



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111627649 A

(43)申请公布日 2020.09.04

(21)申请号 202010620707.8

H01F 27/40(2006.01)

(22)申请日 2020.06.30

H01F 27/42(2006.01)

(71)申请人 中国科学院上海应用物理研究所
地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路2019号

申请人 中国科学院上海高等研究院

(72)发明人 吴勇华 雷阳阳 袁启兵 刘永芳
周孝轩

(74)专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002

代理人 邓琪

(51)Int.Cl.

H01F 19/04(2006.01)

H01F 27/12(2006.01)

H01F 27/22(2006.01)

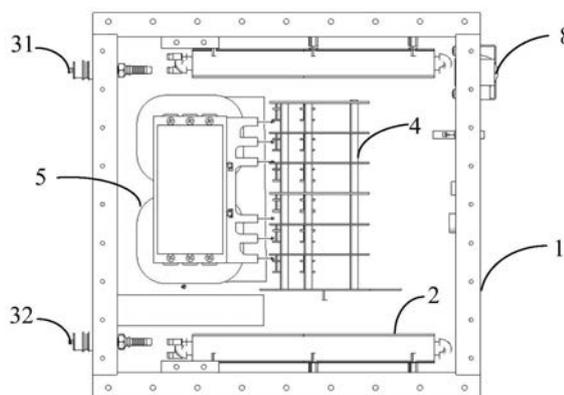
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种高频高压变压器

(57)摘要

本发明涉及一种高频高压变压器,包括油缸体,油缸体的内部注有绝缘油,所述油缸体的内部依次电连接有:升压组件,包括绕制在同一铁芯上的初级线包和次级线包,所述初级线包包括初级输入主线包和初级输入副线包;整流组件,与所述次级线包并联,由若干个硅堆串并联构成,以及滤波组件,与所述整流组件并联,由若干个滤波电路串联构成。本发明的高频高压变压器能够使脉冲调制器恒流充电电源的稳定度提高一个数量级。另外,本发明的高频高压变压器还设置有散热组件、温度监测模块和液位检测模块,提高了脉冲调制器恒流充电电源的可靠性。



1. 一种高频高压变压器,包括油缸体,油缸体的内部注有绝缘油,其特征在于,所述油缸体的内部依次电连接有:

升压组件,包括绕制在同一铁芯上的初级线包和次级线包,所述初级线包包括初级输入主线包和初级输入副线包;

整流组件,与所述次级线包并联,由若干个硅堆串并联构成,以及

滤波组件,与所述整流组件并联,由若干个滤波电路串联构成。

2. 根据权利要求1所述的高频高压变压器,其特征在于,所述油缸体上设有与所述初级输入主线包匹配的第一脉冲输入接口,且设有与所述初级输入副线包匹配的第二脉冲输入接口。

3. 根据权利要求1所述的高频高压变压器,其特征在于,所述硅堆由若干个高频快恢复二极管串并联构成。

4. 根据权利要求1所述的高频高压变压器,其特征在于,所述油缸体的四周由散热片焊接而成。

5. 根据权利要求4所述的高频高压变压器,其特征在于,所述散热片采用铝、铜或铜铝合金的散热材料。

6. 根据权利要求1所述的高频高压变压器,其特征在于,所述油缸体的内壁焊接有紫铜管,所述油缸体上设有与所述紫铜管匹配的冷却水进口和冷却水出口。

7. 根据权利要求1所述的高频高压变压器,其特征在于,所述油缸体内部安装有绝缘油液位监测传感器,且所述油缸体上设有与该绝缘油液位监测传感器匹配的绝缘油液位模拟量输出接口。

8. 根据权利要求1所述的高频高压变压器,其特征在于,所述油缸体内部安装有与初级输入主线包紧密贴牢的初级输入主线包温度监测模块,且所述油缸体上设有与该初级输入主线包温度监测模块匹配的初级输入主线包温度监测模拟量输出接口。

9. 根据权利要求1所述的高频高压变压器,其特征在于,所述油缸体内部安装有与所述铁芯紧密贴牢的铁芯温度监测模块,且所述油缸体上设有与该铁芯温度监测模块匹配的铁芯温度监测模拟量输出接口。

10. 根据权利要求1所述的高频高压变压器,其特征在于,所述油缸体内部安装有与绝缘油紧密接触的绝缘油温度监测模块,且所述油缸体上设有与该绝缘油温度监测模块匹配的绝缘油温度监测模拟量输出接口。

一种高频高压变压器

技术领域

[0001] 本发明涉及脉冲功率技术领域,更具体地涉及一种高频高压变压器,其广泛应用于粒子加速器领域。

背景技术

[0002] 脉冲调制器恒流充电电源是脉冲功率技术领域的常用充电电源,广泛应用于同步辐射光源、自由电子激光装置的粒子加速器系统,目前幅度稳定度基本在0.1%-0.05%之间。如图1所示,脉冲调制器恒流充电电源由工频三相交流电源1'、AC-DC 2'、全桥开关3'、高频高压变压器4'、高精度电压采样4'及数字化控制器5'组成,其中,高频高压变压器是脉冲调制器恒流充电电源的核心部件。随着粒子加速器的不断发展,传统的脉冲调制器恒流充电电源渐渐不能满足要求,需要稳定度更高和可靠性更好的脉冲调制器恒流充电电源。

[0003] 然而,现有技术中的变压器主要采用铝或钢材料焊接而成的油缸,内部设置普通高压升压变压器和高压整流电路。其中,普通高压升压变压器采用单路初级绕组和次级单路绕组(部分采用多路次级绕组叠加),高压整流电路采用单个高压硅堆组成整流电路,且内部没有设置温度和油位监测装置。通过长期使用发现,单路初级绕组很难进一步提高幅度稳定度,功率越大稳定度的指标越差,并且单路初级绕组提高了次级匝间耐压,增加绕制工艺的难度,同时也提高了整流电路器件的耐压要求。而采用单个高压硅堆组成整流电路,在大功率应用场合会导致硅堆内部结温过高,造成硅堆击穿。另外,未设置温度监测装置,会使得在使用过程中不知道油缸内部及变压器线包温升数据,无法实时判断变压器的工作状态,不能对设备及时的保护,同时也不利于设备故障的分析。而未设置油位监测装置,会使得变压器长期使用后由于油缸体的渗漏会导致绝缘油的液面降低,从而降低变压器内部线包、整流滤波电路器件的耐压,导致器件高压击穿而损坏。因而需要设计一种高频高压变压器,能够提高同时脉冲调制器恒流充电电源的稳定度和可靠性。

发明内容

[0004] 为解决上述问题,本发明提供一种高频高压变压器,以提高脉冲调制器恒流充电电源的稳定度和可靠性。

[0005] 本发明提供了一种高频高压变压器,包括油缸体,油缸体的内部注有绝缘油,所述油缸体的内部依次电连接有:升压组件,包括绕制在同一铁芯上的初级线包和次级线包,所述初级线包包括初级输入主线包和初级输入副线包;整流组件,与所述次级线包并联,由若干个硅堆串并联构成,以及滤波组件,与所述整流组件并联,由若干个滤波电路串联构成。

[0006] 进一步地,所述油缸体上设有与所述初级输入主线包匹配的第一脉冲输入接口,且设有与所述初级输入副线包匹配的第二脉冲输入接口。

[0007] 进一步地,所述硅堆由若干个高频快恢复二极管串并联构成。

[0008] 进一步地,所述油缸体的四周由散热片焊接而成。

[0009] 进一步地,所述散热片采用铝、铜或铜铝合金的散热材料。

[0010] 进一步地,所述油缸体的内壁焊接有紫铜管,所述油缸体上设有与所述紫铜管匹配的冷却水进口和冷却水出口。

[0011] 进一步地,所述油缸体内部安装有绝缘油液位监测传感器,且所述油缸体上设有与该绝缘油液位监测传感器匹配的绝缘油液位模拟量输出接口。

[0012] 进一步地,所述油缸体内部安装有与初级输入主线包紧密贴牢的初级输入主线包温度监测模块,且所述油缸体上设有与该初级输入主线包温度监测模块匹配的初级输入主线包温度监测模拟量输出接口。

[0013] 进一步地,所述油缸体内部安装有与所述铁芯紧密贴牢的铁芯温度监测模块,且所述油缸体上设有与该铁芯温度监测模块匹配的铁芯温度监测模拟量输出接口。

[0014] 进一步地,所述油缸体内部安装有与绝缘油紧密接触的绝缘油温度监测模块,且所述油缸体上设有与该绝缘油温度监测模块匹配的绝缘油温度监测模拟量输出接口。

[0015] 本发明的高频高压变压器中的初级输入主线包和初级输入副线包绕制在同一铁芯上,能够实现对负载充电过程前一段时间的大电流快充和后一段时间的小电流慢充,初级输入副线包提供的小电流充电回路可以使全桥开关的工作频率提高2-3倍,从而使脉冲调制器恒流充电电源的稳定度提高一个数量级,达到0.005%,且比传统设计减少了一个变压器铁芯和次级线包中线圈的数量,实现体积最小化,降低了成本。另外,本发明的高频高压变压器采用散热组件、温度监测模块和液位检测模块等保护、监测措施,提高了脉冲调制器恒流充电电源的可靠性。

附图说明

[0016] 图1是现有技术中脉冲调制器恒流充电电源的系统框图。

[0017] 图2(a)是按照本发明的高频高压变压器的主视图;图2(b)是按照本发明的高频高压变压器的左视图;图2(c)是按照本发明的高频高压变压器去除上盖的俯视图。

[0018] 图3是按照本发明的高频高压变压器内部电路示意图。

[0019] 图4是按照本发明的高频高压变压器中的升压组件等角轴测图。

[0020] 图5是图3中硅堆的组成结构示意图。

[0021] 图6是按照本发明的高频高压变压器的工作时序图。

具体实施方式

[0022] 下面结合附图,给出本发明的较佳实施例,并予以详细描述。

[0023] 如图2(a)-图2(c)所示,本发明提供的一个较佳实施例的高频高压变压器,包括油缸体1,其内部注有绝缘油。油缸体1的四周由铝制散热片焊接而成,用于整个高频高压变压器的散热,油缸体1的上盖和下盖则采用普通铝制盖板。需要说明的是,在其他实施例中,散热片和盖板还可选用其他散热性能好的材料,例如铜或铜铝合金。

[0024] 油缸体1两侧的内壁焊接有紫铜管2,通过外接水冷机,紫铜管2中输入循环冷却水,用于高频高压变压器内部线圈和电路的散热。相应地,油缸体1上安装有冷却水进口31、32,以及冷却水出口41、42。

[0025] 在油缸体1的内部依次电连接有升压组件5、整流组件6以及滤波组件7。如图3和图4所示,升压组件5包括初级线包51、铁芯52以及次级线包53,其中,初级线包51包括初级输

入主线包511和初级输入副线包512,初级输入主线包511、初级输入副线包512以及次级线包53均绕制在铁芯52上。在本实施例中,初级输入主线包511用于输入500V/200A/30KHz的脉冲电压,因而对应地在油缸体1的四周设有第一脉冲输入接口513;初级输入副线包512用于输入500V/2A/80KHz的脉冲电压,因而对应地在油缸体1的四周设有第二脉冲输入接口514,铁芯52以及次级线包53则用于完成高频升压。

[0026] 由于初级输入主线包511和初级输入副线包512绕制在同一铁芯52上,因而能够实现对负载充电过程前一段时间的大电流快充和后一段时间的小电流慢充,且比传统设计减少了一个变压器铁芯和次级线包中线圈的数量,实现体积最小化,降低了成本。在本实施例中,初级输入主线包511采用5组 $0.01\text{mm}^2 \times 1000$ 丝包铜线并绕而成,初级输入副线包512采用1根 $0.001\text{mm}^2 \times 500$ 丝包铜线绕制而成,铜丝包线相对介电常数为3.5;次级线包53包括6个次级线圈,这6个次级线圈采用6根截面积为 0.5mm^2 的单股漆包线绕制而成;铁芯52采用截面积为 20cm^2 的铁氧体材料。

[0027] 在本实施例中,整流组件6与次级线包53并联,由24个硅堆61串并联构成,同时请参照图5,每个硅堆61均由39只高频快恢复二极管BYV-26E串并联构成,且不灌封,用于对升压后的电压信号进行高压整流。

[0028] 在本实施例中,滤波组件7与整流组件6并联,由3个RC滤波电路串联构成,每个RC滤波电路中的电阻采用 $50\text{M}\Omega$ 的电阻,电容采用 $220\text{pF}/15\text{kV}$ 的电容。滤波组件7用于对整流后的电压信号进行滤波,滤波后通过直流高压输出接口10输出 $50\text{kV}/1\text{A}$ 直流高压。

[0029] 需要说明的是,前述各元件的数量、尺寸、型号等均根据不同的需求来确定,在其他实施例中,可选用其他满足需求的数量、尺寸、型号等,技术人员也可根据自己的设计经验选择上述各元件的数量、尺寸、型号。

[0030] 另外,为了便于维护高频高压变压器,在油缸体1的内部安装有绝缘油液位监测传感器8,用于监测油缸体1内部绝缘油的液位。同时,油缸体1的内部还安装有:初级输入主线包温度监测模块91,用于监测初级输入主线包511的实时温度;铁芯温度监测模块92,用于监测铁芯52的温度;绝缘油温度监测模块93,用于监测油缸体1内部绝缘油的温度。相应地,油缸体1的四周设有绝缘油液位模拟量输出接口81、初级输入主线包温度监测模拟量输出接口911、铁芯温度监测模拟量输出接口921以及绝缘油温度监测模拟量输出接口931,输出的模拟量再供外设设备处理。

[0031] 其中,初级输入主线包温度监测模块91、铁芯温度监测模块92以及绝缘油温度监测模块93采用温度开关,并分别与初级输入主线包511的丝包线、铁芯52以及绝缘油紧密贴牢。绝缘油液位监测传感器8是一种利用连通器原理的液位探测器,通过该探测器将位置信号转化为电平信号,供外接设备处理。

[0032] 基于上述设置,本发明一较佳实施例的高频高压变压器技术参数总结如下:

序号	技术参数	数值	单位	备注
1	输入(主)峰值电压	540	V	最大值
2	输入(主)峰值电流	200	A	最大值
3	输入(主)脉冲频率	30	kHz	
4	输入(副)峰值电压	540	V	最大值
5	输入(副)峰值电流	2	A	最大值

6	输入(副)脉冲频率	80	kHz	
7	输出电压	50	kV	最大值
8	输出电流	1.0	A	

[0033] 表中的最大值是指允许输入的最大值,例如输入(主)峰值电压在设计时选择可以正常工作的数据为500V,而表格中的540V是允许输入的最大值,超过最大值会对高频高压变压器造成不可修复的损坏,甚至会导致其它设备或人身的损伤。

[0034] 以下结合图6来描述本实施例的高频高压变压器的工作过程:

[0035] 从 t_0 时刻开始,变压器初级主线包有500V/200A/30kHz脉冲输入,变压器输出电压随时间增大,直至到 t_1 时刻达到 $0.9V_c$ (V_c 为最终变压器输出的50kV/1A直流高压);

[0036] 在 t_1 时刻,变压器初级主输入关断,初级副输入开始有500V/2A/80kHz脉冲输入,变压器输出电压随时间进一步增大,直至在 t_2 时刻达到设定值 V_c ;

[0037] 在 t_2 时刻,变压器初级副输入关断,即变压器初级主输入和变压器初级副输入都关断,变压器维持电压 V_c ,等待放电;

[0038] 在 t_3 时刻,开始放电,同时禁止充电,直到 t_4 时刻下一工作周期开启;

[0039] 在 t_4 时刻,开始重复下一周期工作。

[0040] 在工作过程中,由于初级输入主线包511电流较大,产热较多,初级输入主线包温度监测模块91可以监测其工作温度,若初级输入主线包511的温度大于 75°C ,则断开初级输入。同时,铁芯温度监测模块92用来监测铁芯52的工作温度,若铁芯52的温度大于 75°C ,则也要断开初级输入。

[0041] 通过上述实施方式,本发明的高频高压变压器能够使脉冲调制器恒流充电电源的稳定度提高一个数量级,达到0.005%。此外,本发明的高频高压变压器采用散热组件、温度监测模块和液位检测模块等保护、监测措施,可提高脉冲调制器恒流充电电源的可靠性。

[0042] 以上所述的,仅为本发明的较佳实施例,并非用以限定本发明的范围,本发明的上述实施例还可以做出各种变化。即凡是依据本发明申请的权利要求书及说明书内容所作的简单、等效变化与修饰,皆落入本发明专利的权利要求保护范围。本发明未详尽描述的均为常规技术内容。

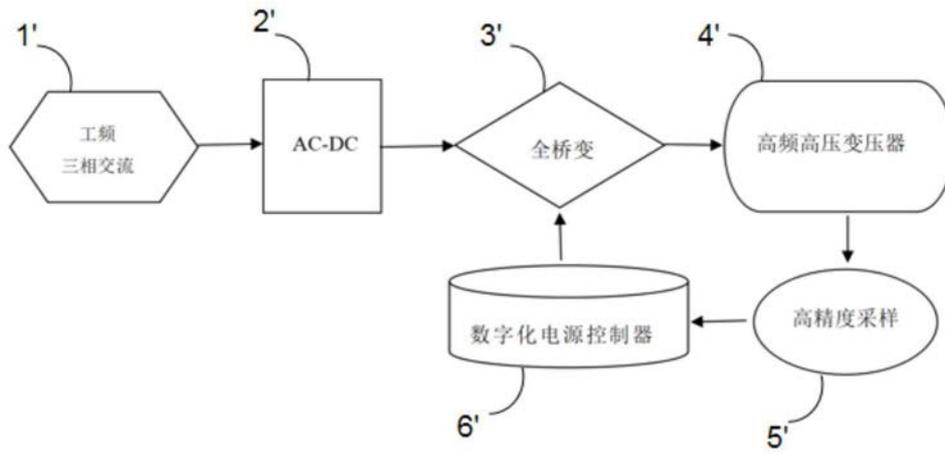


图1

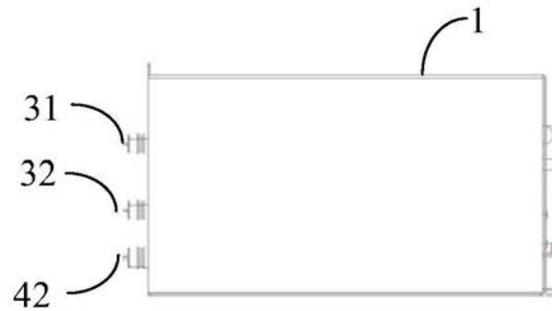


图2(a)

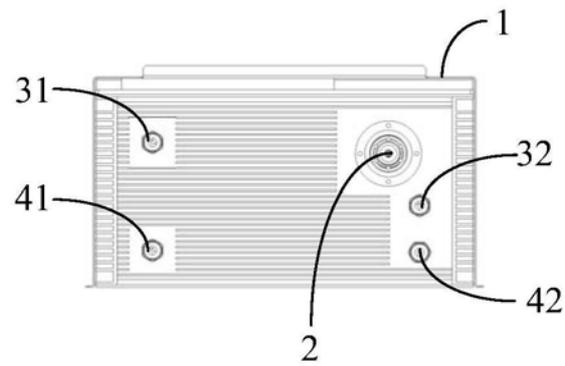


图2(b)

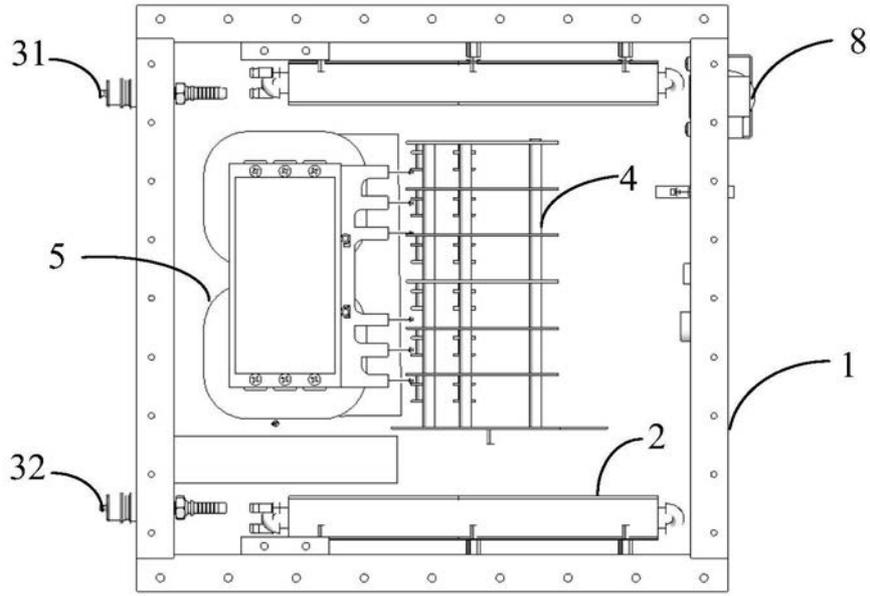


图2(c)

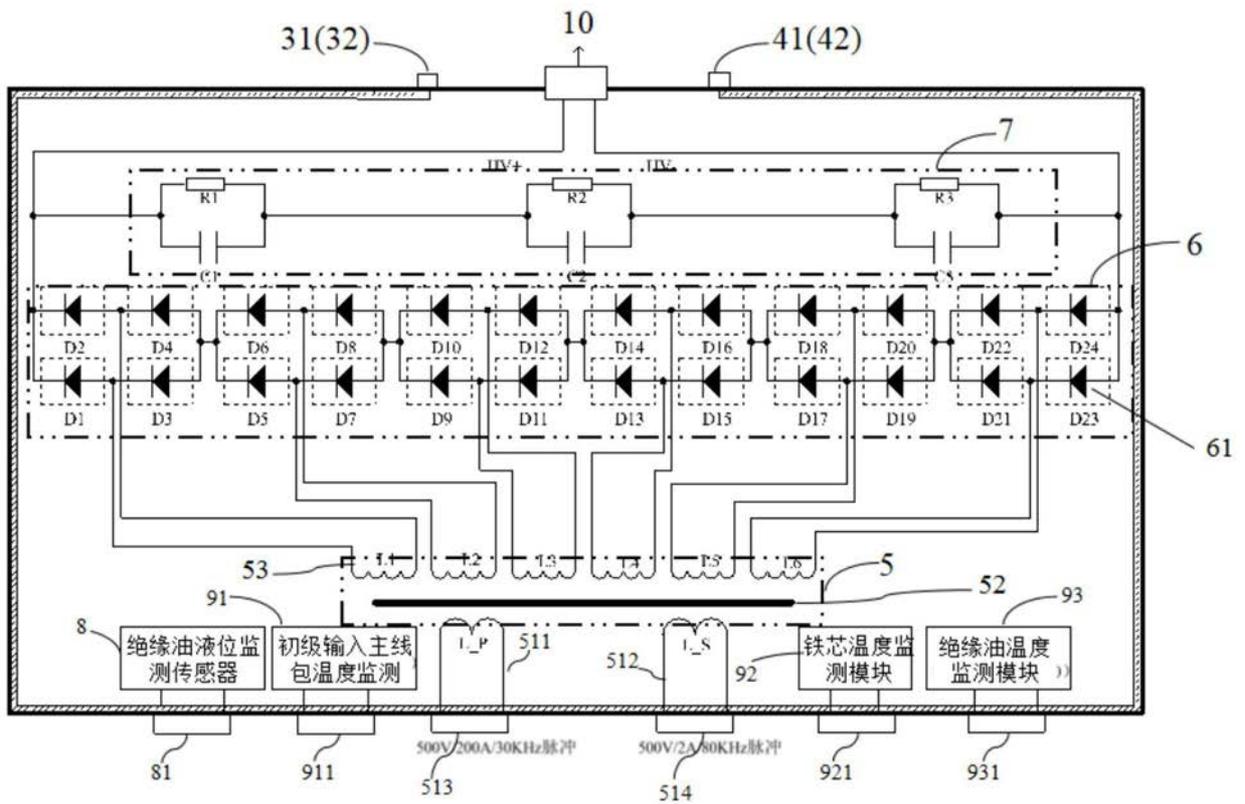


图3

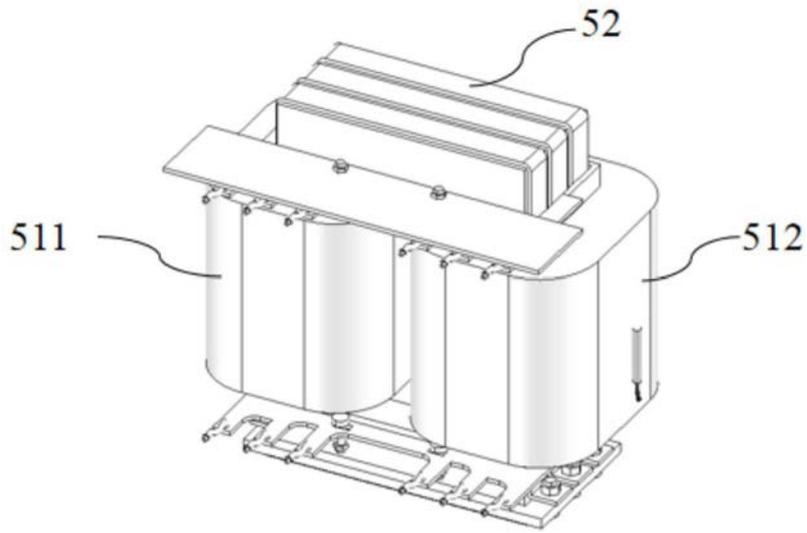


图4

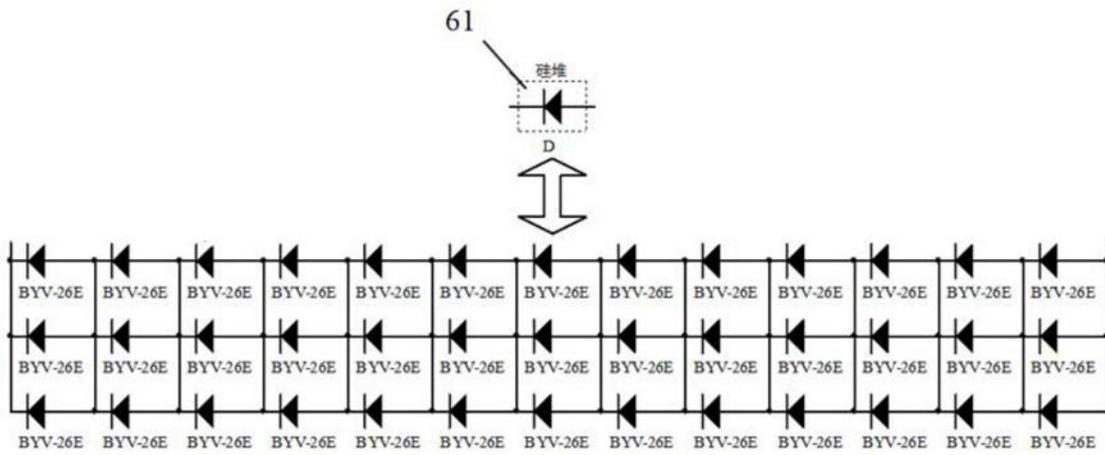


图5

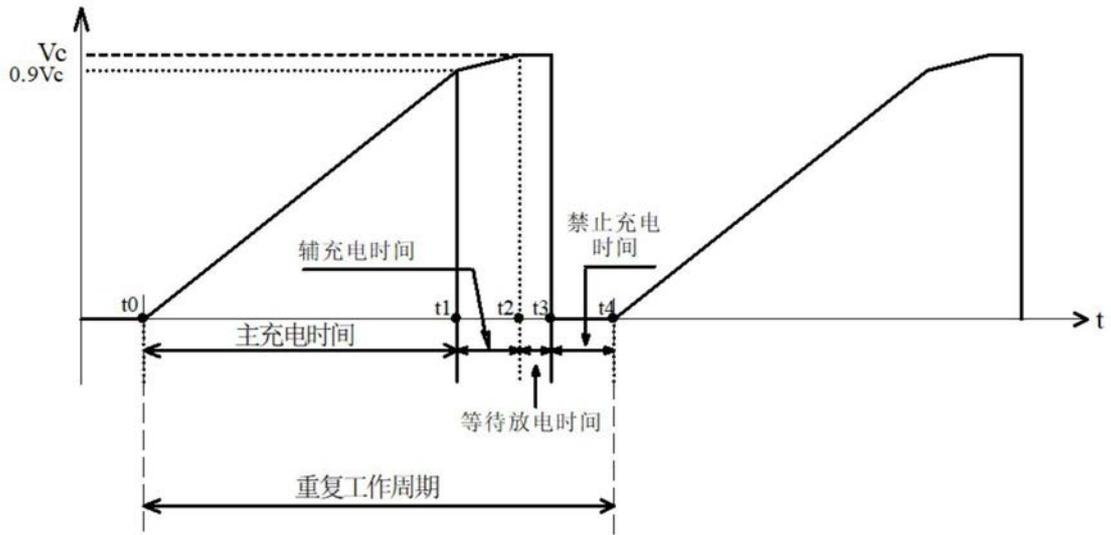


图6