



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103558503 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 05

(21) 申请号 201310598087. 2

(22) 申请日 2013. 11. 22

(71) 申请人 深圳市汇川技术股份有限公司
地址 518101 广东省深圳市宝安区宝城 70 区留仙二路鸿威工业区 E 栋

(72) 发明人 丁越乙

(74) 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理有限公司 44217
代理人 陆军

(51) Int. Cl.
G01R 31/02(2006. 01)

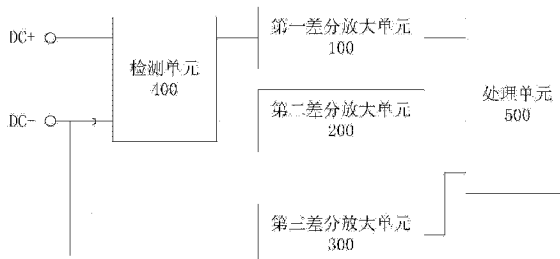
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

光伏逆变器接地故障检测电路

(57) 摘要

本发明涉及一种光伏逆变器接地故障检测电路,包括:检测单元,用于对逆变器直流输入或光伏电池的正极接地故障、负极接地故障进行检测,并输出正极检测电压和负极检测电压;第一差分放大单元,用于对正极检测电压进行差分放大并输出第一差分放大电压;第二差分放大单元,用于对负极检测电压进行差分放大并输出第二差分放大电压;第三差分放大单元,用于对逆变器直流输入或光伏电池的正极、负极两端的电压进行差分放大并输出第三差分放大电压;处理单元,用于根据第一差分放大电压、第二差分放大电压和第三差分放大电压计算逆变器直流输入或光伏电池的正极接地阻抗、负极接地阻抗。本发明实现简单且检测精度高。



1. 一种光伏逆变器接地故障检测电路,其特征在于,包括检测单元(400)、第一差分放大单元(100)、第二差分放大单元(200)、第三差分放大单元(300)和处理单元(500);所述检测单元(400)用于对逆变器直流输入或光伏电池的正极接地故障、负极接地故障进行检测,并分别输出正极检测电压和负极检测电压给所述第一差分放大单元(100)和第二差分放大单元(200);所述第一差分放大单元(100)用于对所述正极检测电压进行差分放大并输出第一差分放大电压;所述第二差分放大单元(200)用于对所述负极检测电压进行差分放大并输出第二差分放大电压;所述第三差分放大单元(300)用于对逆变器直流输入或光伏电池的正极、负极两端的电压进行差分放大并输出第三差分放大电压;所述处理单元(500)用于根据所述第一差分放大电压、所述第二差分放大电压和所述第三差分放大电压计算逆变器直流输入或光伏电池的正极接地阻抗、负极接地阻抗以判断是否发生接地故障。

2. 根据权利要求1所述的光伏逆变器接地故障检测电路,其特征在于,所述检测单元(400)包括串接于逆变器直流输入或光伏电池的正极、负极之间的正极检测模块(401)和负极检测模块(402);所述正极检测模块(401)和所述负极检测模块(402)之间的连接点接保护接地线(PE);所述正极检测模块(401)包括串联的第一电阻(R1)和第一开关件(K1);所述负极检测模块(402)包括串联的第二电阻(R2)和第二开关件(K2)。

3. 根据权利要求2所述的光伏逆变器接地故障检测电路,其特征在于,所述第三差分放大单元(300)包括第三电阻(R3)、第四电阻(R4)、第五电阻(R5)、第六电阻(R6)和第一运算放大器(U1);其中,所述第三电阻(R3)的一端连接逆变器直流输入或光伏电池的正极,另一端连接所述第一运算放大器(U1)的第一输入端;所述第四电阻(R4)的一端连接逆变器直流输入或光伏电池的负极,另一端连接所述第一运算放大器(U1)的第二输入端;所述第五电阻(R5)的一端连接所述第一运算放大器(U1)的第一输入端,另一端连接所述第一运算放大器(U1)的输出端;所述第六电阻(R6)的一端连接所述第一运算放大器(U1)的第二输入端,另一端接地。

4. 根据权利要求3所述的光伏逆变器接地故障检测电路,其特征在于,所述第一差分放大单元(100)包括第一差分放大模块(101),所述第一差分放大模块(101)包括第七电阻(R7)、第八电阻(R8)、第九电阻(R9)、第十电阻(R10)和第二运算放大器(U2);其中,所述第七电阻(R7)的一端连接逆变器直流输入或光伏电池的正极,另一端连接所述第二运算放大器(U2)的第一输入端;所述第八电阻(R8)的一端接于所述正极检测模块(401)和所述负极检测模块(402)之间的连接点,另一端连接所述第二运算放大器(U2)的第二输入端;所述第九电阻(R9)的一端连接所述第二运算放大器(U2)的第一输入端,另一端连接所述第二运算放大器(U2)的输出端;所述第十电阻(R10)的一端连接所述第二运算放大器(U2)的第二输入端,另一端接地;

所述第二差分放大单元(200)包括第二差分放大模块(201),所述第二差分放大模块(201)包括第十一电阻(R11)、第十二电阻(R12)、第十三电阻(R13)、第十四电阻(R14)和第三运算放大器(U3);其中,所述第十一电阻(R11)的一端接于所述正极检测模块(401)和所述负极检测模块(402)之间的连接点,另一端连接所述第三运算放大器(U3)的第一输入端;所述第十二电阻(R12)的一端连接逆变器直流输入或光伏电池的负极,另一端连接所述第三运算放大器(U3)的第二输入端;所述第十三电阻(R13)的一端连接所述第三运算放

大器(U3)的第一输入端,另一端连接所述第三运算放大器(U3)的输出端;所述第十四电阻(R14)的一端连接所述第三运算放大器(U3)的第二输入端,另一端接地。

5. 根据权利要求4所述的光伏逆变器接地故障检测电路,其特征在于,所述第一差分放大单元(100)还包括第一隔离放大模块(102),所述第一隔离放大模块(102)包括第十五电阻(R15)和第一隔离运算放大器(U6);其中,所述第十五电阻(R15)的一端连接所述第二运算放大器(U2)的输出端,另一端连接所述第一隔离运算放大器(U6)的第一输入端;所述第一隔离运算放大器(U6)的第二输入端接地;

所述第二差分放大单元(200)还包括第二隔离运算放大模块(202),所述第二隔离放大模块(202)包括第十六电阻(R16)和第二隔离运算放大器(U7);其中,所述第十六电阻(R16)的一端连接所述第三运算放大器(U3)的输出端,另一端接所述第二隔离运算放大器(U7)的第一输入端;所述第二隔离运算放大器(U7)的第二输入端接地。

6. 根据权利要求5所述的光伏逆变器接地故障检测电路,其特征在于,所述第一差分放大单元(100)还包括第三差分放大模块(103),所述第三差分放大模块(103)包括第十七电阻(R17)、第十八电阻(R18)、第十九电阻(R19)、第二十电阻(R20)和第四运算放大器(U4);其中,所述第十七电阻(R17)的一端连接所述第一隔离运算放大器(U6)的第一输出端,另一端连接所述第四运算放大器(U4)的第一输入端;所述第十八电阻(R18)的一端连接所述第一隔离运算放大器(U6)的第二输出端,另一端连接所述第四运算放大器(U4)的第二输入端;所述第十九电阻(R19)的一端连接所述第四运算放大器(U4)的第一输入端,另一端连接所述第四运算放大器(U4)的输出端;所述第二十电阻(R20)的一端连接所述第四运算放大器(U4)的第二输入端,另一端接地;

所述第二差分放大单元(200)包括第四差分放大模块(203),所述第四差分放大模块(203)包括第二十一电阻(R21)、第二十二电阻(R22)、第二十三电阻(R23)、第二十四电阻(R24)和第五运算放大器(U5);其中,所述第二十一电阻(R21)的一端连接所述第二隔离运算放大器(U7)的第一输出端,另一端连接所述第五运算放大器(U5)的第一输入端;所述第二十二电阻(R22)的一端连接所述第二隔离运算放大器(U7)的第二输出端,另一端连接所述第五运算放大器(U5)的第二输入端;所述第二十三电阻(R23)的一端连接所述第五运算放大器(U5)的第一输入端,另一端连接所述第五运算放大器(U5)的输出端;所述第二十四电阻(R24)的一端连接所述第五运算放大器(U5)的第二输入端,另一端接地。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的光伏逆变器接地故障检测电路,其特征在于,所述处理单元(500)包括第二十五电阻(R25)、第二十六电阻(R26)、第二十七电阻(R27)、第一模数转换模块(501)、第二模数转换模块(502)、第三模数转换模块(503)和处理器;其中,所述第二十五电阻(R25)的一端连接所述第一差分放大单元(100)的输出端,另一端连接所述第一模数转换模块(501)的输入端;所述第二十六电阻(R26)的一端连接所述第二差分放大单元(200)的输出端,另一端连接所述第二模数转换模块(502)的输入端;所述第二十七电阻(R27)的一端连接所述第三差分放大单元(300)的输出端,另一端连接所述第三模数转换模块(503)的输入端;所述第一模数转换模块(501)的输出端、所述第二模数转换模块(502)的输出端和所述第三模数转换模块(503)的输出端均与处理器连接。

8. 根据权利要求3所述的光伏逆变器接地故障检测电路,其特征在于,所述第三电阻(R3)的阻值等于所述第四电阻(R4)的阻值,所述第五电阻(R5)的阻值等于所述第六电阻

(R6) 的阻值。

9. 根据权利要求 4 所述的光伏逆变器接地故障检测电路,其特征在于,所述第七电阻(R7) 的阻值等于所述第八电阻(R8) 的阻值,所述第九电阻(R9) 的阻值等于所述第十电阻(R10) 的阻值,所述第十一电阻(R11) 的阻值等于所述第十二电阻(R12) 的阻值,所述第十三电阻(R13) 的阻值等于所述第十四电阻(R14) 的阻值。

10. 根据权利要求 6 所述的光伏逆变器接地故障检测电路,其特征在于,所述第十七电阻(R17) 的阻值等于所述第十八电阻(R18) 的阻值,所述第十九电阻(R19) 的阻值等于所述第二十电阻(R20) 的阻值,所述第二十一电阻(R21) 的阻值等于所述第二十二电阻(R22) 的阻值,所述第二十三电阻(R23) 的阻值等于所述第二十四电阻(R24) 的阻值。

光伏逆变器接地故障检测电路

技术领域

[0001] 本发明涉及光伏发电技术领域,更具体地说,涉及一种光伏逆变器接地故障检测电路。

背景技术

[0002] 太阳能作为一种清洁可再生能源,正被广泛地开发和应用。太阳能发电分为光热发电和光伏发电,其中光伏发电是利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术。现有的光伏发电系统包括太阳能电池板、光伏逆变器等设备。逆变环节是并网光伏发电系统中的一个主要环节,这个环节使用的主要设备为光伏逆变器,其用于将太阳能光伏电池产生的直流电转换为交流电,并送入电网。为了充分接受光照,太阳能电池板采用室外安装方式,这导致了接地故障发生概率很高。当太阳能电池板发生接地故障时,与之相连的光伏逆变器也可能损坏,甚至起火。因此光伏逆变器接地故障检测显得尤为重要。

[0003] 目前,国内外的光伏方阵接地故障检测,通常采用低频信号注入法、变频信号注入法等。但是,这些方法存在实现复杂、检测精度不高、检测效果不理想等缺陷。例如低频信号注入法通过两个隔直电容对母线注入一对低频信号,尽管该低频信号相对母线电压相比很小,但对安全性要求高的系统来说仍会带来不安全因素,以及对分布电容较大的系统很难实现精确检测,且实现起来比较复杂。再如变频信号注入法理论上可以解决低频信号注入法分布电容的影响,但实际应用时检测效果并不理想,且实现起来比较复杂。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的实现复杂且检测精度不高的缺陷,提供一种光伏逆变器接地故障检测电路,实现简单且检测精度较高。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:构造一种光伏逆变器接地故障检测电路,包括检测单元、第一差分放大单元、第二差分放大单元、第三差分放大单元和处理单元;所述检测单元用于对逆变器直流输入或光伏电池的正极接地故障、负极接地故障进行检测,并分别输出正极检测电压和负极检测电压给所述第一差分放大单元和第二差分放大单元;所述第一差分放大单元用于对所述正极检测电压进行差分放大并输出第一差分放大电压;所述第二差分放大单元用于对所述负极检测电压进行差分放大并输出第二差分放大电压;所述第三差分放大单元用于对逆变器直流输入或光伏电池的正极、负极两端的电压进行差分放大并输出第三差分放大电压;所述处理单元用于根据所述第一差分放大电压、所述第二差分放大电压和所述第三差分放大电压计算逆变器直流输入或光伏电池的正极接地阻抗、负极接地阻抗以判断是否发生接地故障。

[0006] 优选地,所述检测单元包括串接于逆变器直流输入或光伏电池的正极、负极之间的正极检测模块和负极检测模块;所述正极检测模块和所述负极检测模块之间的连接点接保护接地线;所述正极检测模块包括串联的第一电阻和第一开关件;所述负极检测模块包

括串联的第二电阻和第二开关件。

[0007] 优选地,所述第三差分放大单元包括第三电阻、第四电阻、第五电阻、第六电阻和第一运算放大器;其中,所述第三电阻的一端连接逆变器直流输入或光伏电池的正极,另一端连接所述第一运算放大器的第一输入端;所述第四电阻的一端连接逆变器直流输入或光伏电池的负极,另一端连接所述第一运算放大器的第二输入端;所述第五电阻的一端连接所述第一运算放大器的第一输入端,另一端连接所述第一运算放大器的输出端;所述第六电阻的一端连接所述第一运算放大器的第二输入端,另一端接地。

[0008] 优选地,所述第一差分放大单元包括第一差分放大模块,所述第一差分放大模块包括第七电阻、第八电阻、第九电阻、第十电阻和第二运算放大器;其中,所述第七电阻的一端连接逆变器直流输入或光伏电池的正极,另一端连接所述第二运算放大器的第一输入端;所述第八电阻的一端接于所述正极检测模块和所述负极检测模块之间的连接点,另一端连接所述第二运算放大器的第二输入端;所述第九电阻的一端连接所述第二运算放大器的第一输入端,另一端连接所述第二运算放大器的输出端;所述第十电阻的一端连接所述第二运算放大器的第二输入端,另一端接地;

[0009] 所述第二差分放大单元包括第二差分放大模块,所述第二差分放大模块包括第十一电阻、第十二电阻、第十三电阻、第十四电阻和第三运算放大器;其中,所述第十一电阻的一端接于所述正极检测模块和所述负极检测模块之间的连接点,另一端连接所述第三运算放大器的第一输入端;所述第十二电阻的一端连接逆变器直流输入或光伏电池的负极,另一端连接所述第三运算放大器的第二输入端;所述第十三电阻的一端连接所述第三运算放大器的第一输入端,另一端连接所述第三运算放大器的输出端;所述第十四电阻的一端连接所述第三运算放大器的第二输入端,另一端接地。

[0010] 优选地,所述第一差分放大单元还包括第一隔离放大模块,所述第一隔离放大模块包括第十五电阻和第一隔离运算放大器;其中,所述第十五电阻的一端连接所述第二运算放大器的输出端,另一端连接所述第一隔离运算放大器的第一输入端;所述第一隔离运算放大器的第二输入端接地;

[0011] 所述第二差分放大单元还包括第二隔离运算放大模块,所述第二隔离放大模块包括第十六电阻和第二隔离运算放大器;其中,所述第十六电阻的一端连接所述第三运算放大器的输出端,另一端接所述第二隔离运算放大器的第一输入端;所述第二隔离运算放大器的第二输入端接地。

[0012] 优选地,所述第一差分放大单元还包括第三差分放大模块,所述第三差分放大模块包括第十七电阻、第十八电阻、第十九电阻、第二十电阻和第四运算放大器;其中,所述第十七电阻的一端连接所述第一隔离运算放大器的第一输出端,另一端连接所述第四运算放大器的第一输入端;所述第十八电阻的一端连接所述第一隔离运算放大器的第二输出端,另一端连接所述第四运算放大器的第二输入端;所述第十九电阻的一端连接所述第四运算放大器的第一输入端,另一端连接所述第四运算放大器的输出端;所述第二十电阻的一端连接所述第四运算放大器的第二输入端,另一端接地;

[0013] 所述第二差分放大单元包括第四差分放大模块,所述第四差分放大模块包括第二十一电阻、第二十二电阻、第二十三电阻、第二十四电阻和第五运算放大器;其中,所述第二十一电阻的一端连接所述第二隔离运算放大器的第一输出端,另一端连接所述第五运算

放大器的第一输入端；所述第二十二电阻的一端连接所述第二隔离运算放大器的第二输出端，另一端连接所述第五运算放大器的第二输入端；所述第二十三电阻的一端连接所述第五运算放大器的第一输入端，另一端连接所述第五运算放大器的输出端；所述第二十四电阻的一端连接所述第五运算放大器的第二输入端，另一端接地。

[0014] 优选地，所述处理单元包括第二十五电阻、第二十六电阻、第二十七电阻、第一模数转换模块、第二模数转换模块、第三模数转换模块和处理器；其中，所述第二十五电阻的一端连接所述第一差分放大单元的输出端，另一端连接所述第一模数转换模块的输入端；所述第二十六电阻的一端连接所述第二差分放大单元的输出端，另一端连接所述第二模数转换模块的输入端；所述第二十七电阻的一端连接所述第三差分放大单元的输出端，另一端连接所述第三模数转换模块的输入端；所述第一模数转换模块的输出端、所述第二模数转换模块的输出端和所述第三模数转换模块的输出端均与处理器连接。

[0015] 优选地，所述第三电阻的阻值等于所述第四电阻的阻值，所述第五电阻的阻值等于所述第六电阻的阻值。

[0016] 优选地，所述第七电阻的阻值等于所述第八电阻的阻值，所述第九电阻的阻值等于所述第十电阻的阻值，所述第十一电阻的阻值等于所述第十二电阻的阻值，所述第十三电阻的阻值等于所述第十四电阻的阻值。

[0017] 优选地，所述第十七电阻的阻值等于所述第十八电阻的阻值，所述第十九电阻的阻值等于所述第二十电阻的阻值，所述第二十一电阻的阻值等于所述第二十二电阻的阻值，所述第二十三电阻的阻值等于所述第二十四电阻的阻值。

[0018] 实施本发明的光伏逆变器接地故障检测电路，可以带来以下有益技术效果：实现简单，检测精度较高。

[0019] 更进一步地，本发明还可以有效消除其他检测电路对光伏逆变器接地故障检测电路的耦合影响，安全可靠，且可以根据接地阻抗故障阈值来调节各个差分放大单元的放大倍数，不用较高精度的模数转换器也可实现较高精度的接地故障检测。

附图说明

[0020] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明，附图中：

[0021] 图 1 是本发明的光伏逆变器接地故障检测电路的结构框图；

[0022] 图 2 是本发明的光伏逆变器接地故障检测电路第一实施例的电路原理图；

[0023] 图 3 是本发明的光伏逆变器接地故障检测电路第二实施例的电路原理图；

[0024] 图 4 是本发明的光伏逆变器接地故障检测电路第三实施例的电路原理图。

具体实施方式

[0025] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0026] 图 1 是本发明的光伏逆变器接地故障检测电路的结构框图。如图 1 所示，光伏逆变器接地故障检测电路包括检测单元 400、第一差分放大单元 100、第二差分放大单元 200、第三差分放大单元 300 和处理单元 500。检测单元 400 直接连接到逆变器直流输入或光伏

电池的正极 DC+、负极 DC-（或逆变器输入的正极 DC+、负极 DC-）。第一差分放大单元 100 和第二差分放大单元 200 均连接在检测单元 400 和处理单元 500 之间。第三差分放大单元 300 的两个输入端分别连接逆变器直流输入或光伏电池的正极 DC+、负极 DC-，输出端连接处理单元 500。其中，检测单元 400 用于对逆变器直流输入或光伏电池的正极接地故障、负极接地故障进行检测，并分别输出正极检测电压和负极检测电压给第一差分放大单元 100 和第二差分放大单元 200。第一差分放大单元 100 用于对正极检测电压进行差分放大并输出第一差分放大电压。第二差分放大单元 200 用于对负极检测电压进行差分放大并输出第二差分放大电压。第三差分放大单元 300 用于对逆变器直流输入或光伏电池的正极、负极两端的电压进行差分放大并输出第三差分放大电压。处理单元 500 用于根据第一差分放大电压、第二差分放大电压和第三差分放大电压计算逆变器直流输入或光伏电池的正极接地阻抗、负极接地阻抗以判断是否发生接地故障。

[0027] 图 2 是本发明的光伏逆变器接地故障检测电路第一实施例的电路原理图。如图 2 所示，在本实施例中，检测单元 400 包括串接于逆变器直流输入或光伏电池的正极、负极之间的正极检测模块 401 和负极检测模块 402。正极检测模块 401 和负极检测模块 402 之间的连接点接保护接地线 PE。正极检测模块 401 包括串联的第一电阻 R1 和第一开关件 K1。负极检测模块 402 包括串联的第二电阻 R2 和第二开关件 K2。这里的开关件可以是继电器，逆变器开始检测接地故障时吸合继电器 K1、K2，检测完毕后断开继电器 K1、K2。当然，本领域的技术人员可知悉，本发明并不限于此，开关件 K1、K2 也可以是三极管、MOS 管等其他电子开关件。在本发明的检测单元 400 中，电阻上的电压与逆变器直流输入或光伏电池输入间满足电阻分压关系，因此，当存在接地故障时，由于正极 DC+ 和负极 DC- 对地等效阻抗的变化，第一电阻 R1、第二电阻 R2 上的电压也发生变化，根据第一电阻 R1、第二电阻 R2 上的电压及直流输入电压的关系，即可由处理单元 500 计算出逆变器直流输入或光伏电池的正极接地阻抗、负极接地阻抗的大小，以判断是否发生接地故障。

[0028] 在本实施例中，第一差分放大单元 100 包括第一差分放大模块 101，第一差分放大模块 101 包括第七电阻 R7、第八电阻 R8、第九电阻 R9、第十电阻 R10 和第二运算放大器 U2。其中，第七电阻 R7 的一端连接逆变器直流输入或光伏电池的正极，另一端连接第二运算放大器 U2 的第一输入端。第八电阻 R8 的一端接于正极检测模块 401 和负极检测模块 402 之间的连接点，另一端连接第二运算放大器 U2 的第二输入端。第九电阻 R9 的一端连接第二运算放大器 U2 的第一输入端，另一端连接第二运算放大器 U2 的输出端。第十电阻 R10 的一端连接第二运算放大器 U2 的第二输入端，另一端接地。较佳地，第二运算放大器 U2 的正电源端接电源 VCC1，负电源端接电源 VEE1，第十电阻 R10 接地 GND1，且电源 VCC1、VEE1 和 GND1 构成第一电源组，其与其他检测电路隔离。此外，较佳地，第七电阻 R7 的阻值等于第八电阻 R8 的阻值，第九电阻 R9 的阻值等于第十电阻 R10 的阻值，即 $R7=R8$ ， $R9=R10$ ，则第一差分放大模块 101 的放大倍数为 $G1=R9/R7$ 。在本实施例中，第二运算放大器 U2 的输出端作为第一差分放大单元 100 的输出端，连接处理单元 500 中的第二十五电阻 R25 的一端。

[0029] 在本实施例中，第二差分放大单元 200 包括第二差分放大模块 201，第二差分放大模块 201 包括第十一电阻 R11、第十二电阻 R12、第十三电阻 R13、第十四电阻 R14 和第三运算放大器 U3。其中，第十一电阻 R11 的一端接于正极检测模块 401 和负极检测模块 402 之间的连接点，另一端连接第三运算放大器 U3 的第一输入端。第十二电阻 R12 的一端连接逆

变器直流输入或光伏电池的负极,另一端连接第三运算放大器 U3 的第二输入端。第十三电阻 R13 的一端连接第三运算放大器 U3 的第一输入端,另一端连接第三运算放大器 U3 的输出端。第十四电阻 R14 的一端连接第三运算放大器 U3 的第二输入端,另一端接地。较佳地,第三运算放大器 U3 的正电源端接电源 VCC2,负电源端接电源 VEE2,第十四电阻 R14 接地 GND2,且电源 VCC2、VEE2 和 GND2 构成第二电源组,其与其他检测电路隔离。此外,较佳地,第十一电阻 R11 的阻值等于第十二电阻 R12 的阻值,第十三电阻 R13 的阻值等于第十四电阻 R14 的阻值,即 $R11=R12$, $R13=R14$,则第二差分放大模块 201 的放大倍数为 $G2=R13/R11$ 。在本实施例中,第三运算放大器 U3 的输出端作为第二差分放大单元 200 的输出端,连接处理单元 500 中的第二十六电阻 R26 的一端。

[0030] 在本实施例中,第三差分放大单元 300 包括第三电阻 R3、第四电阻 R4、第五电阻 R5、第六电阻 R6 和第一运算放大器 U1。其中,第三电阻 R3 的一端连接逆变器直流输入或光伏电池的正极,另一端连接第一运算放大器 U1 的第一输入端。第四电阻 R4 的一端连接逆变器直流输入或光伏电池的负极,另一端连接第一运算放大器 U1 的第二输入端。第五电阻 R5 的一端连接第一运算放大器 U1 的第一输入端,另一端连接第一运算放大器 U1 的输出端。第六电阻 R6 的一端连接第一运算放大器 U1 的第二输入端,另一端接地。较佳地,第一运算放大器 U1 的正电源端接电源 VCC,负电源端接电源 VEE,第六电阻 R6 接地 GND,且电源 VCC、VEE 和 GND 构成第三电源组。此外,较佳地,第三电阻 R3 的阻值等于第四电阻 R4 的阻值,第五电阻 R5 的阻值等于第六电阻 R6 的阻值,即 $R3=R4$, $R5=R6$,则第三差分放大单元 300 的放大倍数为 $G3=R5/R3$ 。在本实施例中,第一运算放大器 U1 的输出端作为第三差分放大单元 300 的输出端,连接处理单元 500 中的第二十七电阻 R27 的一端。

[0031] 在本实施例中,处理单元 500 包括第二十五电阻 R25、第二十六电阻 R26、第二十七电阻 R27、第一模数转换模块 501、第二模数转换模块 502、第三模数转换模块 503 和处理器 504;其中,第二十五电阻 R25 的一端连接第一差分放大单元 100 的输出端,另一端连接第一模数转换模块 501 的输入端。第二十六电阻 R26 的一端连接第二差分放大单元 200 的输出端,另一端连接第二模数转换模块 502 的输入端。第二十七电阻 R27 的一端连接第三差分放大单元 300 的输出端,另一端连接第三模数转换模块 503 的输入端。第一模数转换模块 501 的输出端、第二模数转换模块 502 的输出端和第三模数转换模块 503 的输出端均与处理器 504 连接。较佳地,第一模数转换模块 501、第二模数转换模块 502 和第三模数转换模块 503 均可以有二个输入端,即包括第一输入端和第二输入端,其中,第一输入端即为上面所述的输入端,第二输入端为参考地端(图中仅示出第一输入端)。较佳地,在本实施例中,第一模数转换模块 501 的第一输入端连接第二十五电阻 R25,第二输入端地 GND1;第二模数转换模块 502 的第一输入端连接第二十六电阻 R26,第二输入端地 GND2;第三模数转换模块 503 的第一输入端连接第二十七电阻 R27,第二输入端地 GND。

[0032] 本领域的技术人员可知悉,第一模数转换模块 501、第二模数转换模块 502、第三模数转换模块 503 均可以是能够实现模数转换功能的模数转换器等电子元件或电路,可以独立布置在处理器 504 外部,也可以集成在处理器 504 内部。第一模数转换模块 501 用于接收第一差分放大单元 100 输出的第一模拟电压信号,并将所接收的第一模拟电压信号转换成第一数字电压信号 U_{AD1} ,继而将第一数字电压信号 U_{AD1} 发送给处理器 504。第二模数转换模块 502 用于接收第二差分放大单元 200 输出的第二模拟电压信号,并将所接收的第二

模拟电压信号转换成第二数字电压信号 U_{AD2} ，继而将第二数字电压信号 U_{AD2} 发送给处理器 504。第三模数转换模块 503 用于接收第三差分放大单元 300 输出的第三模拟电压信号，并将所接收的第三模拟电压信号转换成第三数字电压信号 U_{AD3} ，继而将第三数字电压信号 U_{AD3} 发送给处理器 504。处理器 504 可以是单片机、DSP 或其他运算处理单元，用于根据第一数字电压信号 U_{AD1} 、第二数字电压信号 U_{AD2} 和第三数字电压信号 U_{AD2} 计算逆变器直流输入或光伏电池的正极接地阻抗 R_+ 、负极接地阻抗 R_- ，以判断是否发生接地故障。具体计算原理如下：

[0033] U_{R1} 为第一电阻 $R1$ 两端的电压， U_{R2} 为第二电阻 $R2$ 两端的电压， U 为直流输入电压，则 U_{R1} 、 U_{R2} 和 U 分别如下面公式表示：

$$[0034] \quad U_{R1} = U_{AD1} \times \frac{R7}{R9} \quad (1)$$

$$[0035] \quad U_{R2} = U_{AD2} \times \frac{R11}{R13} \quad (2)$$

$$[0036] \quad U = U_{AD3} \times \frac{R3}{R5} \quad (3)$$

[0037] 当逆变器直流输入或光伏电池正极对地存在接地故障时，逆变器直流输入或光伏电池正极对保护接地线 PE 的等效阻抗 $Req1$ 为 R_+ 、 $R1$ 、 $R7+R8$ 的并联，则：

$$[0038] \quad \frac{1}{Req1} = \frac{1}{R_+} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R7+R8} \quad (4)$$

[0039] U_{R1} 满足 $Req1$ 和 $R2$ 的分压关系，则：

$$[0040] \quad U_{R1} = \frac{Req1}{Req1+R2} \times U \quad (5)$$

[0041] 这样，直流输入电压 U 可以由公式(3)得到，第一电阻 $R1$ 两端的电压 U_{R1} 可以由公式(1)得到，逆变器直流输入或光伏电池正极对保护接地线 PE 的等效阻抗 $Req1$ 可以由公式(5)得到，那么，逆变器直流输入或光伏电池的正极接地阻抗 R_+ 可以由公式(4)得到。

[0042] 同理，当逆变器直流输入或光伏电池负极对地存在接地故障时，逆变器直流输入或光伏电池负极对保护接地线 PE 的等效阻抗 $Req2$ 为 R_- 、 $R1$ 、 $R7+R8$ 的并联，则：

$$[0043] \quad \frac{1}{Req2} = \frac{1}{R_-} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R11+R12} \quad (6)$$

[0044] U_{R2} 满足 $Req2$ 和 $R1$ 的分压关系，则：

$$[0045] \quad U_{R2} = \frac{Req2}{Req2+R1} \times U \quad (7)$$

[0046] 这样，第二电阻 $R2$ 两端的电压 U_{R2} 可以由公式(2)得到，逆变器直流输入或光伏电池负极对保护接地线 PE 的等效阻抗 $Req2$ 可以由公式(7)得到，那么，逆变器直流输入或光伏电池的负极接地阻抗 R_- 可以由公式(6)得到。

[0047] 图 3 是本发明的光伏逆变器接地故障检测电路第二实施例的电路原理图。本发明的光伏逆变器接地故障检测电路第二实施例与第一实施例的区别在于第一差分放大单元 100 和第二差分放大单元 200，本实施例的其余单元如检测单元 400、第三差分放大单元 300

和处理单元 500 的结构与第一实施例相同,在此不再赘述。在本实施例中,第一差分放大单元 100 不仅包括第一差分放大模块 101,还包括第一隔离放大模块 102。第二差分放大单元 200 不仅包括第二差分放大模块 201,还包括第二隔离放大模块 202。其中,本实施例的第一差分放大模块 101 和第二差分放大模块 201 的结构也与第一实施例相同,在此不再赘述。

[0048] 较佳地,在本实施例中,处理单元 500 中的第一模数转换模块 501 的第一输入端连接第二十五电阻 R25,第二输入端地 GND;第二模数转换模块 502 的第一输入端连接第二十六电阻 R26,第二输入端地 GND;第三模数转换模块 503 的第一输入端连接第二十七电阻 R27,第二输入端地 GND。

[0049] 在本实施例中,第一隔离放大模块 102 包括第十五电阻 R15 和第一隔离运算放大器 U6。其中,第十五电阻 R15 的一端连接第二运算放大器 U2 的输出端,另一端连接第一隔离运算放大器 U6 的第一输入端。第一隔离运算放大器 U6 的第二输入端接地 GND1。第一隔离运算放大器 U6 的放大倍数 G4 等于第一隔离运算放大器 U6 的输出对输入的放大倍数,取决于第一隔离运算放大器 U6 本身。在本实施例中,第一隔离运算放大器 U6 的第一输出端作为第一差分放大单元 100 的输出端,连接处理单元 500 中的第二十五电阻 R25 的一端,第一隔离运算放大器 U6 的第二输出端可接地 GND。

[0050] 在本实施例中,第二隔离放大模块 202 包括第十六电阻 R16 和第二隔离运算放大器 U7。其中,第十六电阻 R16 的一端连接第三运算放大器 U3 的输出端,另一端接第二隔离运算放大器 U7 的第一输入端。第二隔离运算放大器 U7 的第二输入端接地 GND2。第二隔离运算放大器 U7 的放大倍数 G5 等于第二隔离运算放大器 U7 的输出对输入的放大倍数,取决于第二隔离运算放大器 U7 本身。在本实施例中,第二隔离运算放大器 U7 的第一输出端作为第二差分放大单元 200 的输出端,连接处理单元 500 中的第二十六电阻 R26 的一端,第二隔离运算放大器 U7 的第二输出端可接地 GND。

[0051] 因此,本实施例的计算原理与第一实施例基本相同,仅区别在第一电阻 R1 两端的电压 U_{R1} 和第二电阻 R2 两端的电压的 U_{R2} 的计算,本实施例的 U_{R1} 和 U_{R2} 分别如下面公式表示:

$$[0052] \quad U_{R1} = U_{AD1} \times \frac{R7}{R9} \times \frac{1}{G4} \quad (8)$$

$$[0053] \quad U_{R2} = U_{AD2} \times \frac{R11}{R13} \times \frac{1}{G5} \quad (9)$$

[0054] 因此,在本实施例中,直流输入电压 U 可以由公式(3)得到,第一电阻 R1 两端的电压 U_{R1} 可以由公式(8)得到,逆变器直流输入或光伏电池正极对保护接地线 PE 的等效阻抗 Req1 可以由公式(5)得到,那么,逆变器直流输入或光伏电池的正极接地阻抗 R+ 可以由公式(4)得到。同理,第二电阻 R2 两端的电压 U_{R2} 可以由公式(9)得到,逆变器直流输入或光伏电池负极对保护接地线 PE 的等效阻抗 Req2 可以由公式(7)得到,那么,逆变器直流输入或光伏电池的负极接地阻抗 R- 可以由公式(6)得到。

[0055] 本实施例在第一实施例的基础上,还采用了第一隔离放大模块 102 和第二隔离放大模块 202,可有效消除其他检测电路对本发明的接地故障检测电路的耦合影响,以实现更可靠的检测。

[0056] 图 4 是本发明的光伏逆变器接地故障检测电路第三实施例的电路原理图。本发明

的光伏逆变器接地故障检测电路第三实施例与第二实施例的区别在于第一差分放大单元 100 和第二差分放大单元 200, 本实施例的其余单元如检测单元 400、第三差分放大单元 300 和处理单元 500 的结构与第一实施例、第二实施例相同, 在此不再赘述。在本实施例中, 第一差分放大单元 100 不仅包括第一差分放大模块 101 和第一隔离放大模块 102, 还包括第三差分放大模块 103。第二差分放大单元 200 不仅包括第二差分放大模块 201 和第二隔离放大模块 202, 还包括第四差分放大模块 203。其中, 本实施例的第一差分放大模块 101 和第二差分放大模块 201 的结构与第一实施例、第二实施例相同, 且本实施例的第一隔离放大模块 102 和第二隔离放大模块 202 的结构与第二实施例相同, 在此不再赘述。

[0057] 较佳地, 在本实施例中, 处理单元 500 中的第一模数转换模块 501 的第一输入端连接第二十五电阻 R25, 第二输入端地 GND; 第二模数转换模块 502 的第一输入端连接第二十六电阻 R26, 第二输入端地 GND; 第三模数转换模块 503 的第一输入端连接第二十七电阻 R27, 第二输入端地 GND。

[0058] 在本实施例中, 第三差分放大模块 103 包括第十七电阻 R17、第十八电阻 R18、第十九电阻 R19、第二十电阻 R20 和第四运算放大器 U4。其中, 第十七电阻 R17 的一端连接第一隔离运算放大器 U6 的第一输出端, 另一端连接第四运算放大器 U4 的第一输入端。第十八电阻 R18 的一端连接第一隔离运算放大器 U6 的第二输出端, 另一端连接第四运算放大器 U4 的第二输入端。第十九电阻 R19 的一端连接第四运算放大器 U4 的第一输入端, 另一端连接第四运算放大器 U4 的输出端。第二十电阻 R20 的一端连接第四运算放大器 U4 的第二输入端, 另一端接地。较佳地, 第四运算放大器 U4 的正电源端接电源 VCC, 负电源端接电源 VEE, 第二十电阻 R20 接地 GND。此外, 较佳地, 第十七电阻 R17 的阻值等于第十八电阻 R18 的阻值, 第十九电阻 R19 的阻值等于第二十电阻 R20 的阻值, 即 $R17=R18$, $R19=R20$, 则第三差分放大模块 103 的放大倍数为 $G6=R19/R17$ 。在本实施例中, 第三差分放大模块 103 的输出端作为第一差分放大单元 100 的输出端, 连接处理单元 500 中的第二十五电阻 R25 的一端。

[0059] 在本实施例中, 第四差分放大模块 203 包括第二十一电阻 R21、第二十二电阻 R22、第二十三电阻 R23、第二十四电阻 R24 和第五运算放大器 U5。其中, 第二十一电阻 R21 的一端连接第二隔离运算放大器 U7 的第一输出端, 另一端连接第五运算放大器 U5 的第一输入端。第二十二电阻 R22 的一端连接第二隔离运算放大器 U7 的第二输出端, 另一端连接第五运算放大器 U5 的第二输入端; 第二十三电阻 R23 的一端连接第五运算放大器 U5 的第一输入端, 另一端连接第五运算放大器 U5 的输出端。第二十四电阻 R24 的一端连接第五运算放大器 U5 的第二输入端, 另一端接地。较佳地, 第五运算放大器 U5 的正电源端接电源 VCC, 负电源端接电源 VEE, 第二十四电阻 R24 接地 GND。此外, 较佳地, 第二十一电阻 R21 的阻值等于第二十二电阻 R22 的阻值, 第二十三电阻 R23 的阻值等于第二十四电阻 R24 的阻值, 即 $R21=R22$, $R23=R24$, 则第四差分放大模块 203 的放大倍数为 $G7=R23/R21$ 。在本实施例中, 第四差分放大模块 203 的输出端作为第二差分放大单元 200 的输出端, 连接处理单元 500 中的第二十六电阻 R26 的一端。

[0060] 因此, 本实施例的计算原理与第一实施例、第二实施例基本相同, 仅区别在第一电阻 R1 两端的电压 U_{R1} 和第二电阻 R2 两端的电压的 U_{R2} 的计算, 本实施例的 U_{R1} 和 U_{R2} 分别如下面公式表示:

$$[0061] \quad U_{R1} = U_{AD1} \times \frac{R7}{R9} \times \frac{1}{G4} \times \frac{R17}{R19} \quad (10)$$

$$[0062] \quad U_{R2} = U_{AD2} \times \frac{R11}{R13} \times \frac{1}{G5} \times \frac{R21}{R23} \quad (11)$$

[0063] 因此,在本实施例中,直流输入电压 U 可以由公式(3)得到,第一电阻 $R1$ 两端的电压 U_{R1} 可以由公式(10)得到,逆变器直流输入或光伏电池正极对保护接地线 PE 的等效阻抗 $Req1$ 可以由公式(5)得到,那么,逆变器直流输入或光伏电池的正极接地阻抗 $R+$ 可以由公式(4)得到。同理,第二电阻 $R2$ 两端的电压 U_{R2} 可以由公式(11)得到,逆变器直流输入或光伏电池负极对保护接地线 PE 的等效阻抗 $Req2$ 可以由公式(7)得到,那么,逆变器直流输入或光伏电池的负极接地阻抗 $R-$ 可以由公式(6)得到。

[0064] 本实施例在第二实施例的基础上,还采用了第三差分放大模块 103 和第四差分放大模块 203,进一步提高第一差分放大单元 100 和第二差分放大单元 200 的放大倍数,可实现更高精度的检测。

[0065] 在本发明的上述三个实施例中,均可通过处理单元 500 计算出逆变器直流输入或光伏电池的正极接地阻抗 $R+$ 和负极接地阻抗 $R-$,根据计算得到的 $R+$ 和 $R-$,便可以判断出是否发生接地故障。例如,如果逆变器在启动前检测到光伏方阵输入端与地之间的直流绝缘阻抗小于 $R = V_{\max}PV/30mA$,应指示故障。例如某一逆变器最大输入电压为 900V,那么当启动前逆变器检测到 $R+$ 或 $R < 900V/30mA = 30k\Omega$ 时,便可判断出发生正极接地故障或负极接地故障,逆变器应指示故障。

[0066] 本发明的光伏逆变器接地故障检测电路主要由一些电阻、运放等电子元件组成,实现起来非常简单。而且采用了第一隔离放大模块 102 和第二隔离放大模块 202,以及采用与其他检测电路隔离的第一电源组(VCC1、VEE1、GND1)和第二电源组(VCC2、VEE2、GND2),可以有效消除其他检测电路对接地故障检测电路的耦合影响,检测安全可靠。此外可以根据接地阻抗故障阈值来调节各个放大单元的放大倍数,这样,不用较高精度的模数转换器也可实现较高精度的接地故障检测。

[0067] 虽然本发明是通过具体实施例进行说明的,本领域技术人员应当明白,在不脱离本发明范围的情况下,还可以对本发明进行各种变换及等同替代。因此,本发明不局限于所公开的具体实施例,而应当包括落入本发明权利要求范围内的全部实施方式。

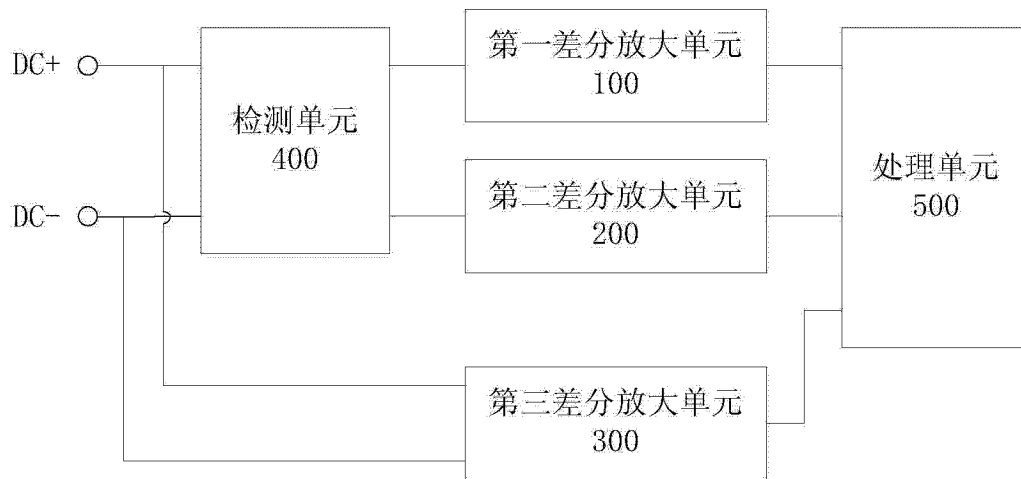


图 1

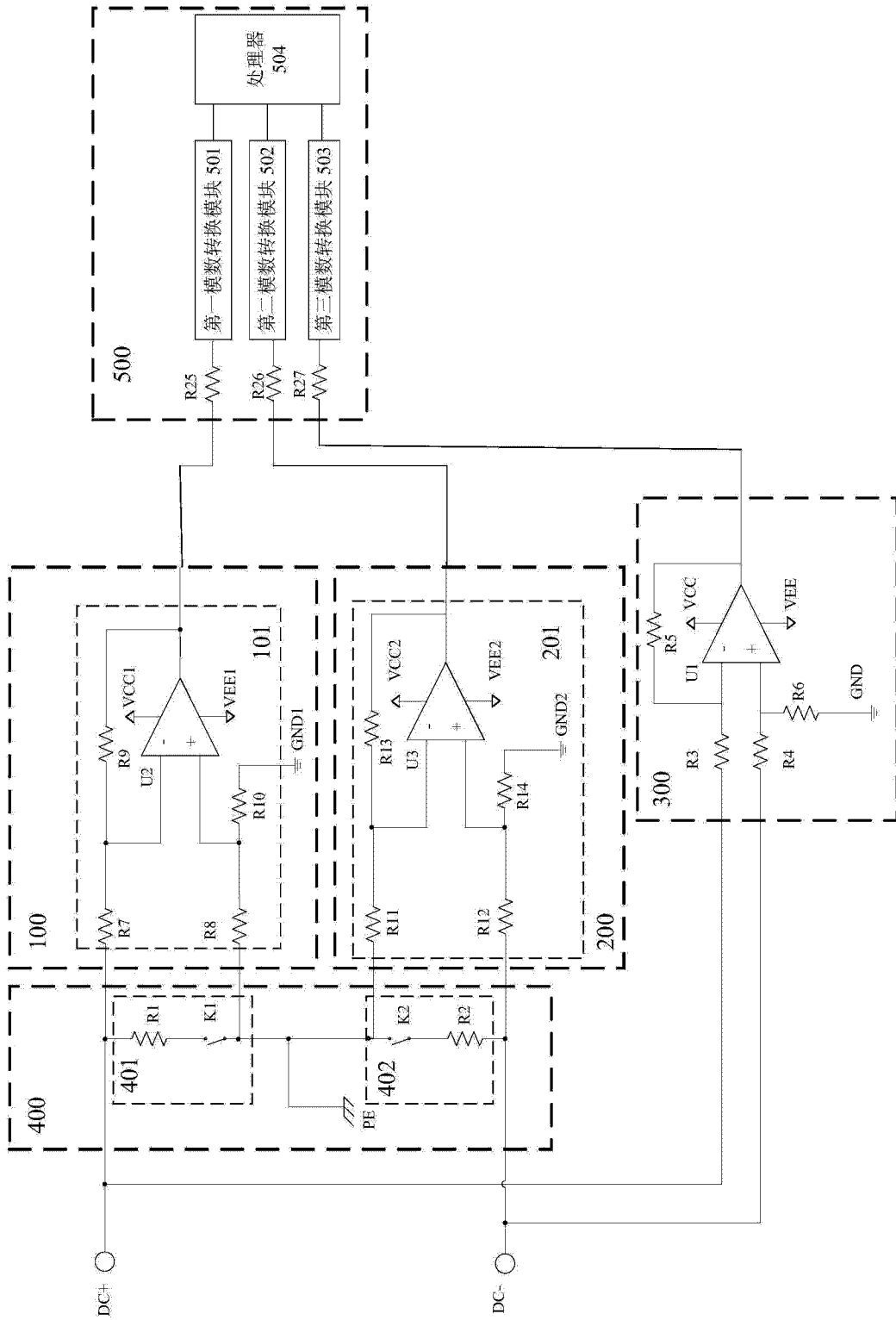


图 2

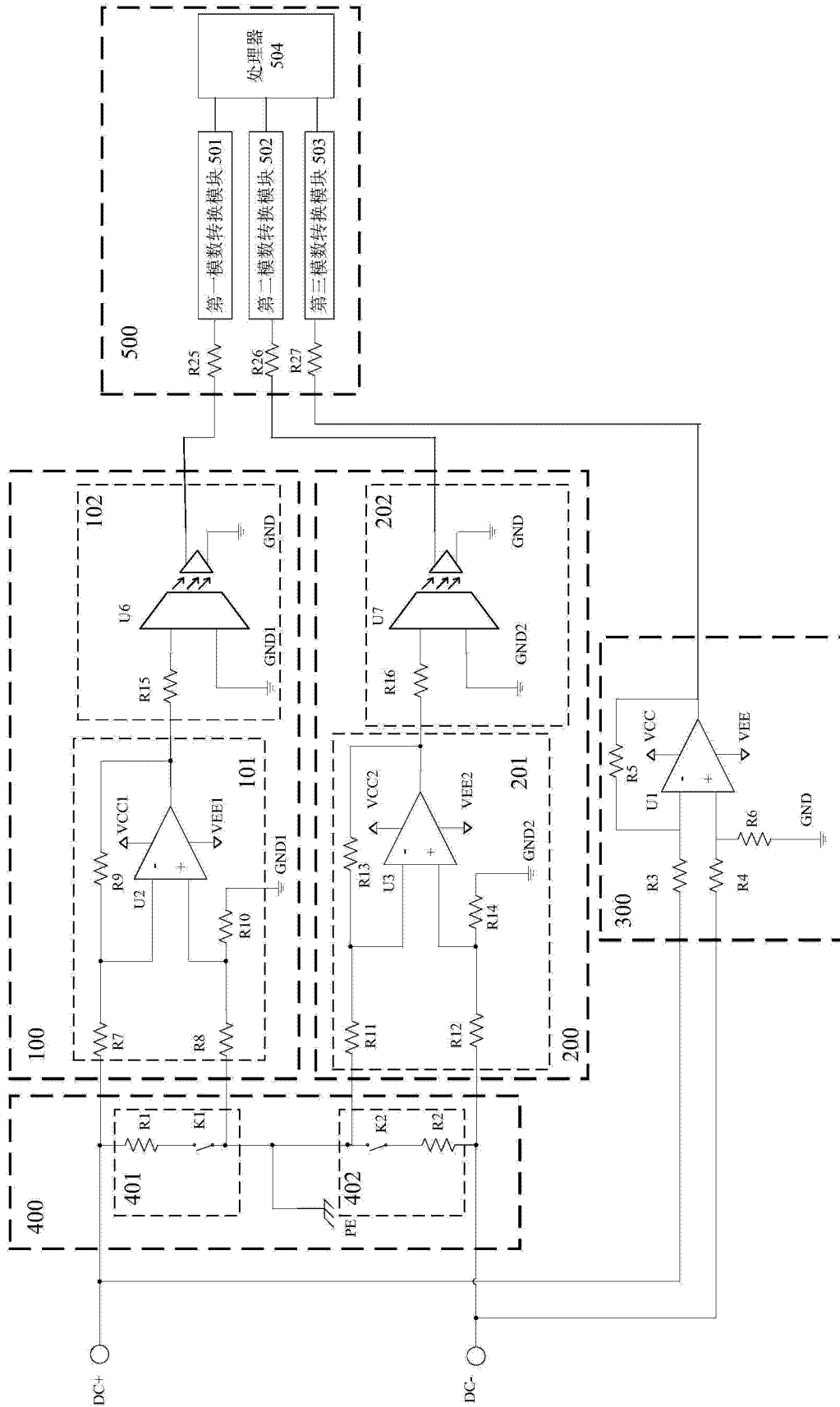


图 3

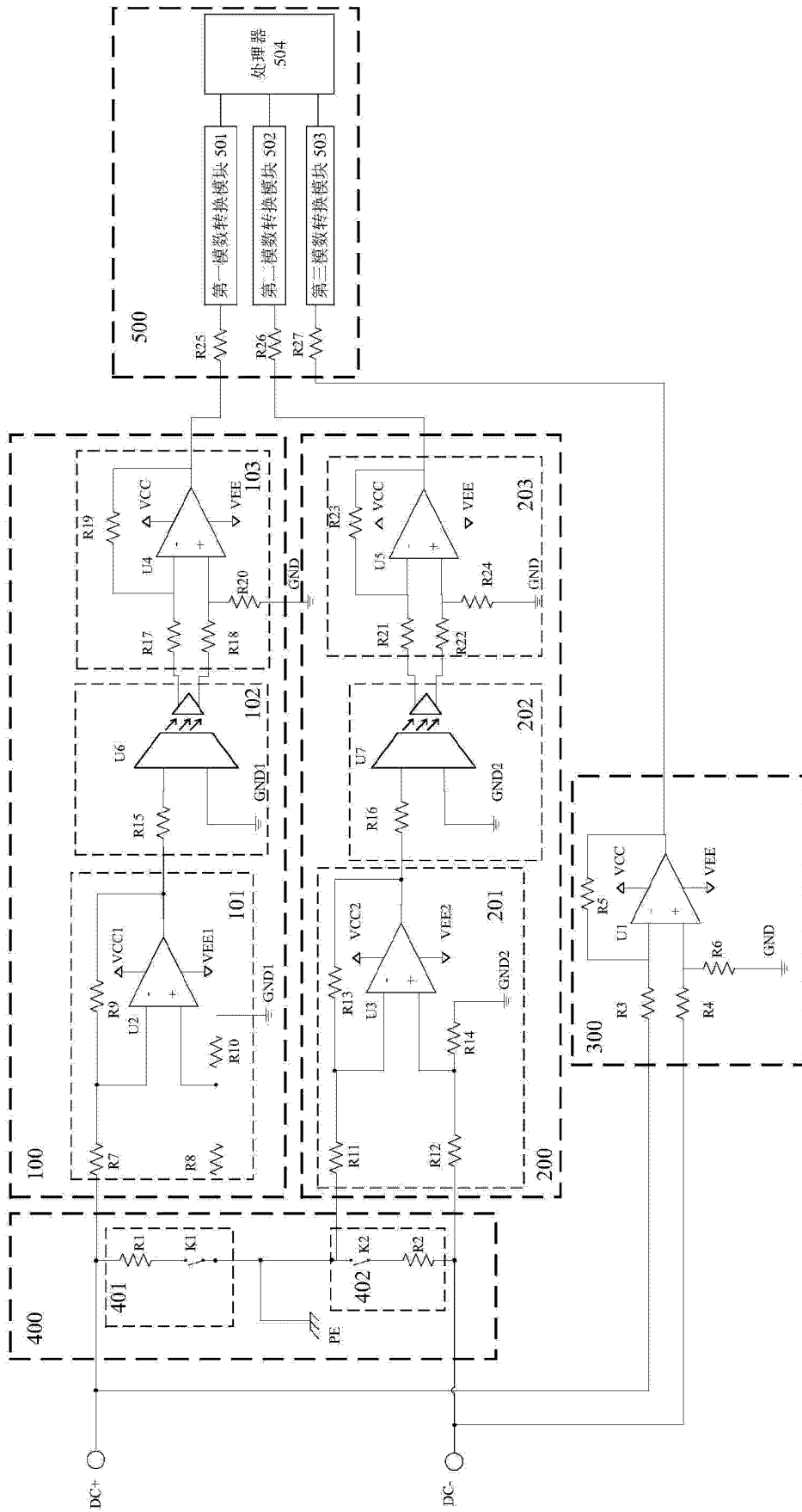


图 4