



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108427038 A

(43)申请公布日 2018.08.21

(21)申请号 201711400326.3

(22)申请日 2017.12.22

(71)申请人 深圳市中兴昆腾有限公司

地址 518100 广东省深圳市龙岗区布吉街道木棉湾社区鸭秋湖工业区金谷工业园五楼

(72)发明人 李超 胡祥波 李锐涛 黄菲菲

(74)专利代理机构 广东广和律师事务所 44298

代理人 刘敏

(51)Int.Cl.

G01R 27/18(2006.01)

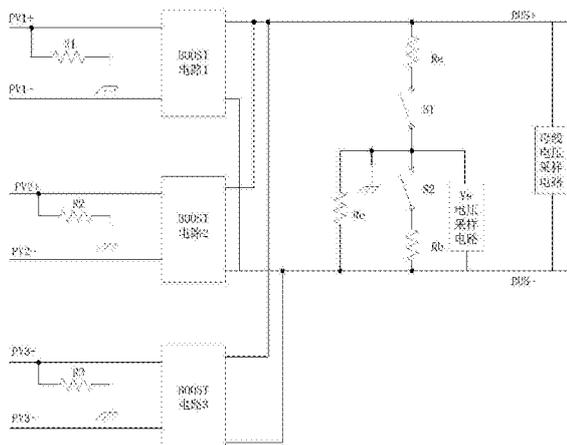
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种多路输入光伏逆变器对地绝缘阻抗检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种多路输入光伏逆变器对地绝缘阻抗检测方法,以两个电阻切换单元、两个电压检测单元和微处理器单元构成检测系统,通过切换第一电阻切换单元和第二电阻切换单元中的开关的通断状态,使电路处于不同的状态,同时第一电压检测单元检测直流母线的电压值,第二电压检测单元检测在不同状态下大地与直流母线负极之间的电压值,计算得出两个电阻切换单元中不同通断状态下的方程式,以联立计算得出多路MPPT输入逆变器输入电池板组串正极对地绝缘阻抗并联电阻值和负极对地绝缘阻抗的电阻值。从而达到使逆变器能有效检测多路MPPT输入逆变器输入电池板组串对地绝缘阻抗,并尽量降低检测电路成本和逆变器程序的复杂程度。



1. 一种多路输入光伏逆变器对地绝缘阻抗检测方法,其特征在于:包括有第一电阻切换单元、第二电阻切换单元、第一电压检测单元、第二电压检测单元和微处理器单元,第一电阻切换单元和第二电阻切换单元分别由一电阻和一个开关串联组成,其中第一电阻切换单元连接于逆变器多路MPPT电路汇流后的直流母线的正极和大地之间,第二电压检测单元连接于所述直流母线的负极与大地之间;第一电压检测单元连接于所述直流母线的正负极之间构成母线电压采用电路,第二电压检测单元连接于所述直流母线的负极与大地之间采样大地与所述母线的负极之间的电压值;

通过切换第一电阻切换单元和第二电阻切换单元中的开关的通断状态,使电路处于不同的状态,同时第一电压检测单元检测所述直流母线的电压值,第二电压检测单元检测在不同状态下大地与直流母线负极之间的电压值,然后通过微处理单元计算得出多路输入MPPT正极对地绝缘阻抗并联电阻值和负极对地绝缘阻抗的电阻值;当得到的多路输入MPPT正极对地绝缘阻抗并联电阻值和负极对地绝缘阻抗的电阻值小于规定的安全阻值范围时,逆变器发出告警,并且不再并网运行,以免发生触电危险。

2. 根据权利要求1所述的多路输入光伏逆变器对地绝缘阻抗检测方法,其特征在于:第一电阻切换单元和第二电阻切换单元中的开关均为继电器或者MOSFET。

3. 根据权利要求1所述的多路输入光伏逆变器对地绝缘阻抗检测方法,其特征在于:所述多路输入MPPT为三路输入MPPT,三路MPPT电路输入的光伏组串正极与大地之间的绝缘阻抗分别为 $R_1$ 、 $R_1$ 和 $R_3$ ,三路共负极输入MPPT电路输入的光伏组串负极与大地之间的绝缘阻抗值为 $R_e$ ,第一电阻切换单元为串联的电阻 $R_a$ 和开关 $S_1$ ,第二电阻切换单元为串联的电阻 $R_b$ 表示与开关 $S_2$ ,当开关 $S_1$ 闭合时将电阻 $R_a$ 连接到电路中,当开关 $S_2$ 闭合时将电阻 $R_b$ 连接到电路中;

通过控制开关 $S_1$ 和开关 $S_2$ 的通断状态,可以得到至少三组方程,从而计算三路共负极输入MPPT电路输入的光伏组串负极与大地之间的绝缘阻抗 $R_e$ 的大小,以及三路MPPT电路输入的光伏组串正极与大地之间整体并联的绝缘阻抗 $R_p$ 的大小;检测过程如下,

首先,当开关 $S_1$ 和开关 $S_2$ 都为断开状态时,通过第二电压检测单元检测采样到大地与直流母线负极之间电压值 $V_{e1}$ ,则有,

$$\frac{V_{e1}}{R_e} = \frac{V_1 - V_{e1}}{R_1} + \frac{V_2 - V_{e1}}{R_2} + \frac{V_3 - V_{e1}}{R_3} \quad (\text{公式 1})$$

其中, $V_1$ 、 $V_2$ 和 $V_3$ 分别为三路MPPT电路输入电池板组串的PV电压值;

然后,控制开关 $S_1$ 闭合将电阻 $R_a$ 串联接入电路中,开关 $S_2$ 保持断开状态,然后再通过第二电压检测单元采样到大地与直流母线负极之间电压值 $V_{e2}$ ,通过第一电压检测单元采样直流母线电压 $V_{bus}$ ,则有,

$$\frac{V_{e2}}{R_e} = \frac{V_1 - V_{e2}}{R_1} + \frac{V_2 - V_{e2}}{R_2} + \frac{V_3 - V_{e2}}{R_3} + \frac{V_{bus} - V_{e2}}{R_a} \quad (\text{公式 2})$$

最后,再控制开关 $S_1$ 断开,控制开关 $S_2$ 闭合,将电阻 $R_b$ 串联接入电路中,通过第二电压检测单元采样到大地与直流母线负极之间电压值记为 $V_{e3}$ ,则有,

$$V_{e3} \cdot \frac{R_e + R_b}{R_e \cdot R_b} = \frac{V_1 - V_{e3}}{R_1} + \frac{V_2 - V_{e3}}{R_2} + \frac{V_3 - V_{e3}}{R_3} \quad (\text{公式 3})$$

三式联立计算出绝缘阻抗 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 三者并联的电阻值 $R_p$ 和绝缘阻抗 $R_e$ 的电阻值;

联立式(1)与式(2),得到,

$$\frac{V_{e1}}{R_e} - \frac{V_{e2}}{R_e} = \frac{V_{e2} - V_{e1}}{R_p} - \frac{V_{bus} - V_{e2}}{R_a} \quad (\text{公式 4})$$

联立式 (1) 与式 (3), 得到,

$$\frac{V_{e1}}{R_e} - V_{e3} \frac{R_e + R_b}{R_e R_b} = \frac{V_{e3} - V_{e1}}{R_p} \quad (\text{公式 5})$$

由于电阻  $R_a$  和电阻  $R_b$  已知, 通过第一电压检测单元和第二电压检测单元分别检测电压  $V_{bus}$ 、电压  $V_{e1}$ 、电压  $V_{e2}$  和电压  $V_{e3}$  的具体电压值, 再根据式 (4) 与式 (5) 计算出三路 MPPT 电路输入的光伏组串正极与大地之间整体并联的绝缘阻抗  $R_p$  和负极对地绝缘阻抗  $R_e$  的电阻值;

当绝缘阻抗  $R_p$  和绝缘阻抗  $R_e$  的值小于规定的安全阻值范围时, 逆变器发出告警, 并且不再并网运行, 以免发生触电危险;

通过式 (4) 与式 (5) 可以得知, 要获取绝缘阻抗  $R_p$  和绝缘阻抗  $R_e$  的值, 只需要切换串联的第一电阻切换单元与第二电阻切换单元和检测不同的开关切换状态下直流母线正负之间电压值及大地与直流母线负极之间电压值。

## 一种多路输入光伏逆变器对地绝缘阻抗检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光伏并网逆变器检测技术领域,尤其涉及一种多路输入光伏逆变器对地绝缘阻抗检测方法。

### 背景技术

[0002] 目前,随着组串式光伏电站的兴起,多路MPPT(最大功率点跟踪)的组串式光伏逆变器更越来越受市场青睐。为了达到应用安全标准的要求,防止太阳能电池板由于绝缘性能下降而带来触电危险,以及对光伏逆变器装置的保护,当逆变器的输入电池板组串在出现电极对地绝缘阻抗偏低时,逆变器不能并网运行,并提示对应告警信息。当前应用最广泛的是绝缘阻抗检测方法,其使用电桥平衡原理进行检测。通过切换并联电阻改变每一路输入的对地阻抗从而检测该路输入对地绝缘阻抗的大小。但是在多路输入时,需要每一路增加切换开关和并联电阻,特别是在当前PV输入电压越来越高的情况下,应用成本较高。

[0003] 当前应用的电桥平衡原理检测方法在多路输入时需要通过控制每一路的并联电阻切换开关进行检测与计算。由于现在的发展趋势下,逆变器输入电压越来越高,导致多路MPPT输入的逆变器在检测电池板组串对地绝缘阻抗电路时在检测电路上花费的器件成本很高。而且由于多路MPPT输入需要相应的并联电阻切换开关控制信号,这样也会占用逆变器中更多的芯片资源增加逆变器程序的复杂度。

### 发明内容

[0004] 本发明针对现有技术的缺陷,提供一种使逆变器能有效检测输入电池板组串对地绝缘阻抗是否低于安全阈值,并尽量降低检测电路成本的多路输入光伏逆变器对地绝缘阻抗检测方法。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:一种多路输入光伏逆变器对地绝缘阻抗检测方法,其特征在于:包括有第一电阻切换单元、第二电阻切换单元、第一电压检测单元、第二电压检测单元和微处理器单元,第一电阻切换单元和第二电阻切换单元分别由一电阻和一个开关串联组成,其中第一电阻切换单元连接于逆变器多路MPPT电路汇流后的直流母线的正极和大地之间,第二电压检测单元连接于所述直流母线的负极与大地之间;第一电压检测单元连接于所述直流母线的正负极之间构成母线电压采用电路,第二电压检测单元连接于所述直流母线的负极与大地之间采样大地与所述母线的负极之间的电压值;

[0006] 通过切换第一电阻切换单元和第二电阻切换单元中的开关的通断状态,使电路处于不同的状态,同时第一电压检测单元检测所述直流母线的电压值,第二电压检测单元检测在不同状态下大地与直流母线负极之间的电压值,然后通过微处理单元计算得出多路输入MPPT正极对地绝缘阻抗并联电阻值和负极对地绝缘阻抗的电阻值;当得到的多路输入MPPT正极对地绝缘阻抗并联电阻值和负极对地绝缘阻抗的电阻值小于规定的安全阻值范围时,逆变器发出告警,并且不再并网运行,以免发生触电危险。

[0007] 优选地,第一电阻切换单元和第二电阻切换单元中的开关均为继电器或者MOSFET(场效应管)。

[0008] 以三路输入MPPT作为具体检测过程说明,三路MPPT电路输入的光伏组串正极与大地之间的绝缘阻抗分别为R1、R1和R3,三路共负极输入MPPT电路输入的光伏组串负极与大地之间的绝缘阻抗值为Re,第一电阻切换单元为串联的电阻Ra和开关S1,第二电阻切换单元为串联的电阻Rb表示与开关S2,当开关S1闭合时将电阻Ra连接到电路中,当开关S2闭合时将电阻Rb连接到电路中;

[0009] 通过控制开关S1和开关S2的通断状态,可以得到至少三组方程,从而计算三路共负极输入MPPT电路输入的光伏组串负极与大地之间的绝缘阻抗Re的大小,以及三路MPPT电路输入的光伏组串正极与大地之间整体并联的绝缘阻抗Rp的大小;检测过程如下,

[0010] 首先,当开关S1和开关S2都为断开状态时,通过第二电压检测单元检测采样到大地与直流母线负极之间电压值Ve1,则有,

$$[0011] \quad \frac{Ve1}{Re} = \frac{V1 - Ve1}{R1} + \frac{V2 - Ve1}{R2} + \frac{V3 - Ve1}{R3} \quad (\text{公式 1})$$

[0012] 其中,V1、V2和V3分别为三路MPPT电路输入电池板组串的PV电压值;

[0013] 然后,控制开关S1闭合将电阻Ra串联接入电路中,开关S2保持断开状态,然后再通过第二电压检测单元采样到大地与直流母线负极之间电压值Ve2,通过第一电压检测单元采样直流母线电压Vbus,则有,

$$[0014] \quad \frac{Ve2}{Re} = \frac{V1 - Ve2}{R1} + \frac{V2 - Ve2}{R2} + \frac{V3 - Ve2}{R3} + \frac{Vbus - Ve2}{Ra} \quad (\text{公式 2})$$

[0015] 最后,再控制开关S1断开,控制开关S2闭合,将电阻Rb串联接入电路中,通过第二电压检测单元采样到大地与直流母线负极之间电压值记为Ve3,则有,

$$[0016] \quad Ve3 \cdot \frac{Re + Rb}{Re \cdot Rb} = \frac{V1 - Ve3}{R1} + \frac{V2 - Ve3}{R2} + \frac{V3 - Ve3}{R3} \quad (\text{公式 3})$$

[0017] 三式联立计算出绝缘阻抗R1、R2、R3三者并联的电阻值Rp和绝缘阻抗Re的电阻值;

[0018] 联立式(1)与式(2),得到,

$$[0019] \quad \frac{Ve1}{Re} - \frac{Ve2}{Re} = \frac{Ve2 - Ve1}{Rp} - \frac{Vbus - Ve2}{Ra} \quad (\text{公式 4})$$

[0020] 联立式(1)与式(3),得到,

$$[0021] \quad \frac{Ve1}{Re} - Ve3 \cdot \frac{Re + Rb}{Re \cdot Rb} = \frac{Ve3 - Ve1}{Rp} \quad (\text{公式 5})$$

[0022] 由于电阻Ra和电阻Rb已知,通过第一电压检测单元和第二电压检测单元分别检测电压Vbus、电压Ve1、电压Ve2和电压Ve3的具体电压值,再根据式(4)与式(5)计算出三路MPPT电路输入的光伏组串正极与大地之间整体并联的绝缘阻抗Rp和负极对地绝缘阻抗Re的电阻值;

[0023] 当绝缘阻抗Rp和绝缘阻抗Re的值小于规定的安全阻值范围时,逆变器发出告警,并且不再并网运行,以免发生触电危险;

[0024] 通过式(4)与式(5)可以得知,要获取绝缘阻抗Rp和绝缘阻抗Re的值,只需要切换串联的第一电阻切换单元与第二电阻切换单元和检测不同的开关切换状态下直流母线正负之间电压值及大地与直流母线负极之间电压值。该检测方法在其他不同路数输入的多路

输入MPPT的逆变器上同样适用。

[0025] 本发明设计以第一电阻切换单元、第二电阻切换单元、第一电压检测单元、第二电压检测单元和微处理器单元构成检测系统,通过切换第一电阻切换单元和第二电阻切换单元中的开关的通断状态,使电路处于不同的状态,同时第一电压检测单元检测所述直流母线的电压值,第二电压检测单元检测在不同状态下大地与直流母线负极之间的电压值,并利用基尔霍夫定律得出两个电阻切换单元中不同的通断状态下的方程式,以联立计算得出多路MPPT输入逆变器输入电池板组串正极对地绝缘阻抗并联电阻值和负极对地绝缘阻抗的电阻值。从而达到使逆变器能有效检测多路MPPT输入逆变器输入电池板组串对地绝缘阻抗是否低于安全阈值,并尽量降低检测电路成本和逆变器程序的复杂程度。

## 附图说明

[0026] 图1为三路MPPT输入光伏逆变器对地绝缘阻抗检测系统架构图。

## 具体实施方式

[0027] 本实施例中,所述多路输入光伏逆变器对地绝缘阻抗检测方法,以三路输入MPPT为例,参照图1,三路MPPT电路(BOOST电路1、BOOST电路2和BOOST电路3)输入的光伏组串正极与大地之间的绝缘阻抗分别为R1、R1和R3,三路共负极输入MPPT电路输入的光伏组串负极与大地之间的绝缘阻抗值为Re,第一电阻切换单元为串联的电阻Ra和开关S1,第二电阻切换单元为串联的电阻Rb表示与开关S2,当开关S1闭合时将电阻Ra连接到电路中,当开关S2闭合时将电阻Rb连接到电路中;

[0028] 通过控制开关S1和开关S2的通断状态,可以得到至少三组方程,从而计算三路共负极输入MPPT电路输入的光伏组串负极与大地之间的绝缘阻抗Re的大小,以及三路MPPT电路输入的光伏组串正极与大地之间整体并联的绝缘阻抗Rp的大小;检测过程如下,

[0029] 首先,当开关S1和开关S2都为断开状态时,通过第二电压检测单元检测采样到大地与直流母线负极之间电压值Ve1,则有,

$$[0030] \quad \frac{Ve1}{Re} = \frac{V1 - Ve1}{R1} + \frac{V2 - Ve1}{R2} + \frac{V3 - Ve1}{R3} \quad (\text{公式 1})$$

[0031] 其中,V1、V2和V3分别为三路MPPT电路输入电池板组串的PV电压值;

[0032] 然后,控制开关S1闭合将电阻Ra串联接入电路中,开关S2保持断开状态,然后再通过第二电压检测单元采样到大地与直流母线负极之间电压值Ve2,通过第一电压检测单元采样直流母线电压Vbus,则有,

$$[0033] \quad \frac{Ve2}{Re} = \frac{V1 - Ve2}{R1} + \frac{V2 - Ve2}{R2} + \frac{V3 - Ve2}{R3} + \frac{Vbus - Ve2}{Ra} \quad (\text{公式 2})$$

[0034] 最后,再控制开关S1断开,控制开关S2闭合,将电阻Rb串联接入电路中,通过第二电压检测单元采样到大地与直流母线负极之间电压值记为Ve3,则有,

$$[0035] \quad Ve3 \cdot \frac{Re + Rb}{Re \cdot Rb} = \frac{V1 - Ve3}{R1} + \frac{V2 - Ve3}{R2} + \frac{V3 - Ve3}{R3} \quad (\text{公式 3})$$

[0036] 三式联立计算出绝缘阻抗R1、R2、R3三者并联的电阻值Rp和绝缘阻抗Re的电阻值;

[0037] 联立式(1)与式(2),得到,

$$[0038] \quad \frac{Ve1}{Re} - \frac{Ve2}{Re} = \frac{Ve2 - Ve1}{Rp} - \frac{Vbus - Ve2}{Ra} \quad (\text{公式 4})$$

[0039] 联立式(1)与式(3),得到,

$$[0040] \quad \frac{Ve1}{Re} - Ve3 \cdot \frac{Ra + Rb}{Re \cdot Rb} = \frac{Ve3 - Ve1}{Rp} \quad (\text{公式 5})$$

[0041] 由于电阻Ra和电阻Rb已知,通过第一电压检测单元和第二电压检测单元分别检测电压Vbus、电压Ve1、电压Ve2和电压Ve3的具体电压值,再根据式(4)与式(5)计算出三路MPPT电路输入的光伏组串正极与大地之间整体并联的绝缘阻抗Rp和负极对地绝缘阻抗Re的电阻值;

[0042] 当绝缘阻抗Rp和绝缘阻抗Re的值小于规定的安全阻值范围时,逆变器发出告警,并且不再并网运行,以免发生触电危险;

[0043] 通过式(4)与式(5)可以得知,要获取绝缘阻抗Rp和绝缘阻抗Re的值,只需要切换串联的第一电阻切换单元与第二电阻切换单元和检测不同的开关切换状态下直流母线正负之间电压值及大地与直流母线负极之间电压值。该检测方法在其他不同路数输入的多路输入MPPT的逆变器上同样适用。

[0044] 以上已将本发明做一详细说明,以上所述,仅为本发明之较佳实施例而已,当不能限定本申请实施范围,即凡依本申请范围所作均等变化与修饰,皆应仍属本发明涵盖范围内。

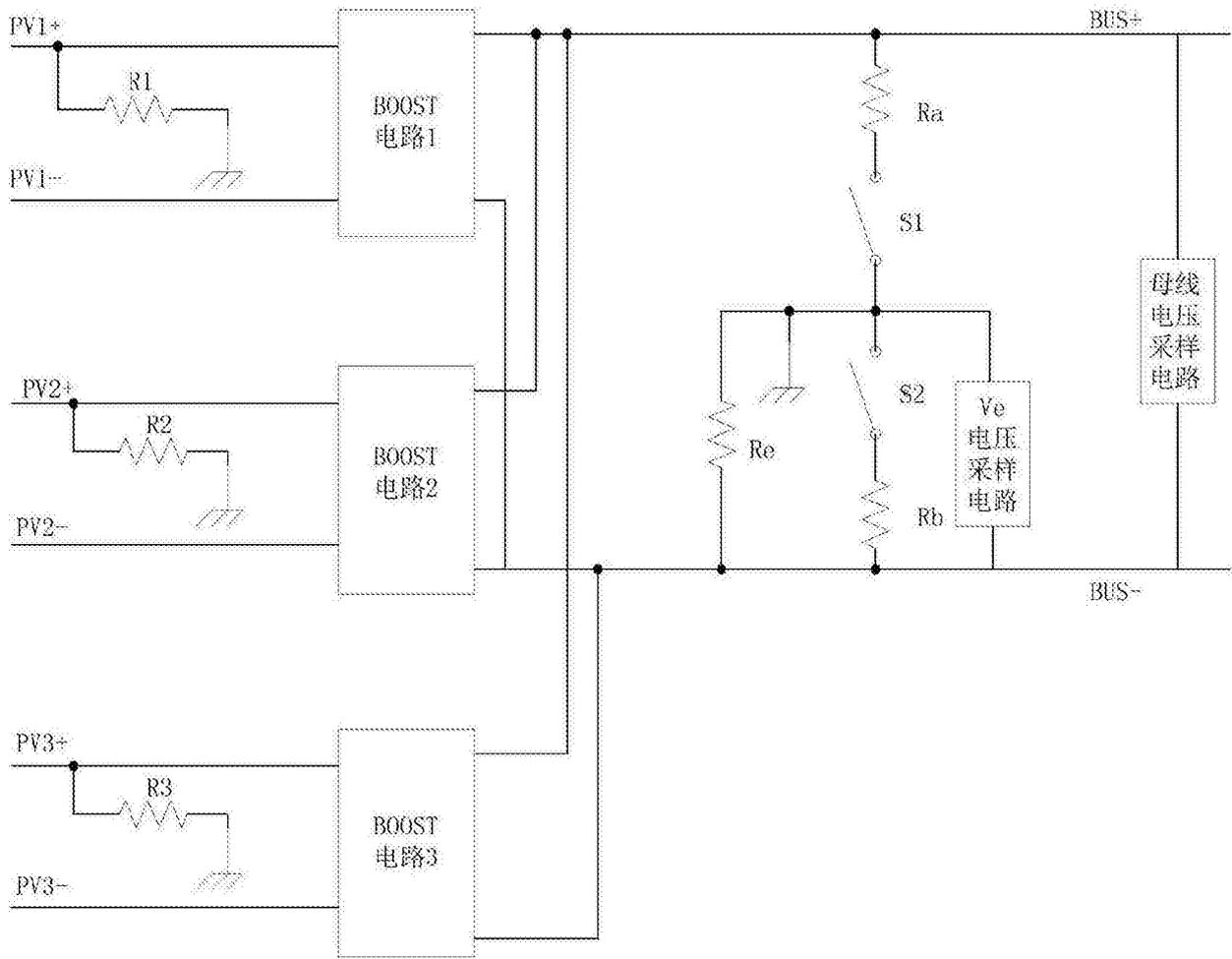


图1