(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109100551 A
(43)申请公布日 2018.12.28

(21)申请号 201710472169.0

(22)申请日 2017.06.21

(71)申请人 国网江苏省电力公司常州供电公司
地址 213003 江苏省常州市天宁区局前街27号
申请人 国网江苏省电力公司
国家电网公司

(72)发明人 张雄伟 朱勇 马振国 谢晖 陈慷 严会君

(74)专利代理机构 常州市江海阳光知识产权代理有限公司 32214
代理人 翁坚刚

(51)Int.Cl.
G01R 1/30(2006.01)
G01R 31/327(2006.01)

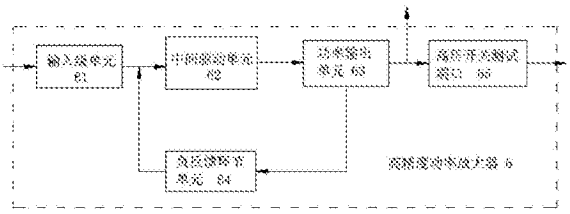
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

继电保护测试装置的高精度功率放大器

(57)摘要

本发明涉及一种继电保护测试装置的高精度功率放大器。所述的高精度功率放大器包括输入级单元、中间驱动级单元、功率输出级单元和负反馈环节单元。输入级单元将输入信号进行差分处理，中间驱动级单元通过输入级单元输入的信号与负反馈环节单元输入的反馈信号的共同作用产生驱动电压，驱动功率输出级单元对电压及功率进行放大；负反馈环节单元输入端与功率输出级单元输出端相连，使高精度功率放大器电路形成闭环。本发明的高精度功率放大器实现了高电压、大功率输出，能够提供可靠稳定的直流电源输出。设有本发明的高精度功率放大器的继电保护测试装置在使用时无需另外携带高压开关测试仪。



CN 109100551 A

1.一种继电保护测试装置的高精度功率放大器(6),具有高压开关测试端口(65);其特征在于:高精度功率放大器(6)设有电源端、信号输入端和直流电源输出端,且还包括输入级单元(61)、中间驱动级单元(62)、功率输出级单元(63)和负反馈环节单元(64);输入级单元(61)的输入端也即高精度功率放大器(6)的信号输入端;输入级单元(61)是能够将输入信号进行差分处理的电路;中间驱动级单元(62)是能够产生驱动电压的电路;功率输出级单元(63)设有电源端、驱动信号输入端和输出端;功率输出级单元(63)的电源端也是高精度功率放大器(6)的电源端;功率输出级单元(63)是能够由驱动电压驱动并对电压及功率进行放大的电路;输入级单元(61)的输出端通过中间驱动级单元(62)与功率输出级单元(63)驱动信号输入端连接;功率输出级单元(63)的输出端与高压开关测试端口(65)的输入端电连接,且该输出端还与负反馈环节单元(64)的输入端电连接;负反馈环节单元(64)的输出端以及输入级单元(61)的输出端同时连接到中间驱动级单元(62)的输入端;高压开关测试端口(65)的输出端即为高精度功率放大器(6)的直流电源输出端。

2.根据权利要求1所述的继电保护测试装置的高精度功率放大器,其特征在于:高精度功率放大器(6)还设有波形失真控制信号输入端和采样信号输出端;高精度功率放大器(6)的功率输出级单元(63)也设有波形失真控制信号输入端,该输入端则作为高精度功率放大器(6)的波形失真控制信号输入端;功率输出级单元(63)的输出端则还作为高精度功率放大器(6)的采样信号输出端;

所述的功率输出级单元(63)包括主电路、信号输入电路、稳压电路、恒流源电路和光电三极管;

功率输出级单元(63)的主电路设有正电源端、负电源端、输入端、半周信号输出端、控制端和输出端;信号输入电路设有半周信号输入端和半周信号输出端;

主电路的正负电源端即为功率输出级单元(63)的电源端;主电路的输入端即为功率输出级单元(63)的驱动信号输入端;主电路的半周信号输出端与信号输入电路的半周信号输入端相连;信号输入电路的半周信号输出端与主电路的控制端相连;主电路的输出端即为功率输出级单元(63)的输出端;稳压电路的阴极方向连接端与主电路的控制端相连;稳压电路的阳极方向连接端与主电路的输出端相连;恒流源电路设置在正电源端与主电路的控制端之间;光电三极管的集电极与主电路的控制端相连;光电三极管的发射极与主电路的输出端相连;光电三极管的基极即为功率输出级单元驱动(63)的波形失真控制信号输入端;波形失真判断电路(71)的第一控制信号输出端(71-2)与光电三极管的基极的相连,是波形失真判断电路(71)的相应的发光二极管对光电三极管的基极所发出的光信号的连接。

3.根据权利要求2所述的继电保护测试装置的高精度功率放大器,其特征在于:功率输出级单元(63)的主电路由推挽式功率输出级电路和多路扩展电路组成;推挽式功率输出级电路包括输出级第一电路和输出级第二电路;各路扩展电路以直接耦合的方式与输出级第二电路并联设置;输出级第一电路与输出级第二电路对称设置;

输出级第二电路设有正电源端、控制端和共同输出端;输出级第一电路设有输入端、共同输出端、半周信号输出端和负电源端;各路扩展电路均设有正电源端、控制端和输出端;

输出级第一电路的输入端即为主电路的输入端;输出级第一电路的共同输出端与输出级第二电路的共同输出端相连;输出级第一电路的半周信号输出端即为主电路的半周信号输出端;输出级第一电路的负电源端也即主电路的负电源端;

输出级第二电路的正电源端也即主电路的正电源端;输出级第二电路的控制端也即主电路的控制端;

各路扩展电路的正电源端共线,且与输出级第二电路的正电源端共线;各路扩展电路控制端共线,且与输出级第二电路的控制端共线;各路扩展电路的输出端共线,且与输出级第二电路的共同输出端共线,从而使得各路扩展电路的输出端与输出级第二电路的共同输出端以及输出级第一电路的共同输出端共同组成主电路的输出端。

继电保护测试装置的高精度功率放大器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高输出直流电压的继电保护测试装置的部件。

背景技术

[0002] 本发明所述的高输出是指高功率输出的简称。继电保护装置是保证电力系统安全可靠运行的重要设备。电力系统是由发电机、变压器、母线、输配电线路以及用电设备组成的复杂系统。电力系统中最常见同时也是最危险的故障是相与相、或者相与地之间的非正常连接，即短路。电力系统中的输电线路由于其所处的环境条件，决定了它是电力系统中最容易发生包括短路在内的故障的一环。另外，在输电线路上，还可能发生断线及几种故障同时发生的复合故障。继电保护装置的作用就是当电力系统的设有继电保护装置的被保护元件发生故障时，继电保护装置能自动、迅速、有选择地将故障元件从电力系统中切除，以保证无故障部分迅速恢复正常运行，并使故障元件免于继续遭受损害。上述的继电保护装置的核心器件就是各种相应的继电器。而继电保护测试装置就是对继电器的各项参数是否正常进行测量的装置。

[0003] 传统继电保护测试仪采用OCL功放(无输出电容功放)，不仅体积大而笨重，而且动态范围窄，精度也不高。而现有技术中采用开关电源和数字功放的继电保护测试仪由于其直流输出功率较小，故对于所测试的有关电流或电压等参数变化的波形的显示容易产生削峰而失真。通常的解决方法是，在现场试验时需另外携带高压开关测试仪，测试过程繁琐，操作不方便。中国专利文献CN 202720289 U(申请号为201220384361.7)所公开的继电保护测试仪即属于该类设备。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是，提供一种直流输出功率较大的继电保护测试装置的高精度功率放大器。

[0005] 实现本发明的技术方案是：本发明的继电保护测试装置的高精度功率放大器，具有高压开关测试端口；其结构特点是：

所述的高精度功率放大器设有电源端、信号输入端和直流电源输出端，且包括输入级单元、中间驱动级单元、功率输出级单元和负反馈环节单元；输入级单元的输入端也即高精度功率放大器的信号输入端；输入级单元是能够将输入信号进行差分处理的电路；中间驱动级单元是能够产生驱动电压的电路；功率输出级单元设有电源端、驱动信号输入端和输出端；功率输出级单元的电源端也是高精度功率放大器的电源端；功率输出级单元是能够由驱动电压驱动并对电压及功率进行放大的电路；输入级单元的输出端通过中间驱动级单元与功率输出级单元驱动信号输入端连接；功率输出级单元的输出端与高压开关测试端口的输入端电连接，且该输出端还与负反馈环节单元的输入端电连接；负反馈环节单元的输出端以及输入级单元的输出端同时连接到中间驱动级单元的输入端；高压开关测试端口的输出端即为高精度功率放大器的直流电源输出端。

[0006] 进一步地，所述的继电保护测试装置的高精度功率放大器，还设有波形失真控制信号输入端和采样信号输出端；高精度功率放大器的功率输出级单元也设有波形失真控制信号输入端，该输入端则作为高精度功率放大器的波形失真控制信号输入端；功率输出级单元的输出端则还作为高精度功率放大器的采样信号输出端。

[0007] 所述的功率输出级单元包括主电路、信号输入电路、稳压电路、恒流源电路和光电三极管。

[0008] 所述的功率输出级单元的主电路设有正电源端、负电源端、输入端、半周信号输出端、控制端和输出端；信号输入电路设有半周信号输入端和半周信号输出端。

[0009] 所述的主电路的正负电源端即为功率输出级单元的电源端；主电路的输入端即为功率输出级单元的驱动信号输入端；主电路的半周信号输出端与信号输入电路的半周信号输入端相连；信号输入电路的半周信号输出端与主电路的控制端相连；主电路的输出端即为功率输出级单元的输出端；稳压电路的阴极方向连接端与主电路的控制端相连；稳压电路的阳极方向连接端与主电路的输出端相连；恒流源电路设置在正电源端与主电路的控制端之间；光电三极管的集电极与主电路的控制端相连；光电三极管的发射极与主电路的输出端相连；光电三极管的基极即为功率输出级单元驱动的波形失真控制信号输入端；波形失真判断电路的第一控制信号输出端与光电三极管的基极的相连，是波形失真判断电路的相应的发光二极管对光电三极管的基极所发出的光信号的连接。

[0010] 进一步地，所述的继电保护测试装置的高精度功率放大器，其功率输出级单元的主电路由推挽式功率输出级电路和多路扩展电路组成；推挽式功率输出级电路包括输出级第一电路和输出级第二电路；各路扩展电路以直接耦合的方式与输出级第二电路并联设置；输出级第一电路与输出级第二电路对称设置。

[0011] 所述的输出级第二电路设有正电源端、控制端和共同输出端；输出级第一电路设有输入端、共同输出端、半周信号输出端和负电源端；各路扩展电路均设有正电源端、控制端和输出端。

[0012] 所述的输出级第一电路的输入端即为主电路的输入端；输出级第一电路的共同输出端与输出级第二电路的共同输出端相连；输出级第一电路的半周信号输出端即为主电路的半周信号输出端；输出级第一电路的负电源端也即主电路的负电源端。

[0013] 所述的输出级第二电路的正电源端也即主电路的正电源端；输出级第二电路的控制端也即主电路的控制端。

[0014] 所述的各路扩展电路的正电源端共线，且与输出级第二电路的正电源端共线；各路扩展电路控制端共线，且与输出级第二电路的控制端共线；各路扩展电路的输出端共线，且与输出级第二电路的共同输出端共线，从而使得各路扩展电路的输出端与输出级第二电路的共同输出端以及输出级第一电路的共同输出端共同组成主电路的输出端。

[0015] 本发明具有积极的效果：(1)采用本发明的高精度功率放大器的继电保护测试装置在使用中能够实现高电压、大功率输出，当所输出的直流电源输送至待测设备继电器时，由于此时的待测继电器所接受的是功率较大且电压较高的信号，故对继电器的有关参数的测试时可以得到真实的波形。(2)采用本发明的高精度功率放大器的测试装置能提供可靠稳定的直流电源输出，并具备精确测量断路器动作电压的功能。电力系统现场测试时无需另外携带高压开关测试仪，测试过程简单，操作方便。(3)本发明的高精度功率放大器的功

率输出级单元的主电路采用NMOS管的推挽式功率输出级电路和扩展电路，推挽式功率输出级由对称设置的推挽式功率输出级第一电路和推挽式功率输出级第二电路组成，且两者之间由输出级第一电路的降压二极管相连，从而使得功率输出级单元在对电压及功率进行放大时，工作较为稳定，最高输出直流可达250V。所述扩展电路有多路，各路扩展电路以直接耦合的方式与输出级第二电路并联设置，则可以加大功率输出级单元的输出功率，其输出功率单路可达700VA。(4)本发明的高精度功率放大器的在功率输出极单元的电源端与主电路之间设置恒流源电路，用以增加主电路的驱动能力。在功率输出极单元的输出级第二电路处设置稳压电路，从而能够得到静态偏置电压，用以保证NMOS功率管处于临界导通状态。设置的恒流源电路和静态偏置电压共同作用以控制失真度。

附图说明

[0016] 图1是设有本发明的高精度功率放大器的继电保护测试装置的一种结构示意图。

[0017] 图2是图1所示的继电保护测试装置的电路框图。

[0018] 图3是图2中的高精度功率放大器也即本发明的电路框图。

[0019] 图4是图3中所示的高精度功率放大器的功率输出单元的电原理图。

[0020] 图5是图4中所示的高精度功率放大器的功率输出单元的部分电路的电原理图。

[0021] 图6是图4中所示的高精度功率放大器的功率输出单元的扩展电路的电原理图。

[0022] 图7为在图5中绘制了有关波形后的电原理图。

[0023] 上述附图中的标记如下：电源电路10，电源输出控制电路11，测量信号输入端口2，微处理器3，数模转换器4，信号低通滤波模块5，高精度功率放大器6，输入级单元61，中间驱动级单元62，功率输出级单元63，负反馈环节单元64，高压开关测试端口65，波形失真判断电路71，电流信号输入端71-1，第一控制信号输出端71-2，第二控制信号输出端71-3，第三控制信号输出端71-4，波形失真报警电路72，异常信号处理电路8，壳体9，上板91，上位机100。

具体实施方式

[0024] (实施例1)

见图3，高精度功率放大器6设有电源端、信号输入端、波形失真控制信号输入端、采样信号输出端和直流电源输出端，且高精度功率放大器6包括输入级单元61、中间驱动级单元62、功率输出级单元63、负反馈环节单元64和高压开关测试端口65。

[0025] 高精度功率放大器6的直流电源输出端是使用时能够输出大功率直流电源且与待测设备的测试电源输入端相连接的端口。

[0026] 高精度功率放大器6的输入级单元61设有输入端和输出端。中间驱动级单元62设有输入端和输出端。功率输出级单元63设有电源端、驱动信号输入端、波形失真控制信号输入端、采样信号输出端和输出端，且功率输出级单元63包括主电路、信号输入电路、稳压电路、恒流源电路和光电三极管。高压开关测试端口65设有输入端和输出端。

[0027] 输入级单元61的输入端即为高精度功率放大器6的信号输入端。输入级单元61的输出端与中间驱动级单元62的输入端电连接。中间驱动级单元62的输出端与功率输出级单元63的驱动信号输入端电连接。功率输出级单元63的输出端也是高精度功率放大器6的采

样信号输出端，并且功率输出级单元63的输出端与高压开关测试端口65的输入端电连接。高压开关测试端口65的输出端即为高精度功率放大器6的直流电源输出端。功率输出级单元63的输出端还与负反馈环节单元64的输入端电连接。负反馈环节单元64的输出端与输入级单元61的输出端共线，从而也连接到中间驱动级单元62的输入端。

[0028] 所述的高精度功率放大器6工作时，输入级单元61将来自于信号低通滤波模块5的输入信号进行差分处理，然后输入级单元61输出的信号与负反馈环节单元64输出的反馈信号共同输至中间驱动级单元62的输入端，该两路信号在中间驱动级单元62的作用下输出时，产生驱动电压，用以对功率输出级单元63的驱动。在所述驱动电压的驱动下，驱动功率输出级单元63对电压及功率进行放大。负反馈环节单元64的设置使得高精度功率放大器6的电路形成闭环。高压开关测试端口65能够输出较为稳定的直流高电压和大功率电流，而向待测设备提供直流电压和直流电流。

[0029] 所述的高精度功率放大器6的输入级单元61具有高输入阻抗、高稳定性和较强的抗干扰能力。由于输入级单元61采用了差分电路，使用时，输入级单元61能够将输入信号进行差分处理。

[0030] 中间驱动级单元62是由运放组成的复合放大电路。工作时，所述的复合放大电路通过对输入级单元61输入的信号与负反馈环节单元64输出的反馈信号进行比较，运放产生与功率输出级单元63匹配的驱动电压。

[0031] 见图4至图6，功率输出级单元63的主电路设有正电源端、负电源端、输入端、半周信号输出端、控制端和输出端；信号输入电路设有半周信号输入端和半周信号输出端.

主电路的正负电源端即为功率输出级单元63的电源端；主电路的输入端即为功率输出级单元63的驱动信号输入端；主电路的半周信号输出端与信号输入电路的半周信号输入端相连；信号输入电路的半周信号输出端与主电路的控制端相连；主电路的输出端即为功率输出级单元63的输出端；稳压电路的阴极方向连接端与主电路的控制端相连；稳压电路的阳极方向连接端与主电路的输出端相连；恒流源电路设置在正电源端与主电路的控制端之间；光电三极管的集电极与主电路的控制端相连；光电三极管的发射极与主电路的输出端相连；光电三极管的基极即为功率输出级单元驱动63的波形失真控制信号输入端；波形失真判断电路71的第一控制信号输出端71-2与光电三极管的基极的相连，是波形失真判断电路71的相应的发光二极管对光电三极管的基极所发出的光信号的连接。

[0032] 功率输出级单元63的主电路采用NMOS管的推挽式功率输出级电路和扩展电路，推挽式功率输出级由对称设置的推挽式功率输出级第一电路(以下简称输出级第一电路)和推挽式功率输出级第二电路(以下简称输出级第二电路)组成，且两者之间由输出级第一电路的降压二极管DA2相连，从而使得功率输出级单元在对电压及功率进行放大时，工作较为稳定，最高输出直流可达250V。

[0033] 输出级第二电路设有正电源端、控制端和共同输出端；输出级第一电路设有输入端、共同输出端、半周信号输出端和负电源端；各路扩展电路均设有正电源端、控制端和输出端。输出级第一电路的输入端即为主电路的输入端。输出级第一电路的共同输出端与输出级第二电路的共同输出端相连。输出级第一电路的半周信号输出端即为主电路的半周信号输出端。输出级第一电路的负电源端也即主电路的负电源端。输出级第二电路的正电源端也即主电路的正电源端。输出级第二电路的控制端也即主电路的控制端。

[0034] 所述扩展电路有多路，各路扩展电路以直接耦合的方式与输出级第二电路并联设置，则可以加大功率输出级单元63的输出功率，其输出功率单路可达700VA，且工作较为稳定。

[0035] 在功率输出级单元63的电源端与主电路之间设置恒流源电路，用以增加主电路的驱动能力。在功率输出级单元63的输出级第二电路处设置稳压电路，从而能够得到静态偏置电压，用以保证NMOS功率管处于临界导通状态。设置的恒流源电路和静态偏置电压共同作用以控制失真度。

[0036] 功率输出级单元63还通过均流技术，严格控制通过单一功率管的功率，并且采用NMOS管并联均流控制电路，通过监测功率管热量来反相关控制电流。

[0037] 功率输出级单元63的输出级第二电路与各组扩展电路在并联工作的情况下，无论是静态还是动态情况，如果一个NMOS管分担了相对较多的电流，它发热将会更厉害，很容易造成损坏或者造成长期的可靠性隐患。静态电流分配不均衡是由于并联器件的导通电阻Rds不相等引起的，导通电阻Rds较低的器件分担了比平均值更大的电流。由于NMOS管的导通电阻Rds具有正的温度系数，所以NMOS管不会发生二次击穿。如果NMOS管内部的一小部分区域吸收了更多的电流，则局部发热会比较厉害，内阻增加，就把部分电流转移到相邻区域，以平衡电流密度。

[0038] 这个特性在一定范围内也适用于并联的NMOS管，但仅仅靠自身的平衡机制并不足以降低较热器件的工作温度。这是因为导通电阻Rds的温度系数并不是很大，需要较大的器件温差来转移较大的不均衡电流。温差如果太大，那么较热器件的温度就很高，可能已经超出正常工作范围甚至最大允许结温，这是必须避免的情况。

[0039] 这个特性在NMOS管内部效果较好是因为NMOS管内部所有区域的热耦合比较强，而对于并联的情况，各个器件外壳独立而共用散热器，甚至散热器也是独立的，其间的热耦合比较非常弱。因此，这个特性对于均衡工作电流所能做的贡献是有限的。

[0040] 见图5及图7，功率输出级单元63的主电路由推挽式功率输出级电路和7路扩展电路组成。推挽式功率输出级电路包括输出级第一电路和输出级第二电路。7路扩展电路以直接耦合的方式与输出级第二电路并联设置。图6所示的各路扩展电路依次以NMOS功率管VB2、VC2、VD2、VE2、VF2、VG2和VH2为核心，且该7组扩展电路与输出级第二电路的共线接点有3处，第一处是各自的NMOS功率管漏极，也即图6和图7中的A点，第二处是各自的NMOS功率管的栅极，也即图6和图7中的B点，第三处是功率输出级单元63的输出端，也即各自的输出电阻与降压二极管DA2的阳极的公共接点处C点。

[0041] 见图5及图7，输出级第二电路由NMOS功率管VA2、限流电路和热敏电阻TA20组成。输出级第二电路的限流电路由电阻RA28、RA10、RA9、RA20、三级管VQA3构成，电阻RA28、RA10、RA9、RA20依次串联。三级管VQA3的基极与电阻RA28和RA20连接点相连，电阻RA9的一端与三级管VQA3的发射极相连，该连接点即为功率输出级单元63的输出端，电阻RA9的另一端与NMOS功率管VA2的源极S端相连，NMOS功率管VA2的栅极G端与三级管VQA3的集电极相连。

[0042] 见图5至图7，假如输出级第二电路的 NMOS管VA2比其余7组扩展电路的NMOS管对温度变化更敏感，则随着温度的上升，NMOS管的导通程度进一步增加，而通过推挽式功率输出级第二电路中NMOS管VA2的电流则会逐渐增大较多。与此同时，RA9两端的电压会增加。因

为驱动电压VG对输出的电压是一定的，随着RA9两端电压增加，从而功率管驱动电压VG2对NMOS管VA2的源极S端的电压会减小。NMOS管VA2的驱动电压减小会导致功率管VA2的导通程度减小，从而减小通过该NMOS管VA2的电流。其他7路扩展电路按照上述相同的负反馈调节的原理设置。

[0043] 对于输出级第二电路的限流电路，当该路电流输出超过上述负反馈调节的范围时，通过电阻RA9两端的电流过大，则电阻RA9两端电压反馈到三极管VQA3的基极和发射极，从而导致三极管VQA3导通，使驱动电压VG对输出的电压近似为零。从而短时间内关断NMOS功率管VA2，总电流由其余并联电路分担，直至NMOS功率管VA2的温度下降到合理位置，从而起到了过流保护作用。

[0044] 见图5及图7，输出级第二电路的电阻TA20为正温度系数热敏电阻，电阻TA20与电阻RA20并联设置。随着电路温度的升高，其电阻值增加，从而导致三极管VQA3导通，则也在短时间内关断NMOS功率管VA2，从而起到了过热保护作用。

[0045] 仍见图5及图7，功率输出级单元63的恒流源电路由MOS管VA3、三极管VQA4、电阻RA11、RA12构成，用以提供偏置电流，增加了对主电路的NMOS功率管VA2的驱动能力。其中，NMOS功率管VA2的漏极与电阻RA11的一端共线，且与功率管VA2的漏极相连，共同作为功率输出级单元63的正电源端。电阻RA11的另一端、三极管VQA4的集电极以及MOS管VA3的栅极共线，电阻RA12的一端、三极管VQA4的基极以及MOS管VA3的源极共线。三极管VQA4的发射极与电阻RA12的另一端共线，且与功率管VA2的栅极相连。

[0046] 功率输出级单元63的稳压电路由电阻RA23的一端与稳压二极管DWA5的阴极相连而构成，并且稳压二极管DWA5的阳极与功率输出级单元63的输出端相连，电阻RA23的另一端与功率管VA2的栅极相连。该稳压电路有利于NMOS功率管VA2的稳定工作。

[0047] 功率输出级单元63的信号输入电路由单向可控硅DWA2、电阻RA14、RA15以及正温度系数热敏电阻TA14构成。其中电阻RA14的一端、热敏电阻TA14的一端、单向可控硅的阴极共线，且与功率管VA2的栅极相连。电阻RA14的另一端、热敏电阻TA14的另一端、电阻RA15的一端以及单向可控硅的控制极共线。电阻RA15的另一端以及单向可控硅的阳极共线，且与输出级第一电路的NMOS功率管VA1的漏极相连。

[0048] 功率输出级单元63的光电三极管(也称光敏三极管)U2B的集电极与NMOS功率管VA2的栅极相连，光敏三极管U2B的发射极与功率输出级单元63的输出端相连，光敏三极管U2B的基极即为功率输出级单元63的波形失真控制信号输入端。

[0049] 输出级第一电路由NMOS功率管VA1、限流电路、热敏电阻TA21、稳压电路和稳压辅助电路组成。输出级第一电路的限流电路由电阻RA31、RA8、RA7、RA21、三级管VQA2构成，电阻RA31、RA8、RA7、RA21依次串联。三级管VQA2的基极与电阻RA31和RA21连接点相连，电阻RA7的另一端与三级管VQA1的发射极相连，且该连接点为功率输出级单元63的负电源端。电阻RA7的另一端与NMOS功率管VA1的源极S端相连，NMOS功率管VA1的栅极G端与三级管VQA2的集电极相连。

[0050] 输出级第一电路的电阻TA21为正温度系数热敏电阻，电阻TA21与电阻RA21并联设置。随着电路温度的升高，其电阻值增加，从而导致三极管VQA2导通，则也在短时间内关断NMOS功率管VA1，从而起到了过热保护作用。

[0051] 输出级第一电路的稳压电路由电阻RA22的一端与稳压二极管DWA1的阴极相而构

成，稳压二极管DWA1的阳极与功率输出级单元63的负电源端相连，电阻RA22的另一端与功率管VA1的栅极相连，该电路的设置有利于NMOS功率管VA1的稳定工作。

[0052] 输出级第一电路的稳压辅助电路为电阻RA6，电阻RA6与输出级第一电路的稳压电路并联设置，该电路的设置有利于NMOS功率管VA1的稳定工作。

[0053] 除了上述功率输出级单元63内部的负反馈调节外，高精度功率放大器6的负反馈环节单元64则使高精度功率放大器6的电路形成闭环系统，此时，放大电路的增益只决定于反馈网络，而与基本放大电路几乎无关，保障了输出的稳定性。

[0054] (应用例1)

见图1和图2，本应用例的高输出直流电压的继电保护测试装置(以下简称为本测试装置)包括使用时可与上位机100连接的测试箱。测试箱的壳体9上安装有液晶显示器、报警用发光二极管和报警用蜂鸣器，内部安装有主板和电源电路板。

[0055] 见图2，电源电路板设有电源电路10和电源输出控制电路11。所述的电源电路10是为本测试装置的提供主要电源的电路，电源电路10设有输出直流电源的第一输出端和第二输出端。电源电路10的第一输出端与电源输出控制电路11的继电器组的相应的继电器触点J1的一端电连接，继电器触点J1的各个相应的另一端即为电源电路板的第一电源端。电源输出控制电路11的属于继电器组的相应的线圈由干电池或者锂电池作为电源，并且电源输出控制电路11设有用于控制该线圈中的电流的通断的控制端。

[0056] 仍见图2，电源电路10的第二输出端J2端为输出正负600V直流电源的输出端。该输出端与高精度功率放大器6的电源端相连，且电源电路10由其第一输出端向本继电保护测试装置的其余的需要直流电源的电路提供电源。高精度功率放大器6的电源端与电源电路10的第二输出端电连接。

[0057] 见图1，主板紧贴测试箱的壳体9安装，且测试箱的壳体9上的与主板相对应的位置处设置有散热窗口。测试箱壳体9的底板和上板91的位于电源电路板的上下方的部位上均设有蜂窝状的散热孔，从而形成散热通道。

[0058] 主板上设有测量信号输入端口2、微处理器3(采用ARM9处理器)、数模转换器4、信号低通滤波模块5、波形失真判断电路71、波形失真报警电路72和异常信号处理电路8，还设有实施例1得到的本发明的能够输出大功率直流电源的高精度功率放大器6。

[0059] 微处理器3的输入输出端口设有显示信号输出端口、停机控制端、测试电源信号输出端、异常信号输入端和数个测试信号输入端。高精度功率放大器6为两路并行。异常信号处理电路8主要由光电隔离电路构成，设有信号输入端和信号输出端。

[0060] 测量信号输入端口2包括数个开关量信号输入端和数个模拟信号输入端。所述的各开关量信号输入端是使用时能够与包括待测设备的开关量信号输出端在内的有关设备的开关量信号输出端相连的端口。因此，与该开关量信号输入端相对应的输出端则直接与微处理器3的测试信号输入端的相应一个连接端电连接。

[0061] 测量信号输入端口2的各模拟信号输入端是使用时能够与包括待测设备的模拟信号输出端在内的有关设备的模拟信号输出端相连的端口。因此，与该模拟信号输入端相对应的输出端与微处理器3的测试信号输入端之间还需设置相应的信号处理电路。所述的信号处理电路包括能够对模拟信号进行采样、滤波和模数转换处理的功能模块。所述的模拟信号经过信号处理电路处理后，由信号处理电路的输出端输至微处理器3的测试信号输入

端的相应一个连接端。

[0062] 微处理器3的显示信号输出端口与液晶显示器的相应的端口电连接。微处理器3的停机控制端与所述的电源输出控制电路11的控制信号输入端电连接。微处理器3的通讯端口是使用时能够与上位机100的通讯端口进行双向信号连接的端口。工作时，微处理器3将所接收的测量信号与其存储器中存储的数据进行比较后，即可判断所测得的信号是否属于正常范围。工作时，微处理器3还能够对来自同一个测试信号输入端的信号进行数次测量，并根据各次的测量信号的数值相互之间的偏差不超过20%为标准，排除偏差较大的测量信号，从而实现了校验的功能。

[0063] 微处理器3的测试电源信号输出端与数模转换器4的数字信号输入端电连接。数模转换器4的模拟信号输出端与信号低通滤波模块5的输入端电连接。低通滤波模块5的输出端与高精度功率放大器6的信号输入端电连接。

[0064] 见图2，波形失真判断电路71设有电流信号输入端71-1、第一控制信号输出端71-2、第二控制信号输出端71-3和第三控制信号输出端71-4。波形失真报警电路72设有电源端和控制端。波形失真报警电路72 包括前述的安装在壳体9上的报警用发光二极管和报警用蜂鸣器。

[0065] 功率输出级单元63的电源端即为高精度功率放大器6的电源端。所述的高精度功率放大器6的输入级单元61接收来自于信号低通滤波模块5的小信号。功率输出级单元63的输出端还是高精度功率放大器6的采样信号输出端，该采样信号输出端与波形失真判断电路71的电流信号输入端71-1电连接。波形失真判断电路71的第一控制信号输出端71-2与功率输出级单元63的波形失真控制信号输入端电连接。波形失真判断电路71的第二控制信号输出端71-3与波形失真报警电路72的控制端电连接。波形失真判断电路71的第三控制信号输出端71-4与异常信号处理电路8的信号输入端电连接。异常信号处理电路8的信号输出端与微处理器3的异常信号输入端电连接。

[0066] 波形失真判断电路71对所输入的电流信号经过处理后，若电压的偏离值持续1秒大于设定值的20%，如来回大幅震荡等时，则判断所检测到的输出电流的波形失真，此时则由其波形失真判断电路71的第一控制信号输出端71-2向功率输出级单元63的波形失真控制信号输入端发出光控信号，而使得功率输出级单元63的NMOS管VA2截止而输出为零。同时，波形失真判断电路71的第二控制信号输出端71-3向波形失真报警电路72的控制端发出高电平控制信号，控制其报警用发光二极管和报警用蜂鸣器发出声光报警信号。如果波形失真判断电路71检测到所输入的信号的电压的偏离值持续1秒大于设定值的50%时，除了在其第一控制信号输出端71-2向功率输出级单元63的波形失真控制信号输入端发出光控信号，以及在其第二控制信号输出端71-3向波形失真报警电路72的控制端发出高电平控制信号外，还其第三控制信号输出端71-4输出高电平，进而使得异常信号处理电路8向微处理器3发出表示系统运行异常的高电平信号。微处理器3接收到该信号后，一是关闭与上位机100的通讯，二是延迟1秒左右在其停机控制端输出高电平控制信号至电源输出控制电路11的控制端，使得其中的继电器组的继电器触点J1断开，而停止电源电路10对整机中有关电路的供电。

[0067] 本应用例的高输出直流电压的继电保护测试装置，实现了可靠稳定的直流高电压和大功率的输出，不但具有测量和校验功能，并具备精确测量断路器动作电压的功能。本发

明经测试，达到了最高输出直流+250V)，精度小于千分之二(国标0.5%)，上升时间小于100uS(国标200uS)，失真度小于千分之二(国标0.5%)，输出功率单路700VA(国标90VA)的高电压、大功率输出。

[0068] 本应用例的继电保护测试装置能够提供可靠稳定的直流电源输出，并具备精确测量断路器动作电压的功能。电力系统现场测试时无需另外携带高压开关测试仪，测试过程简单，操作方便。

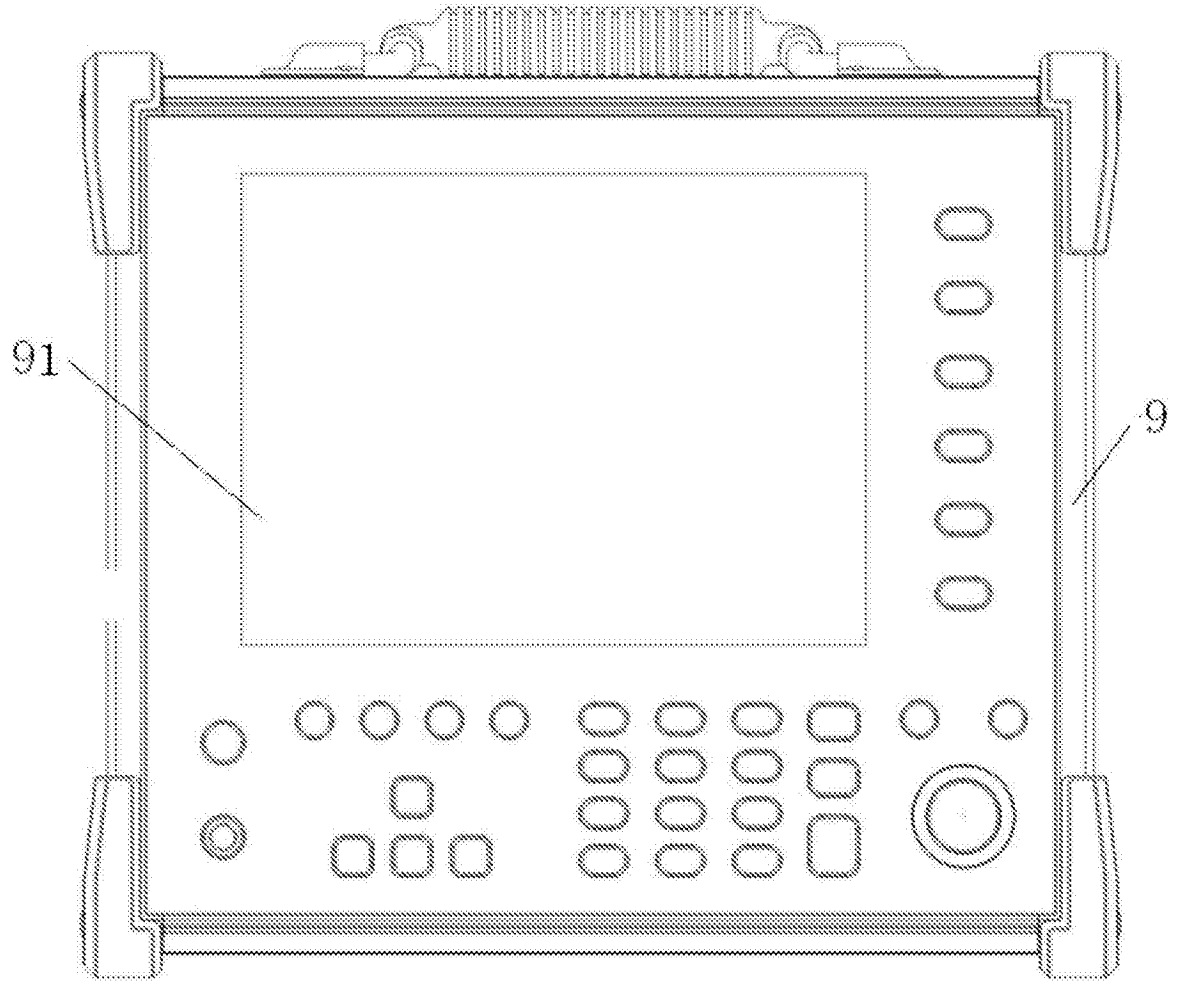


图1

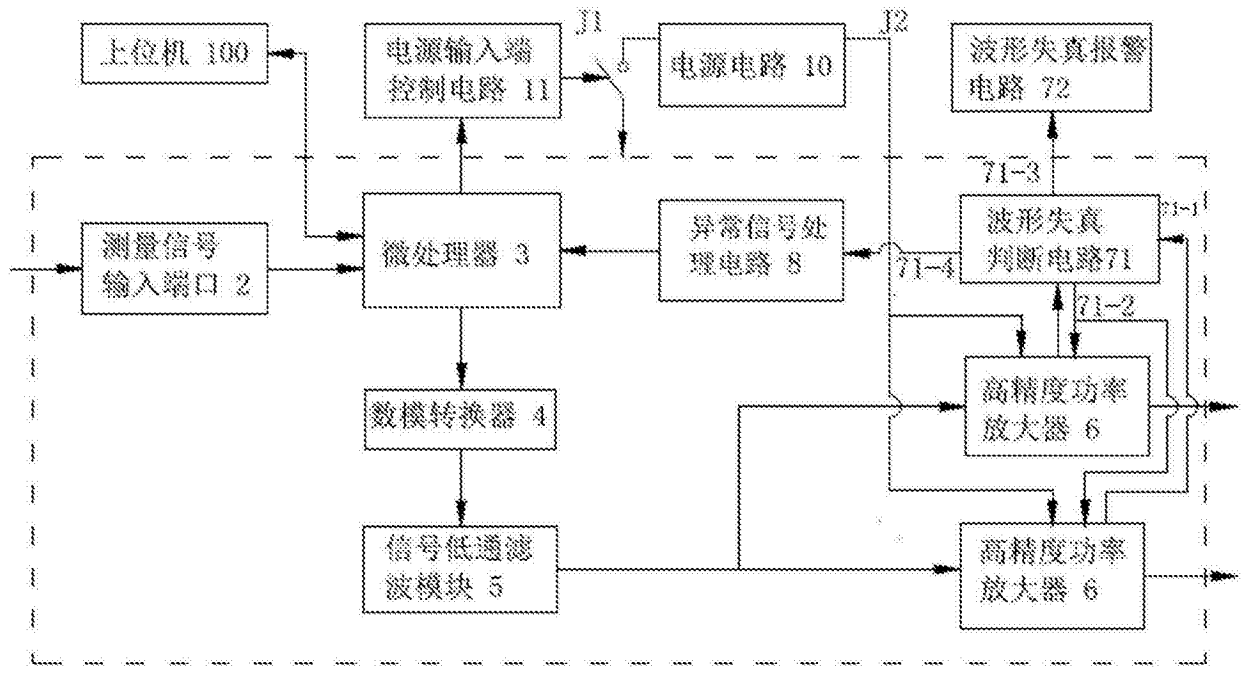

上位机 100
电源输入端
控制电路 11
J1
电源电路 10
J2
波形失真报警
电路 72
71-3
测量信号
输入端口 2
微处理器 3
异常信号处
理电路 8
波形失真
判断电路71
71-1
71-4
71-2
数模转换器 4
高精度功率
放大器 6
信号低通滤
波模块 5
高精度功率
放大器 6

图2

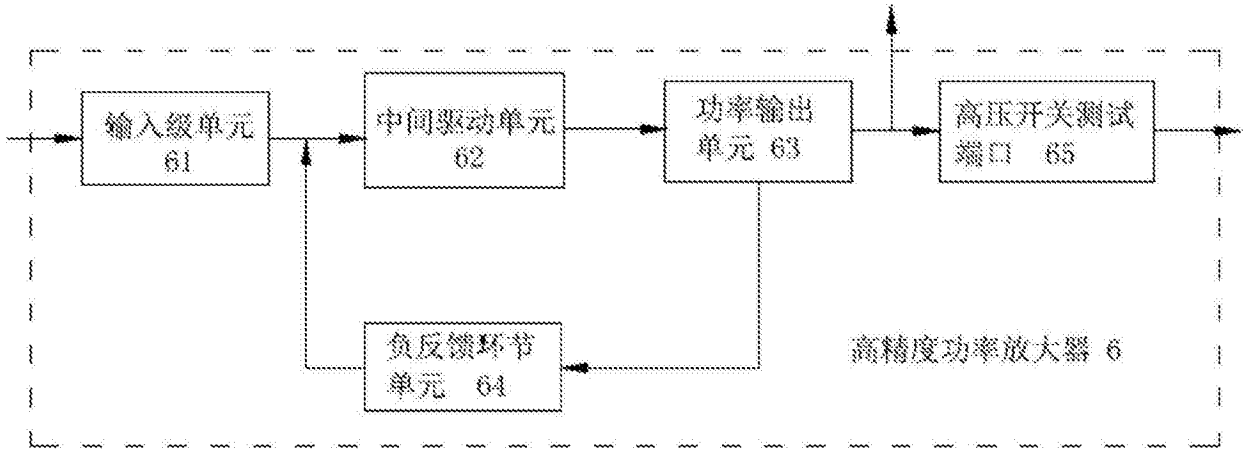

输入级单元
61
中间驱动单元
62
功率输出
单元 63
高压开关测试
端口 65
负反馈环节
单元 64
高精度功率放大器 6

图3

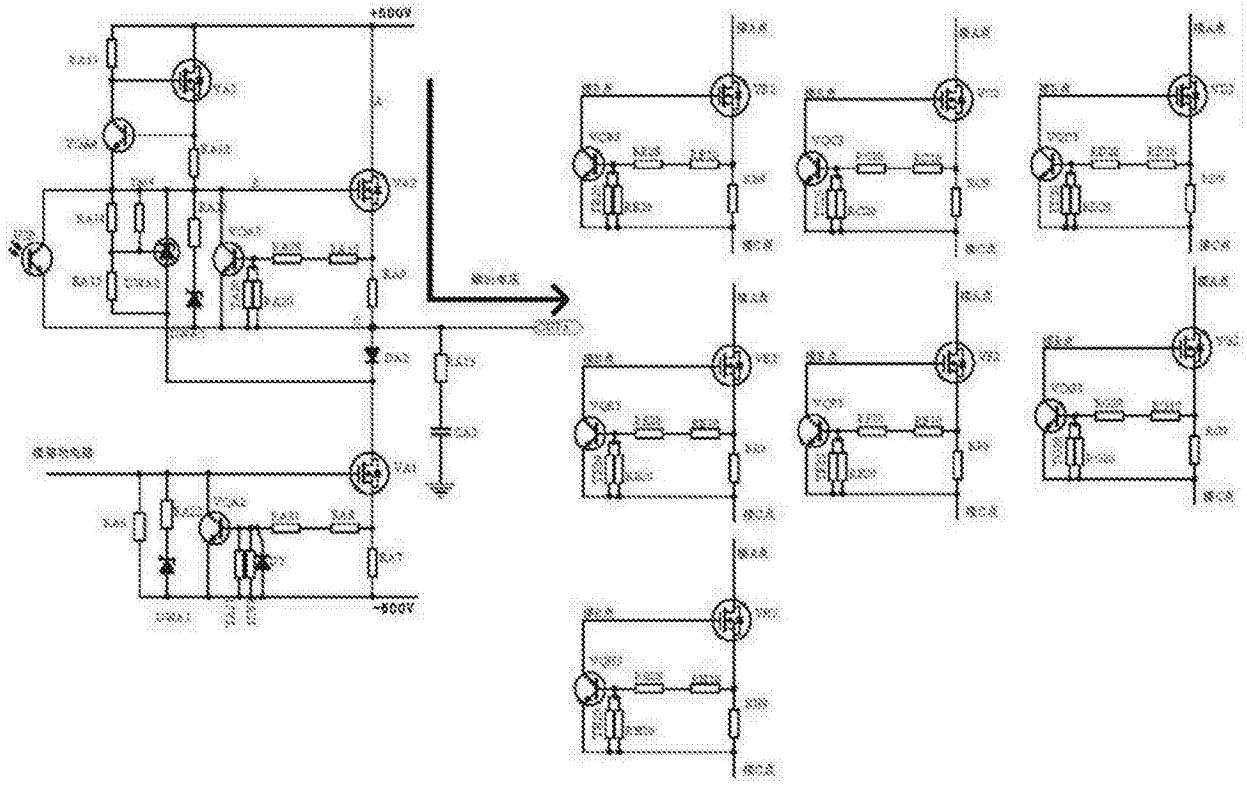


图4

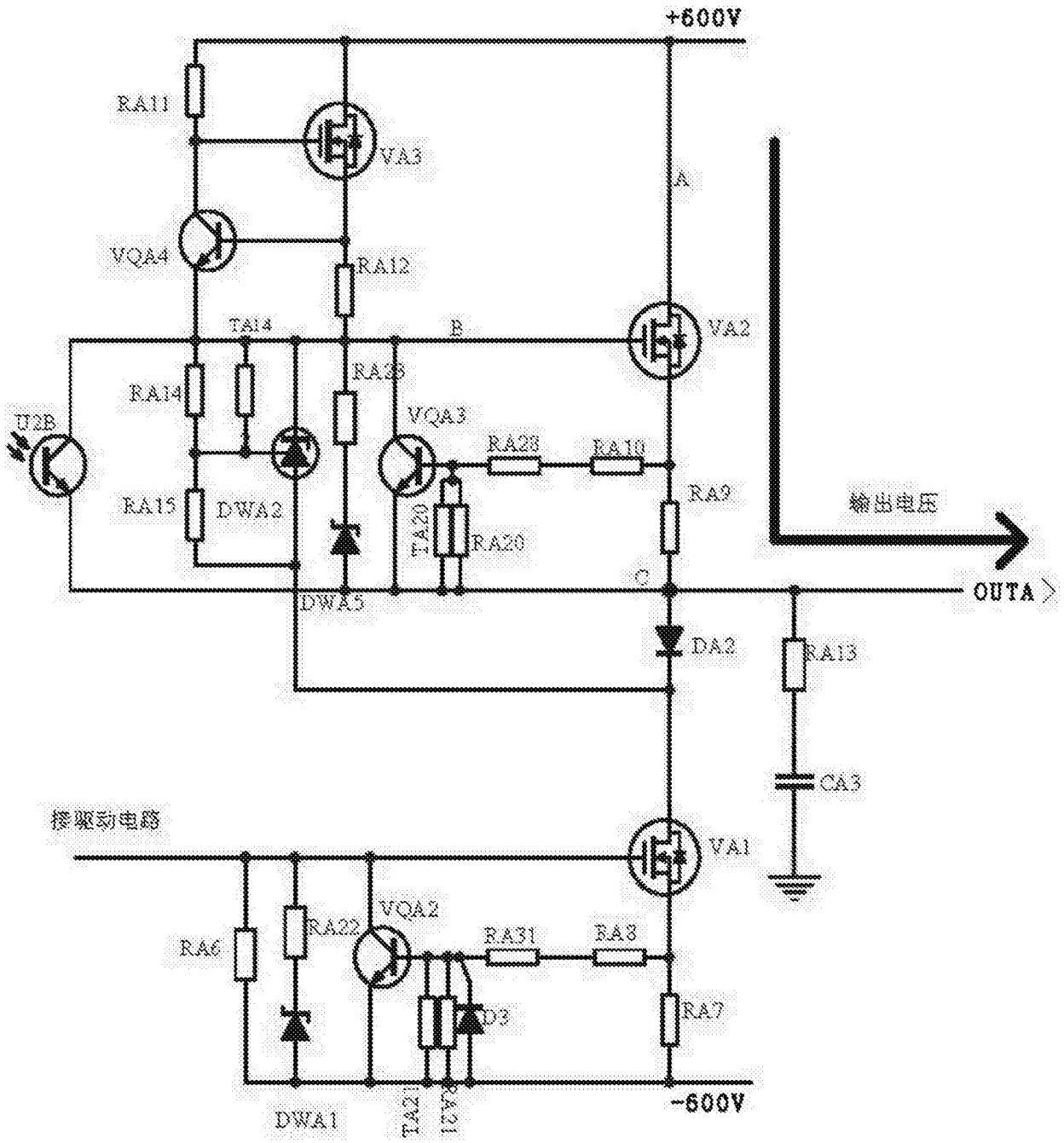

+600V
RA11
VA3
A
VQA4
RA12
TA14
B
VA2
RA14
RA13
U2B
VQA3
RA23
RA10
RA9
RA15
DWA2
TA20
RA20
输出电压
C
OUTA
DWA3
DA2
RA13
CA3
栅驱动电路
VA1
VQA2
RA22
RA31
RA8
RA6
D3
RA7
-600V
DWA1
TA21
CA1

图5

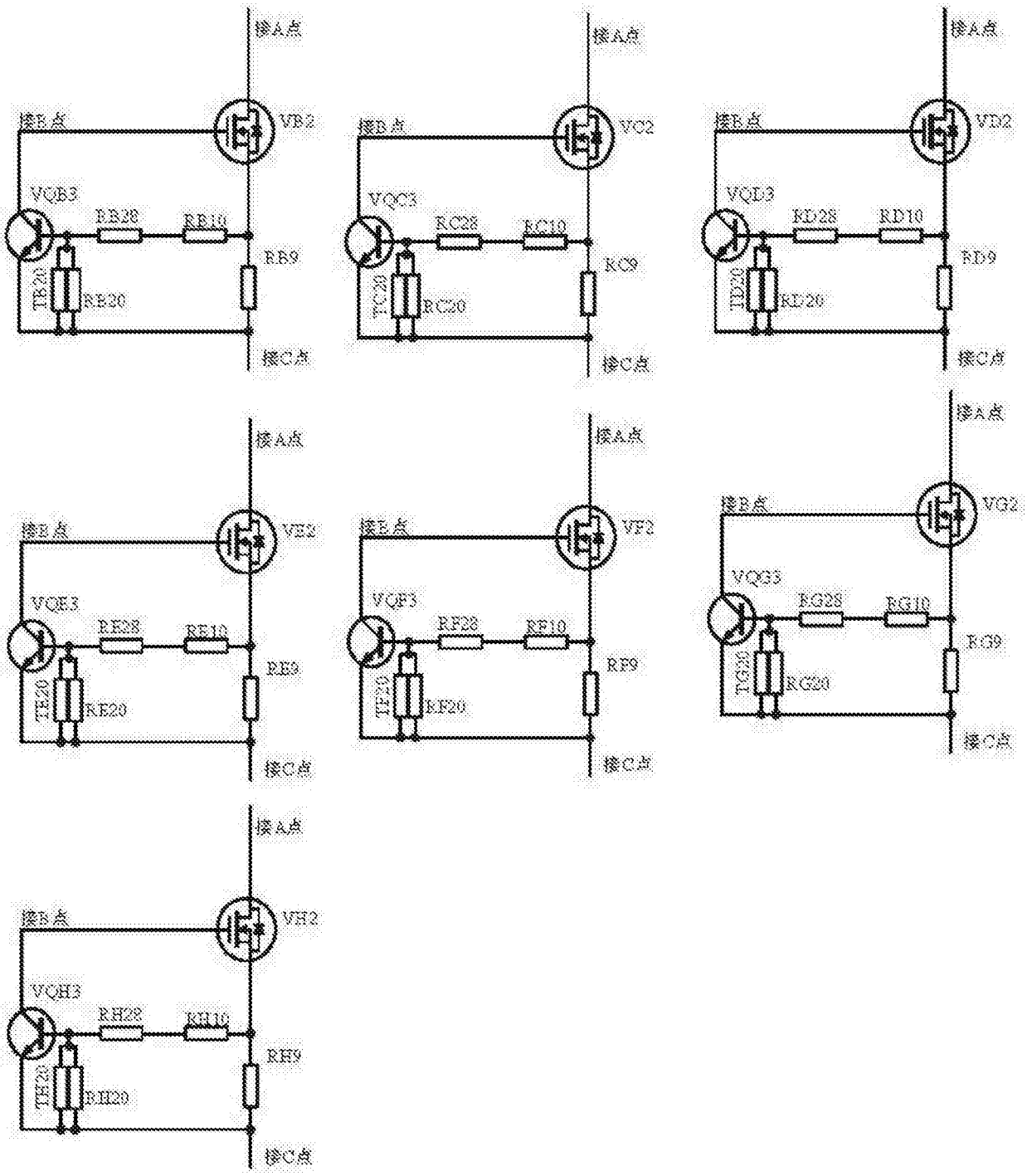

接A点
接B点
VB2
VQB3
RB28
RB10
RB9
RB20
接C点
接A点
接B点
VC2
VQC3
RC28
RC10
RC9
RC20
接C点
接A点
接B点
VD2
VQD3
RD28
RD10
RD9
RD20
接C点
接A点
接B点
VE2
VQE3
RE28
RE10
RE9
RE20
接C点
接A点
接B点
VF2
VQF3
RF28
RF10
RF9
RF20
接C点
接A点
接B点
VG2
VQG3
RG28
RG10
RG9
RG20
接C点
接A点
接B点
VH2
VQH3
RH28
RH10
RH9
RH20
接C点

图6

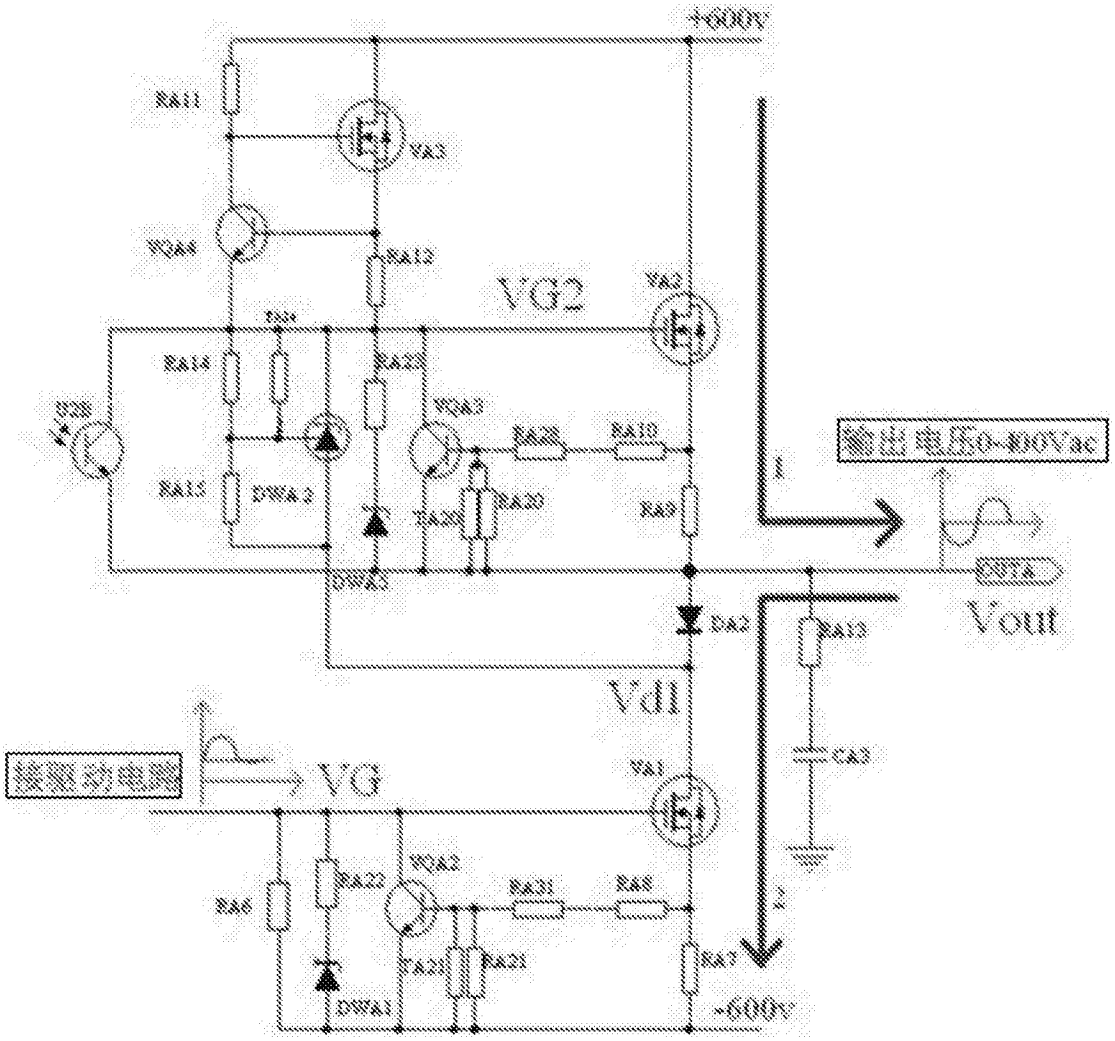

+600V
RA11
VA3
VQA4
RA12
VG2
VA2
RA14
RA23
VQA3
RA28
RA10
RA15
DWA2
RA20
RA9
1
输出电压0-400Vac
OUTA
Vout
DWA3
DA2
RA13
Vd1
CA3
接驱动电路
VG
VA1
VQA2
RA22
RA31
RA8
RA6
2
RA21
RA7
DWA1
-600V

图7