



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103439587 B

(45) 授权公告日 2016.03.02

(21) 申请号 201310410090.7

06 期), 第 78-80, 146, 161 页.

(22) 申请日 2013.09.10

审查员 胥志激

(73) 专利权人 深圳市禾望电气股份有限公司

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽官龙村第二工业区 5 号厂房 1-3 层

(72) 发明人 姜珂 曹晓生

(51) Int. Cl.

G01R 29/16(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1455263 A, 2003.11.12,

JP 平 2-159573 A, 1990.06.19,

CN 2533472 Y, 2003.01.29,

US 2012/0074953 A1, 2012.03.29,

CN 101685120 A, 2010.03.31,

王艳凤. 低压大功率用电设备缺相检测电路的深入探讨.《机电工程技术》.2011, 第 40 卷(第

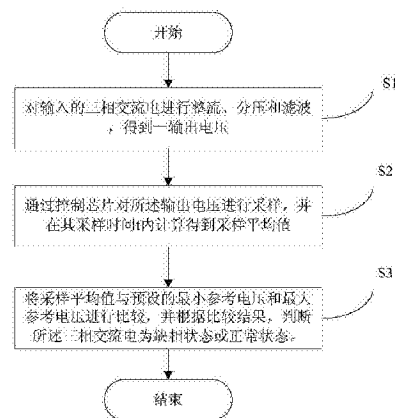
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

三相交流电的检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种三相交流电的检测方法,所述方法包括以下步骤:对输入的三相交流电进行整流、分压和滤波,得到一输出电压;通过控制芯片对所述输出电压进行采样,并在其采样时间 t 内计算得到采样平均值;将采样平均值与预设的最小参考电压和最大参考电压进行比较,并根据比较结果,判断所述三相交流电为缺相状态或正常状态。实施本发明的有益效果是,缺相检测的电路简单、成本低、应用范围广;可实现对缺相和正常的三相交流电的相电压有效值分别进行检测;且缺相判断和电压检测准确、占用资源少、发热损耗小。



1. 一种三相交流电的检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

对输入的三相交流电进行整流、分压和滤波,得到一输出电压;

通过控制芯片对所述输出电压进行采样,并在其采样时间  $t$  内计算得到采样平均值;

将采样平均值与预设的最小参考电压和最大参考电压进行比较,并根据比较结果,判断所述三相交流电为缺相状态或正常状态;

所述最小参考电压包括第一最小参考电压以及第二最小参考电压;所述最大参考电压包括第一最大参考电压以及第二最大参考电压;

若比较结果为第一最小参考电压  $\leq$  采样平均值  $\leq$  第一最大参考电压,则判断三相交流电为缺相状态;若比较结果为第二最小参考电压  $\leq$  采样平均值  $\leq$  第二最大参考电压,则判断三相交流电为正常状态。

2. 根据权利要求 1 所述的三相交流电的检测方法,其特征在于,所述对输入的三相交流电进行分压具体包括:通过三个阻值均为  $R_{11}$  的第一分压电阻、第二分压电阻和第三分压电阻,以及阻值为  $R_{12}$  的第四分压电阻对所述三相交流电的 R、S 和 T 相进行分压;所述第一分压电阻的一端连接三相交流电的 R 相、另一端连接三相整流桥的第一输入端;所述第二分压电阻的一端连接三相交流电的 S 相、另一端连接三相整流桥的第二输入端;所述第三分压电阻的一端连接三相交流电的 T 相、另一端连接三相整流桥的第三输入端;所述第四分压电阻的一端连接三相整流桥的正极输出端、另一端连接三相整流桥的负极输出端。

3. 根据权利要求 1 所述的三相交流电的检测方法,其特征在于,所述采样时间  $t = n * T$ ,其中  $n \geq 1$ ,  $n$  为整数,  $T$  为三相交流电压的一个周期。

4. 根据权利要求 2 所述的三相交流电的检测方法,其特征在于,所述第一最大参考电压为  $U_{1max} = 1.1 \times \frac{2\sqrt{6}}{\pi} \times U_{phase-N} \times \frac{1}{2 \times k + 1}$ ; 所述第一最小参考电压为

$$U_{1min} = 0.85 \times \frac{2\sqrt{6}}{\pi} \times U_{phase-N} \times \frac{1}{2 \times k + 1};$$

$\overline{U_{PL}}$  为所述采样平均值;

其中,  $k = \frac{R_{11}}{R_{12}}$ ;  $U_{phase-N}$  为所述三相交流电电压额定相有效值。

5. 根据权利要求 2 所述的三相交流电的检测方法,其特征在于,所述第二最小参考电

压为:  $U_{2min} = 0.85 \times \frac{9}{\pi} \times \frac{\sqrt{2} \times U_{phase-N}}{3 \times k + 2} \times \sin(\theta_1 + \frac{\pi}{6})$ ;

所述第二最大参考电压为:  $U_{2max} = 1.1 \times \frac{9}{\pi} \times \frac{\sqrt{2} \times U_{phase-N}}{3 \times k + 2} \times \sin(\theta_1 + \frac{\pi}{6})$ ;

$\overline{U_{PL}}$  为所述采样平均值;

其中,  $k = \frac{R_{11}}{R_{12}}$ ;  $\theta_1 = \arctan \frac{3 \times k + 1}{\sqrt{3} \times (k + 1)}$ ;  $U_{phase-N}$  为所述三相交流电电压额定相有效值。

6. 根据权利要求 2、4 或 5 任一项所述的三相交流电的检测方法,其特征在於,所述  $R_{11}$  大于所述  $R_{12}$ 。

7. 根据权利要求 4 或 5 任一项所述的三相交流电的检测方法,其特征在於,所述方法还包括:

根据所述判断结果,计算所述三相交流电的相电压有效值。

8. 根据权利要求 7 所述的三相交流电的检测方法,其特征在於,所述相电压有效值通过以下方法计算:

若判断所述三相交流电的输入状况为:所述三相交流电为缺相状态,则

$$U_{phase} = (2 \times k + 1) \times \frac{\pi}{2\sqrt{6}} \times \overline{U_{PL}};$$

若判断所述三相交流电的输入状况为:所述三相交流电为正常状态,则

$$U_{phase} = \frac{1}{\sin(\theta_1 + \frac{\pi}{6})} \times (3 \times k + 2) \times \frac{\pi}{9 \times \sqrt{2}} \times \overline{U_{PL}};$$

其中,  $k = \frac{R_{11}}{R_{12}}$ ,  $\theta_1 = \arctan \frac{3 \times k + 1}{\sqrt{3} \times (k + 1)}$ ,  $\overline{U_{PL}}$  为所述采样平均值。

9. 根据权利要求 1 所述的三相交流电的检测方法,其特征在於,所述在其采样时间  $t$  内计算得到采样平均值具体包括:

对采样时间  $t$  内的采样电压值进行积分后除以采样时间以得到所述采样平均值,或在采样时间  $t$  内等时间间隔的取  $N$  个点的采样电压值,并将  $N$  个采样电压值相加后除以  $N$  以得到所述采样平均值。

## 三相交流电的检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子技术领域,更具体地说,涉及一种三相交流电的检测方法。

### 背景技术

[0002] 目前的 SVG、变频器等产品,在三相交流电缺相时,如果不进行保护,有可能会使产品或负载设备损坏。因此,对 SVG、变频器等产品实施缺相保护是很有必要的。而实施缺相保护首先要对三相交流电进行缺相检测。

[0003] 参见图 1 为现有技术的三相交流电缺相检测电路。三相交流电的 R、S 和 T 相分别经电阻 R1、R1' 和 R1'' 分压衰减后经由二极管 D1、D2、D3、D4、D5 和 D6 组成的三相整流桥全波整流。全波整流后由电阻 R2 和电容 C1 分压滤波,分压滤波后通过光耦 U1 的开关状态,控制输出到控制芯片 1 的电平。当三相交流电电压正常时,光耦 U1 的原边两端为高电平,副边导通,输出到控制芯片 1 的电平为低电平,此时判断为电网正常;当三相交流电缺一相或两相时,光耦 U1 两端电压为脉冲电压,光耦 U1 在导通与关断间循环进行,输出到控制芯片 1 的电平也为高低电平交替状态,此时判断为电网缺相。

[0004] 图 1 所示现有技术的缺相检测电路使用器件较多,成本较高,检测功能较少。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的缺陷,提供一种三相交流电的检测方法。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:构造一种三相交流电的检测方法,包括以下步骤:

[0007] 对输入的三相交流电进行整流、分压和滤波,得到一输出电压;

[0008] 通过控制芯片对所述输出电压进行采样,并在其采样时间  $t$  内计算得到采样平均值;

[0009] 将采样平均值与预设的最小参考电压和最大参考电压进行比较,并根据比较结果,判断所述三相交流电为缺相状态或正常状态。

[0010] 优选的,所述对输入的三相交流电进行分压具体包括:通过三个阻值均为  $R_{11}$  的第一分压电阻、第二分压电阻和第三分压电阻,以及阻值为  $R_{12}$  的第四分压电阻对所述三相交流电的 R、S 和 T 相进行分压。

[0011] 优选的,所述  $R_{11}$  大于所述  $R_{12}$ 。

[0012] 优选的,所述采样时间  $t = n * T$ , 其中  $n \geq 1$ ,  $n$  为整数,  $T$  为三相交流电压的一个周期。

[0013] 优选的,所述最小参考电压包括第一最小参考电压,所述最大参考电压包括第一

最大参考电压;所述第一最大参考电压为  $U_{1max} = 1.1 \times \frac{2\sqrt{6}}{\pi} \times U_{phase-N} \times \frac{1}{2 \times k + 1}$ ; 所

述第一最小参考电压为  $U_{1\min} = 0.85 \times \frac{2\sqrt{6}}{\pi} \times U_{\text{phase-N}} \times \frac{1}{2 \times k + 1}$ ;

[0014]  $\overline{U_{PL}}$  为所述采样平均值, 若  $U_{1\min} \leq \overline{U_{PL}} \leq U_{1\max}$ , 则判断所述三相交流电的输入状况为: 所述三相交流电为缺相状态; 其中,  $k = \frac{R_{11}}{R_{12}}$ ;  $U_{\text{phase-N}}$  为所述三相交流电电压额定相有效值。

[0015] 优选的, 所述最小参考电压包括第二最小参考电压, 所述最大参考电压包括第二最大参考电压; 所述第二最小参考电压为:  $U_{2\min} = 0.85 \times \frac{9}{\pi} \times \frac{\sqrt{2} \times U_{\text{phase-N}}}{3 \times k + 2} \times \sin(\theta_1 + \frac{\pi}{6})$ ;

[0016] 所述第二最大参考电压为:  $U_{2\max} = 1.1 \times \frac{9}{\pi} \times \frac{\sqrt{2} \times U_{\text{phase-N}}}{3 \times k + 2} \times \sin(\theta_1 + \frac{\pi}{6})$ ;

[0017]  $\overline{U_{PL}}$  为所述采样平均值, 若  $U_{2\min} \leq \overline{U_{PL}} \leq U_{2\max}$ , 则判断所述三相交流电的输入状况为: 所述三相交流电为正常状态;

[0018] 其中,  $k = \frac{R_{11}}{R_{12}}$ ;  $\theta_1 = \arctan \frac{3 \times k + 1}{\sqrt{3} \times (k + 1)}$ ;  $U_{\text{phase-N}}$  为所述三相交流电电压额定相有效值。

[0019] 优选的, 所述方法还包括:

[0020] 根据所述判断结果, 计算所述三相交流电的相电压有效值。

[0021] 优选的, 所述相电压有效值通过以下方法计算:

[0022] 若判断所述三相交流电的输入状况为: 所述三相交流电为缺相状态, 则

$$U_{\text{phase}} = (2 \times k + 1) \times \frac{\pi}{2\sqrt{6}} \times \overline{U_{PL}};$$

[0023] 若判断所述三相交流电的输入状况为: 所述三相交流电为正常状态, 则

$$U_{\text{phase}} = \frac{1}{\sin(\theta_1 + \frac{\pi}{6})} \times (3 \times k + 2) \times \frac{\pi}{9 \times \sqrt{2}} \times \overline{U_{PL}};$$

[0024] 其中,  $k = \frac{R_{11}}{R_{12}}$ ,  $\theta_1 = \arctan \frac{3 \times k + 1}{\sqrt{3} \times (k + 1)}$ ,  $\overline{U_{PL}}$  为所述采样平均值。

[0025] 优选的, 所述在其采样时间  $t$  内计算得到采样平均值具体包括:

[0026] 对采样时间  $t$  内的采样电压值进行积分后除以采样时间以得到所述采样平均值, 或在采样时间  $t$  内等时间间隔的取  $N$  个点的采样电压值, 并将  $N$  个采样电压值相加后除以  $N$  以得到所述采样平均值。

[0027] 实施本发明的三相交流电的检测方法, 具有以下有益效果: 缺相检测的电路简单、成本低、应用范围广; 可实现对缺相和正常的三相交流电的相电压有效值分别进行检测; 且缺相判断和电压检测准确、占用资源少、发热损耗小。

## 附图说明

[0028] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0029] 图 1 是现有技术的三相交流电缺相检测电路;

[0030] 图 2 是本发明实施例的三相交流电的检测电路的结构图;

[0031] 图 3 是本发明第一优选实施例的三相交流电的检测电路的电路图;

[0032] 图 4 是本发明第二优选实施例的三相交流电的检测电路的电路图;

[0033] 图 5 是本发明实施例的三相交流电的检测方法的流程图。

## 具体实施方式

[0034] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图详细说明本发明的具体实施方式。

[0035] 参见图 2 为本发明实施例的三相交流电的检测电路的结构图。本发明实施例的三相交流电的检测电路包括整流及分压电路 101、滤波电路 102、滤波调整电路 103 和控制芯片 104。

[0036] 其中,整流及分压电路 101 用于对输入的三相交流电进行整流和分压。具体的,整流及分压电路 101 包括三个阻值均为 R11 的第一分压电阻、第二分压电阻和第三分压电阻、阻值为 R12 的第四分压电阻以及三相整流桥,以将三相交流电的 R、S 和 T 相进行整流和分压。滤波电路 102 用于对直流电信号进行分压滤波;滤波调整电路 103 用于对滤波电路 102 分压滤波后的直流电信号进行进一步滤波后将模拟量电压信号传输给控制芯片 104;控制芯片 104 用于对模拟量电压信号进行采样,并根据采样信号计算模拟量电压信号在采样时间 t 内的采样平均值  $\overline{U_{PL}}$ ,以及将  $\overline{U_{PL}}$  与预设的第一最小参考电压  $U_{1min}$ 、第一最大参考电压  $U_{1max}$ 、第二最小参考电压  $U_{2min}$  和第二最大参考电压  $U_{2max}$  进行比较,若比较结果为  $U_{1min} \leq \overline{U_{PL}} \leq U_{1max}$  则判断三相交流电为缺相状态,若比较结果为  $U_{2min} \leq \overline{U_{PL}} \leq U_{2max}$  则判断三相交流电为正常状态。

[0037] 参见图 3 为本发明第一优选实施例的三相交流电缺相检测电路的电路图。在第一优选实施例中,整流及分压电路 101 包括第一分压电阻 R11、第二分压电阻 R11'、第三分压电阻 R11''、三相整流桥 Q1 和第四分压电阻 R12;滤波电路 102 包括第一电容 C11;滤波调整电路 103 包括第二电阻 R13 和第二电容 C12。其中,整流及分压电路 101 中的第一分压电阻 R11 可为一个或多个,即也可由两个或两个以上串联的分压电阻对 R 相进行分压。同样的,第二分压电阻 R11' 和第三分压电阻 R11'' 也可为一个或多个。

[0038] 其中,第一分压电阻 R11 的一端连接三相交流电的 R 相、另一端连接三相整流桥 Q1 的第一输入端;第二分压电阻 R11' 的一端连接三相交流电的 S 相、另一端连接三相整流桥 Q1 的第二输入端;第三分压电阻 R11'' 的一端连接三相交流电的 T 相、另一端连接三相整流桥 Q1 的第三输入端;第四分压电阻 R12 的一端连接三相整流桥 Q1 的正极输出端及第一电容 C11 的正极、另一端连接三相整流桥 Q1 的负极输出端及第一电容 C11 的负极;第一电容 C11 的正极连接三相整流桥 Q1 的正极输出端、负极连接三相整流桥 Q1 的负极输出端;第二电阻 R13 的一端连接第一电容 C11 的正极、另一端连接第二电容 C12 的正极;第二电容

C12 的正极连接控制芯片 104、负极连接第一电容 C11 的负极及控制芯片 104。

[0039] 参见图 4 为本发明第二优选实施例的三相交流电缺相检测电路的电路图。在第二优选实施例中,整流及分压电路 101 包括第一分压电阻 R11、第二分压电阻 R11'、第三分压电阻 R11''、三相整流桥 Q1 和第四分压电阻 R12;滤波电路 102 包括第一电容 C11;滤波调整电路 103 包括第三电阻 R14、第三电容 C13、电压跟随器 P1 和第四电阻 R15;

[0040] 其中,第一分压电阻 R11 的一端连接三相交流电的 R 相、另一端连接三相整流桥 Q1 的第一输入端;第二分压电阻 R11' 的一端连接三相交流电的 S 相、另一端连接三相整流桥 Q1 的第二输入端;第三分压电阻 R11'' 的一端连接三相交流电的 T 相、另一端连接三相整流桥 Q1 的第三输入端;第四分压电阻 R12 的一端连接三相整流桥 Q1 的正极输出端及第一电容 C11 的正极、另一端连接三相整流桥 Q1 的负极输出端及第一电容 C11 的负极;第一电容 C11 的正极连接三相整流桥 Q1 的正极输出端、负极连接三相整流桥 Q1 的负极输出端;第三电阻 R14 的一端连接第一电容 C11 的正极、另一端连接第三电容 C13 的正极;第三电容 C13 的负极连接第一电容 C11 的负极及控制芯片 104;电压跟随器 P1 的同相输入端连接第三电阻 R14 及第三电容 C13 的正极、反相输入端连接电压跟随器 P1 的输出端;第四电阻 R15 的一端连接电压跟随器 P1 的输出端、另一端连接控制芯片 104。

[0041] 在本发明的第一优选实施例和第二优选实施例中,三相整流桥 Q1 均由第一二极管 D11、第二二极管 D12、第三二极管 D13、第四二极管 D14、第五二极管 D15 和第六二极管 D16 构成。本发明实施例中的三相整流桥 Q1 既可以是分立二极管构成的整流桥,也可以是集成的整流桥。

[0042] 在本发明的第一优选实施例和第二优选实施例中,模拟量电压信号的电压  $U_{PL}$  (即输入的三相交流电经整流、分压和滤波后得到的输出电压)均等于第四分压电阻 R12 两端的电压,第四分压电阻 R12 的阻值为  $R_{12}$ 。

[0043] 在本发明的实施例中第一分压电阻 R11、第二分压电阻 R11' 和第三分压电阻 R11'' 的阻值相等,均为  $R_{11}$ 。为了使电路的发热损耗小,  $R_{11}$  取值较大,而  $R_{12}$  的取值较小。例如,  $R_{11}=1996K$ ,而  $R_{12}=17.5K$ 。在本发明的实施例中,  $R_{11}$  应至少为  $R_{12}$  的二十倍。

[0044] 在本发明的实施例三相交流电缺相检测电路中:

$$[0045] \quad U_{lmax} = 1.1 \times \frac{2\sqrt{6}}{\pi} \times U_{phase-N} \times \frac{1}{2 \times k + 1};$$

$$[0046] \quad U_{lmin} = 0.85 \times \frac{2\sqrt{6}}{\pi} \times U_{phase-N} \times \frac{1}{2 \times k + 1};$$

[0047] 上式中,  $k = \frac{R_{11}}{R_{12}}$ ,  $R_{11}$  为第一分压电阻 R11、第二分压电阻 R11' 或第三分压电阻 R11'' 的阻值,  $R_{12}$  为第四分压电阻 R12 的阻值;  $U_{phase-N}$  为三相交流电电压额定相有效值,例如,若三相交流电电压为 380V,则  $U_{phase-N} = \frac{380}{\sqrt{3}} V$ ;若三相交流电电压为 690V,则

$$U_{phase-N} = \frac{690}{\sqrt{3}} V。$$

[0048] 参见图 5 为本发明实施例的三相交流电的检测方法的流程图。本发明实施例的三

相交流电的检测方法包括以下步骤：

[0049] S1、对输入的三相交流电进行整流、分压和滤波，得到一输出电压。

[0050] 该步骤中，是通过整流及分压电路 101 对输入的三相交流电进行分压，其中分别对 R、S 和 T 相进行分压的分压电阻的阻值均为  $R_{11}$ 。通过三相整流桥 Q1 将分压后的交流电进行整流后转换为直流电后利用阻值为  $R_{12}$  的电阻进行进一步分压。然后，通过滤波电路 102 和滤波调整电路 103 对分压后的直流电信号进行两次滤波，以消除纹波等干扰。

[0051] S2、通过控制芯片对所述输出电压进行采样，并在其采样时间  $t$  内计算得到采样平均值。

[0052] 在步骤 S2 中，控制芯片为 DSP、FPGA、ARM 或 MCU 等芯片，可实现信号的采样及处理计算。其中，在其采样时间  $t$  内计算得到采样平均值具体为：

[0053] 对采样时间  $t$  内的采样电压值进行积分后除以采样时间以得到所述采样平均值，或在采样时间  $t$  内等时间间隔的取  $N$  个点的采样电压值，并将  $N$  个采样电压值相加后除以  $N$  以得到所述采样平均值。

[0054] 通过后一种采样平均值的计算方法可节约系统资源。

[0055] 在本发明实施例中，采样时间  $t$  可设定为一个或多个交流电压的周期（例如，20ms），即  $t = n \cdot T$ ，其中  $n \geq 1$ ， $n$  为整数， $T$  为交流电压的一个周期。此外，采样时间也可设定为其他合理的值。

[0056] S3、将采样平均值与预设的最小参考电压和最大参考电压进行比较，并根据比较结果，判断所述三相交流电为缺相状态或正常状态。

[0057] 在步骤 S3 中，将计算得到的采样平均值  $\overline{U_{PL}}$  与第一最小参考电压  $U_{1min}$  和第一最大参考电压  $U_{1max}$  进行比较，若比较结果为  $U_{1min} \leq \overline{U_{PL}} \leq U_{1max}$ ，则判断三相交流电为缺相状态。其中：

$$[0058] \quad U_{1max} = 1.1 \times \frac{2\sqrt{6}}{\pi} \times U_{phase-N} \times \frac{1}{2 \times k + 1};$$

$$[0059] \quad U_{1min} = 0.85 \times \frac{2\sqrt{6}}{\pi} \times U_{phase-N} \times \frac{1}{2 \times k + 1};$$

[0060] 上式中， $k = \frac{R_{11}}{R_{12}}$ ， $R_{11}$  为第一分压电阻  $R_{11}$ 、第二分压电阻  $R_{11}'$  或第三分压电阻  $R_{11}''$  的阻值， $R_{12}$  为第四分压电阻  $R_{12}$ （即滤波电路 102 中的第四分压电阻  $R_{12}$ ）的阻值； $U_{phase-N}$  为三相交流电电压额定相有效值，例如，若三相交流电电压为 380V，则

$$U_{phase-N} = \frac{380}{\sqrt{3}} \text{ V}; \text{ 若三相交流电电压为 690V, 则 } U_{phase-N} = \frac{690}{\sqrt{3}} \text{ V}。$$

[0061] 此外，在步骤 S3 中，还将计算得到的采样平均值  $\overline{U_{PL}}$  与第二最小参考电压  $U_{2min}$  和第二最大参考电压  $U_{2max}$  进行比较，若比较结果为： $U_{2min} \leq \overline{U_{PL}} \leq U_{2max}$ ，则判断三相交流电为正常状态，其中：



$$[0062] \quad U_{2\max} = 1.1 \times \frac{9}{\pi} \times \frac{\sqrt{2} \times U_{\text{phase-N}}}{3 \times k + 2} \times \sin\left(\theta_1 + \frac{\pi}{6}\right);$$

$$[0063] \quad U_{2\min} = 0.85 \times \frac{9}{\pi} \times \frac{\sqrt{2} \times U_{\text{phase-N}}}{3 \times k + 2} \times \sin\left(\theta_1 + \frac{\pi}{6}\right);$$

$$[0064] \quad \text{其中, } \theta_1 = \arctan \frac{3 \times k + 1}{\sqrt{3} \times (k + 1)}.$$

[0065] 在本发明的实施例中,应满足  $U_{1\max} < U_{2\min}$ 。可通过控制  $R_{11}$  和  $R_{12}$  的取值来满足这一条件。

[0066] 在本发明实施例的三相交流电缺相检测中,当三相交流电处于正常范围即电压波动在  $(-15\%, 10\%)$  范围内、频率波动在  $(-5\%, 5\%)$  范围内且三相不平衡度在 10% 以内时,采样平均值  $\overline{U_{PL}}$  满足  $U_{2\min} \leq \overline{U_{PL}} \leq U_{2\max}$ , 否则满足  $U_{1\min} \leq \overline{U_{PL}} \leq U_{1\max}$ , 即采样平均值  $\overline{U_{PL}}$  一定会处于这两个范围中的一个,因此,能够实现准确的缺相判断。

[0067] 本发明实施例的三相交流电的检测方法还包括:根据采样平均值  $\overline{U_{PL}}$  计算三相交流电的相电压有效值,其中,若三相交流电为正常状态,则根据

$$U_{\text{phase}} = \frac{1}{\sin\left(\theta_1 + \frac{\pi}{6}\right)} \times (3 \times k + 2) \times \frac{\pi}{9 \times \sqrt{2}} \times \overline{U_{PL}}$$

计算三相交流电的相电压有效值;若三

相交流电为缺相状态,则根据  $U_{\text{phase}} = (2 \times k + 1) \times \frac{\pi}{2\sqrt{6}} \times \overline{U_{PL}}$  计算三相交流电的相电压有效值;其中,  $U_{\text{phase}}$  即为三相交流电的相电压有效值。

[0068] 本发明实施例的三相交流电的检测方法不仅能实现缺相检测,还能根据缺相检测的结果分别对缺相状态和正常状态的三相交流电的相电压有效值的有效值进行计算检测,结果更加准确;不需要利用其它的器件(例如,互感器、霍尔传感器等检测器件),电路简单、成本低;且只需根据采样平均值即可进行计算检测,占用控制芯片端口资源少。

[0069] 本发明实施例的三相交流电的检测方法根据获得的采样平均值  $\overline{U_{PL}}$  的范围即可判断出三相交流电是否缺相,不需要采用光耦等器件,缺相检测的电路简单、成本低、应用范围广;可实现对缺相和正常的三相交流电的相电压有效值分别进行检测;且缺相判断和电压检测准确、占用资源少、发热损耗小。

[0070] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可做出很多形式,这些均属于本发明的保护之内。

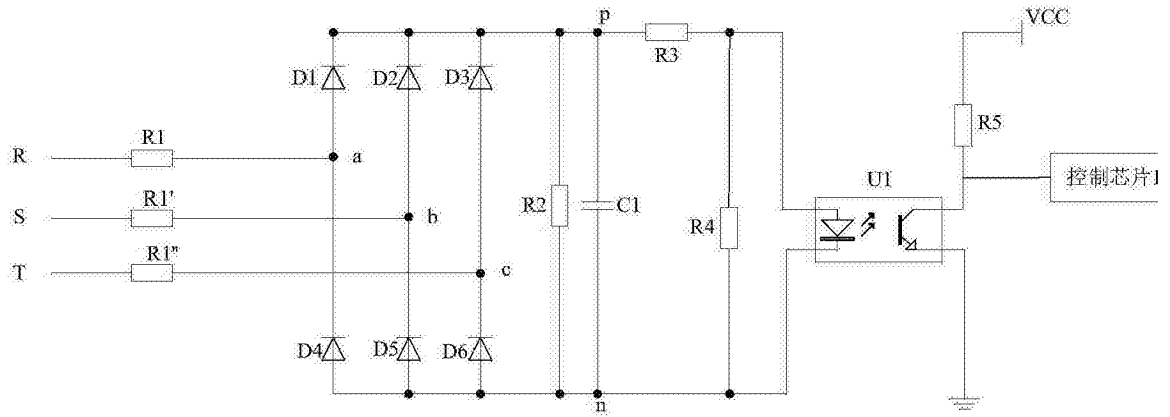


图 1

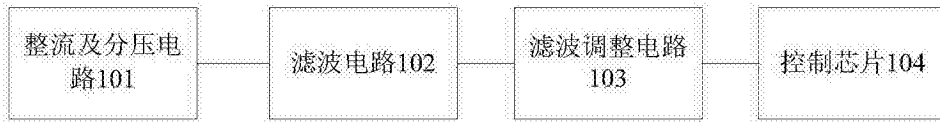


图 2

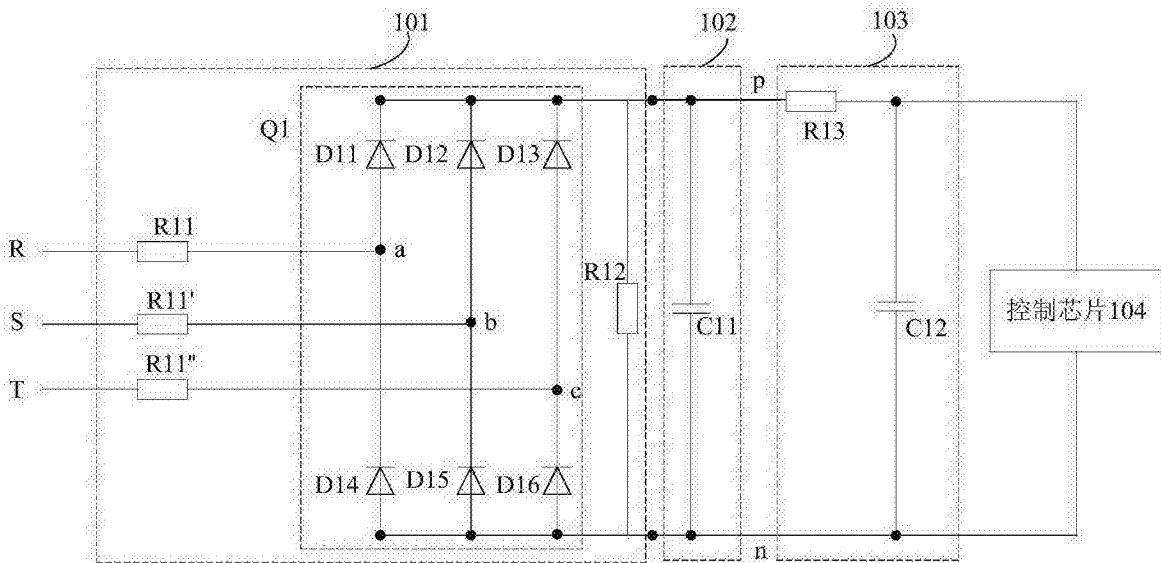


图 3

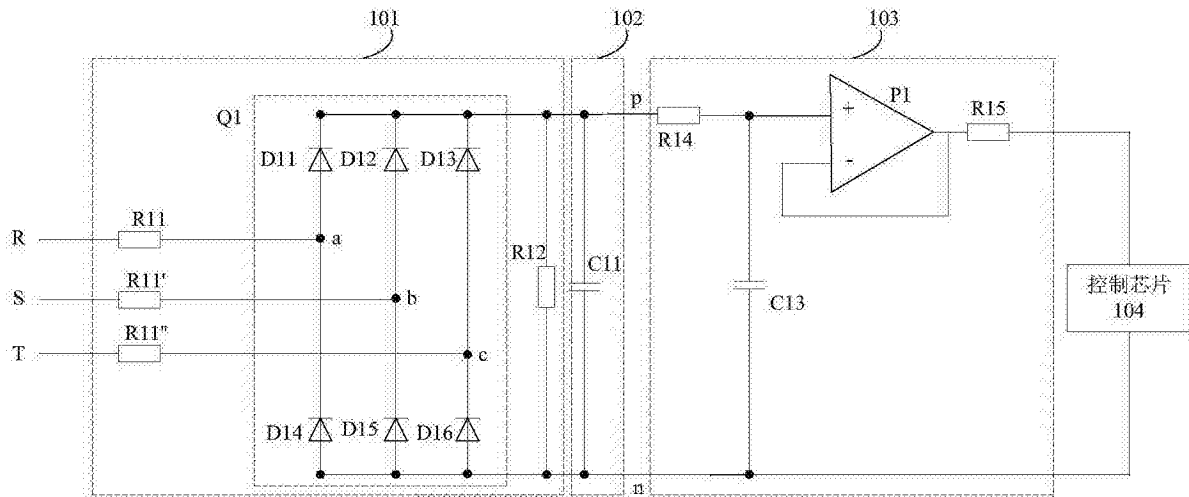


图 4

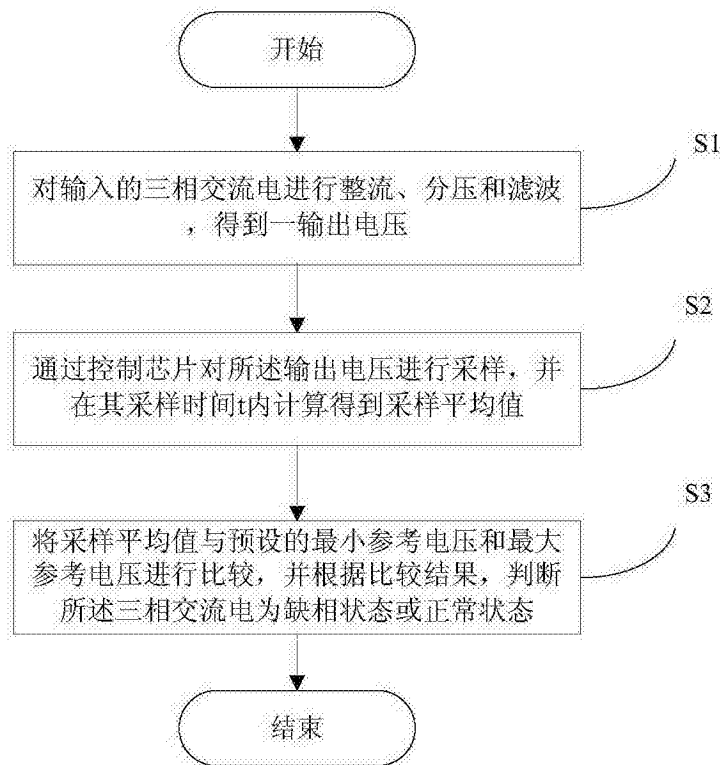


图 5