说明

[0032] 图1是引线电流逆向分布铁心式平波电抗器接线原理示意图之一。

[0033] 图2是引线电流逆向分布铁心式平波电抗器接线原理示意图之一。

[0034] 图3是引线电流逆向分布十二脉波平波电抗器接线原理示意图之一。

[0035] 图4是引线电流逆向分布铁心式平波电抗器接线原理示意图之一。

[0036] 图5是引线电流逆向分布铁心式平波电抗器接线原理示意图之一。

[0037] 图6是引线电流逆向分布铁心式平波电抗器引线排窄面正对箱壁和绕组原理示意图之一。

[0038] 其中,

1、是同相逆并联的整流电路。

[0039] 2、是同相逆并联整流电路的一个整流单元。

[0040] 3、是同相逆并联整流电路的另一个整流单元。

[0041] 4、是整流电路、平波电抗器、负载间的引线。

[0042] 5、是一台平波电抗器。

[0043] 6、是各引线电流方向。

[0044] 7、是平波电抗器的电抗绕组的一个单元(分支)。

[0045] 8、是平波电抗器的电抗绕组的另一个单元(分支)。

[0046] 9、油箱壁。

[0047] 10、电抗绕组。

[0048] 11、引线排。

[0049] 12、引线排某个瞬间的电流方向(●电流来的方向,※电流去的方向)。

具体实施方式

[0050] 实例1、一直流系统:额定直流电压1000V,额定直流电流2500A,原设计要求电感量1.805mH平波电抗器一台。现由于整流电路改为同相逆并联结构,按传统设计方案需要两台3.61 mH平波电抗器,但由于两台平波电抗器的加入系统无法应用同相逆并联结构,因为两个逆并联的导电排要求距离非常近,由于两台平波电抗器需各自串入一个导电排,两导电排距离非常远,失去了同相逆并联的意义。现应用本专利技术,让两3.61 mH平波电抗器绕组共用一个铁心。应用本专利更简单的方案是让原设计要求电感量1.805mH平波电抗器绕组分成两个支路,每一支路电感量3.61 mH,则极简单、完美的解决了这一问题。但这一方案前提是原电抗器的绕组需要偶数个部分并联组合而成,如此才能对称拆分。

[0051] 一、设原铁心平波电抗器数据:

1、铁心采用单相铁心,带气隙的两心柱和上下铁轭构成的封闭磁回路,铁心直径 ϕ 290,磁密 $B_m=1.45T$,最大片宽 $b=280$,叠厚 $c=265mm$,窗高 $H_w=880mm$,窗宽 $M_o=800mm$,铁心截面 $A_t=588cm^2$,空气气隙每柱6个,每个13mm,两柱合计气隙156mm。

[0052] 2、电抗绕组,额定电压1000V,额定电流2500A,电感量1.805mH,总匝数 $N=64$ 匝。每柱8个分绕组,两柱共16个分绕组并联,每个分绕组64匝,连续式,16匝/饼,每分绕组4饼,双玻璃丝包绕组线SBECB—45/155 4×12.5,两根并绕。饼间气道10mm,线圈间气道21.5mm,匝间气道7mm。

[0053] 每个绕组高 $h=13\times 4+3\times 10\times 3\times 0.93$ (压缩系数)=80mm

每柱8个并联绕组总高 $H=8\times 80+7\times 21.5\times 0.93$ (压缩系数)=780mm

每个绕组迭厚 $b=4.5\times 2\times 16+15\times 5=225mm$

绕组内径 $\phi_1=310mm$

绕组外径 $\phi_2=310+2\times 225=760mm$ 。

[0054] 二、设计方案:

1、结构设计(见图1)

原电抗绕组结构:每柱8个分绕组组成,两柱共16个分绕组并联,每个分绕组64匝,连续式,16匝/饼,每分绕组4饼。

[0055] (1)电抗绕组的第一部分:铁心一个柱的各分绕组从上往下数的1、3、5、7四个分绕组和另一柱的从上往下数的1、3、5、7四个分绕组共8个分绕组组并联,组成电抗绕组的第一部分。

[0056] 电抗绕组的第二部分:铁心一个柱的各分绕组从上往下数的2、4、6、8四个分绕组和另一柱的从上往下数的2、4、6、8四个分绕组共8个分绕组组并联,组成电抗绕组的第二部分。

[0057] (2)绕组引线采用8mm×80mm铜排,共8根,每柱布置4根。其中铜排窄面面向绕组,距离绕组80mm,每4根铜排为一组,铜排间间距10mm,依次与各分绕组的首尾首尾联结。由于相邻铜排间电流相反,所以磁场相互抵消。

[0058] (3)出线导电排为TED—12×100四个。其中,两个一组,一个为正极,一个为负极,正极与电抗绕组第一部分的8个分绕组首头联结,负极与尾头联结,两个导电排相距120mm,

并把两个导电排的正负极性按图1的原理接入一个整流支路中。同理另两个正负极的导电排接入另一个整流支路中。四个导电排首尾首尾相邻,间距均120mm,让各个导电排的电流依次相反。

[0059] 2、由图1可知:由于电抗绕组两部分是并联关系,所以每部分的额定电流是1250A,匝数为64匝,电感量3.61 mH。

[0060] 1、原平波电抗器铁心磁密计算:

(1)磁通扩散后气隙每边扩大宽度 ϵ

$$\epsilon = 0.735 \times \delta \times \ln((H_b + \delta) / \delta) = 0.655 \text{ cm}$$

式中, δ —每个心柱气隙,1.3cm

H_b —每个心柱铁心饼高,5cm

(2)考虑磁通扩散后气隙有效截面积 A_δ

$$A_\delta = A_t + 2 \times \epsilon \times (b + c + 2 \times \epsilon) = 588 + 73.1 = 661.1 \text{ cm}^2$$

式中, A_t —铁心截面积,588

b —铁心片宽,28cm

c —铁心叠厚,26.5cm

(3)直流电流在铁心中产生的直流磁通密度 B_{dc}

$$B_{dc} = (0.4 \times \pi \times N \times I_d / \sum \delta) \times (A_\delta / A_t) \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$B_{dc} = 1.448 \text{ T}$$

由以上计算可知:平波电抗器的匝数都是64匝,两部分电流和是2500A,铁心结构未变,所以把平波电抗器的电抗绕组分成两部分时的磁密是不变的,故铁心的导磁率不变。

[0061] 3、原平波电抗器电抗绕组分成两部分后每一部分的电感值计算:

由原设计可知每个分绕组的电感值为28.88 mH,所以8个并联的分绕组电感值

$$L = 28.88 \text{ mH} \div 8 = 3.61 \text{ mH}$$

[0062] 以前整流电路的同相逆并联用两台电抗器时,环流大、占地大、引线间磁场无法抵消、电感值不等,现在这些缺点均没有了。

[0063] 实例2、一台原有铁心式平波电抗器:额定电压1000V,额定电流2500A,设计要求电感量1.805mH。由于整流电路由六脉波改为两个桥式并联十二脉波整流电路,,每支路电流小了50%,故为保证系统安全,保证短路电流不变,每支路的电感值为3.61 mH。

[0064] 电抗器设计方案同实例1,两个电抗绕组单元与整流电路接线方案如图3。

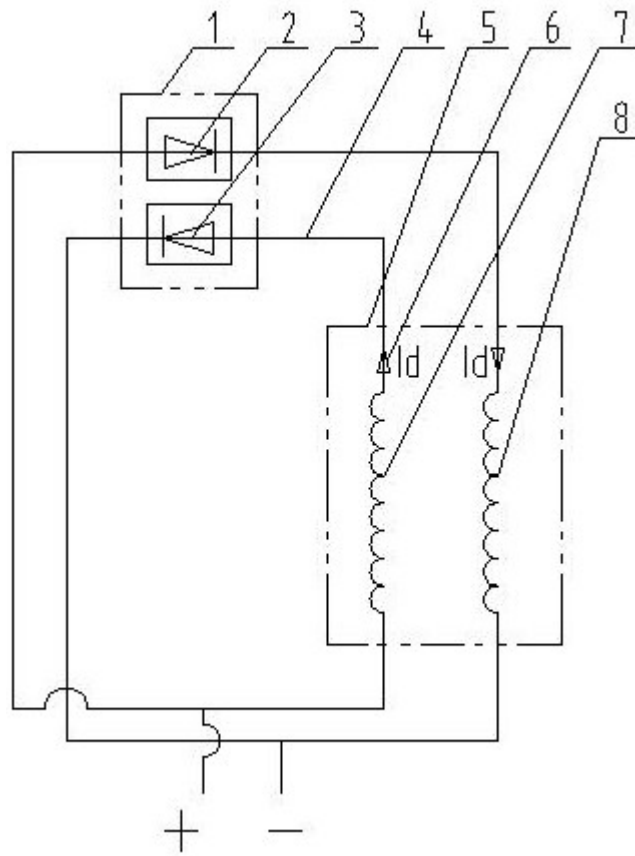


图 1

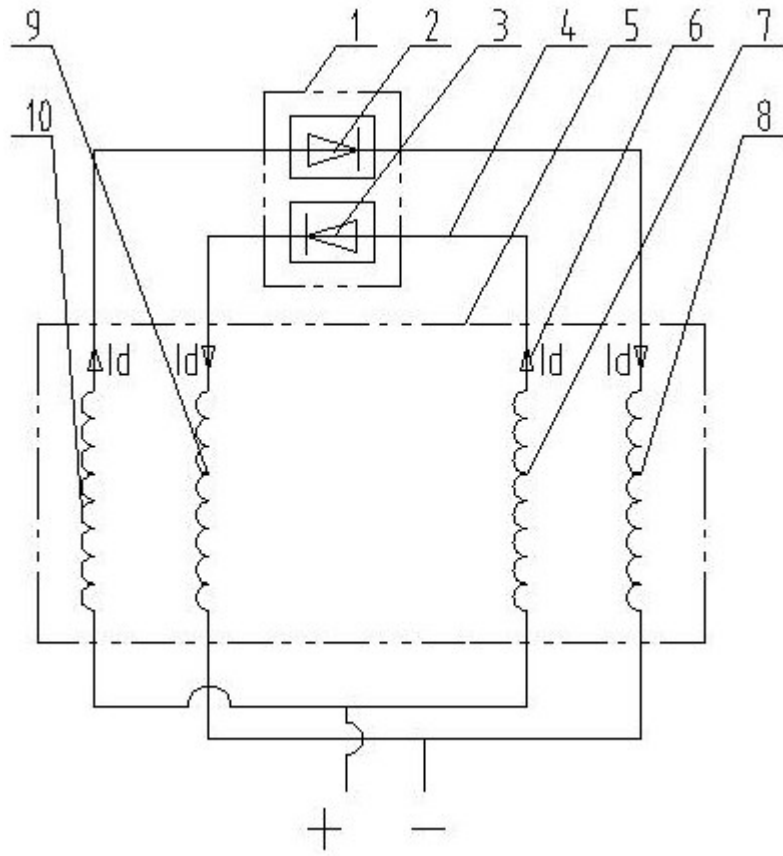


图 2

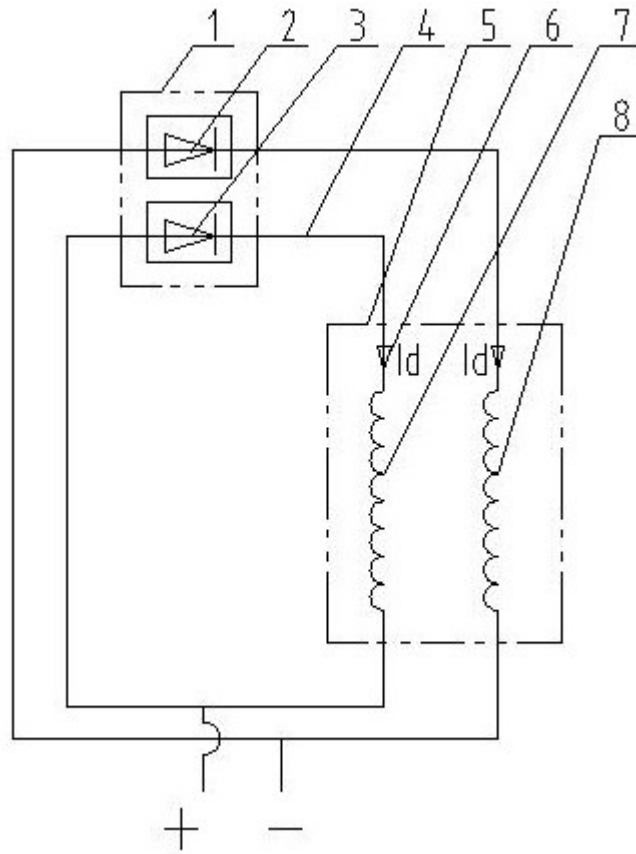


图 3

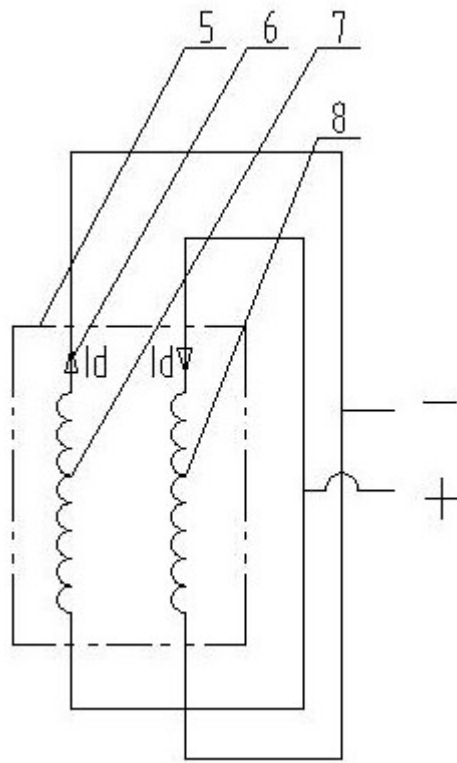


图 4

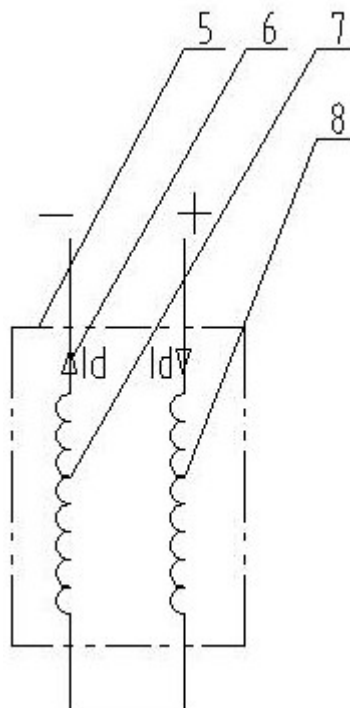


图 5

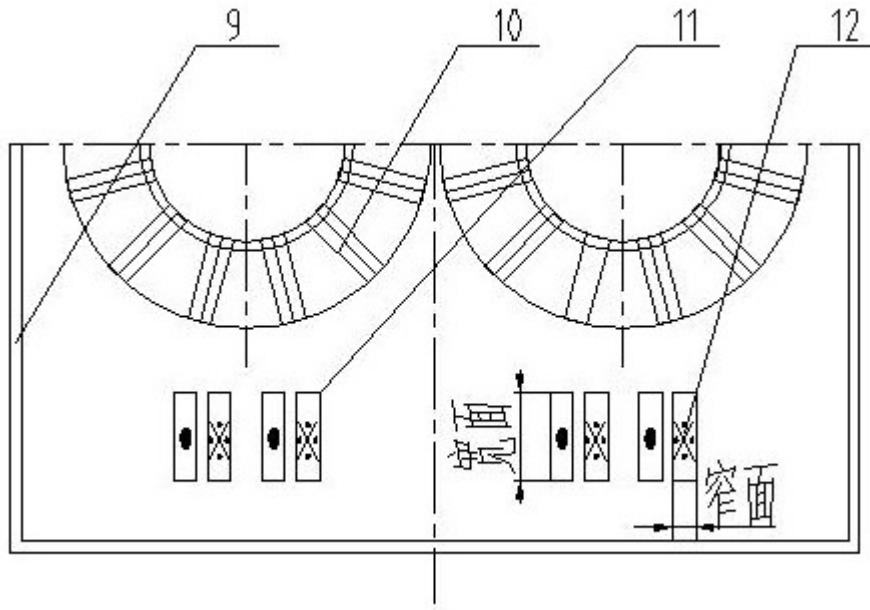


图 6