



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107086583 B

(45)授权公告日 2020.08.04

(21)申请号 201710407717.1

(56)对比文件

(22)申请日 2017.06.02

CN 104569683 A, 2015.04.29

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 王丽娜

申请公布号 CN 107086583 A

(43)申请公布日 2017.08.22

(73)专利权人 北京英瑞来科技有限公司

地址 100089 北京市海淀区北三环西路甲30号4层428室

(72)发明人 袁敞 袁洋波 李旷

(74)专利代理机构 鞍山嘉讯科技专利事务所

(普通合伙) 21224

代理人 张群

(51)Int.Cl.

H02J 3/18(2006.01)

G01R 31/12(2006.01)

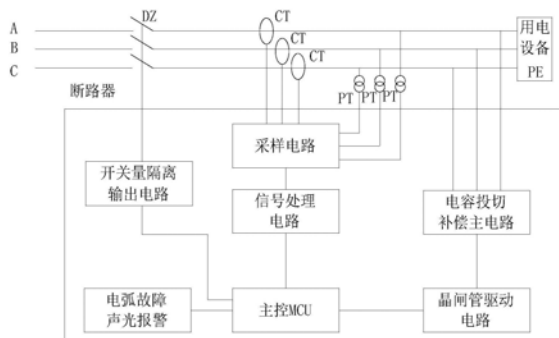
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置及方法

(57)摘要

本发明提供一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置及方法,所述装置包括电压传感器、电流传感器、采样电路、信号处理电路、主控MCU、电弧故障报警电路、开关量隔离输出电路、晶闸管驱动电路和电容投切补偿主电路。将故障电弧的电流检测与无功补偿的电流检测部分进行共享,采用同一检测信号,使用共同的主控制单元同时进行故障电弧分析和功率因数计算,使装置能够在故障电弧特征电流被滤掉前被采样出来,保证故障电弧的准确检测。其中的故障电弧检测方法利用电流差异参数的判定结果作为前提,采用谐波含有率变化率对故障电弧进行判断,可以有效排除非线性负载的干扰,同时采用四种判断手段进行判断,准确检测出故障电弧。



CN 107086583 B

1. 一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置的控制方法,所述的无功补偿装置包括电压传感器、电流传感器、采样电路、信号处理电路、主控MCU单元、故障电弧预警模块、开关量隔离输出电路、晶闸管驱动电路和电容投切补偿主电路;

其特征在于,所述的控制方法为:主控MCU单元通过信号处理电路和采样电路连接电压传感器和电流传感器,主控MCU单元将同一电压和电流采样信号分别经过故障电弧分析和功率因数计算后,分别进行故障电弧报警输出和电容投切输出;使装置能够在故障电弧特征电流被补偿掉前被采样出来,保证故障电弧的准确检测;

包括以下步骤:

步骤一、系统初始化,装置上电;

步骤二、采集系统三相电压和三相电流,并将信号送至信号调制处理电路;

步骤三、信号调制处理电路分别对电压和电流信号进行调制处理,并将调制过后的信号送至主控MCU单元;

步骤四、主控MCU单元由采样电流、电压参数计算出系统的功率因数;同时,对电流信号处理,提取电弧电流特征值;

步骤五、主控MCU单元根据计算结果进行判断,根据用户设定的功率因数范围进行电容投切控制,若功率因数大于设定范围则切除电容器,若功率因数位于功率因数设置范围内则不动作,若功率因数小于设定范围则准备进行电容器投入;

在电容器准备投入时,需要在交流电源的电压波形周期内,进行系统电压与电容器残压的判断,寻找二者相等的交流电源电压周期时刻投入电容器;

同时,主控MCU单元经过逻辑计算,对提取的电弧电流特征值进行分析判断,如符合故障电弧信号,则向故障电弧预警模块发出指令,并通过输出信号切断电源断路器,切断故障电弧;如不符合则不发出指令,并返回步骤二;

步骤六、驱动电路由步骤五接收到主控MCU单元的投切指令,向晶闸管发出投切指令,同时向主控MCU单元反馈电容器的投入状态;

所述的控制方法还包括故障电弧检测方法:采用四种条件共同判断,并且其中一种判定条件利用电流差异参数的判定结果作为前提,采用谐波含有率变化率对故障电弧进行判断,能够在复杂情况下有效检测出故障电弧,包括如下步骤:

步骤1:持续对电流进行采样,根据实际硬件情况,每周期采64或128个点;

步骤2:电流的采样值为128点每周期或64点每周期;将电流采样值记为 $I_0$ 、 $I_1$ 、 $\dots$ 、 $I_{M-1}$ , $M$ 为64或128, $M$ 为每周期采样点数,正常周期电流记为 $I_{n0}$ 、 $I_{n1}$ 、 $\dots$ 、 $I_{n(M-1)}$ ,采样值和正常值均为标么值;计算当前的采样周期电流与正常周期电流的差异参数:

$$I_{per} = \sum_{i=0}^{M-1} |I_{ni} - I_i|$$

将 $I_{per}$ 与阈值 $S_1$ 比较,若 $I_{per} \leq S_1$ ,则将采样电流值赋给正常周期电流值,更新正常周期电流值;若 $I_{per} > S_1$ ,则进行进一步的分析计算来判断是否由故障电弧发生;

步骤3:计算电流的平均值:

$$I_{ave} = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} I_k$$

用电流的平均值来判断电流的正负半周是否对称;若 $I_{ave}$ 大于给定阈值 $S_2$ ,则认为波形

对称性不满足要求,为波形对称指示参数m1赋值1,否则为m1赋值0;

步骤4:计算采样电流相邻两个采样值的差值:

$$\Delta I_k = I_{k+1} - I_k \quad (k=0, 1, 2, \dots, M-2) \quad (3)$$

用该差值的最大值 $K_v = \max[\Delta I_0, \Delta I_1, \dots, \Delta I_{M-2}]$ 来表示电流的最大变化率;若 $K_v$ 大于阈值S3,则认为电流变化率过大,为电流变化率参数m2赋值1,否则m2赋值为零;

步骤5:计算电流的波型参数:

$$K_p = \sum_{k=0}^{M-1} d_k \quad (4)$$

$$\begin{cases} d_k = 1, |I_k| < \alpha \\ d_k = 0, \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

其中, $\alpha$ 根据实际电流进行设置,用电流的波型参数可以表示出电流是否含有平肩部;若 $K_p$ 大于阈值S4,则认为电流含有平肩部,为平肩部指示参数m3赋值1,否则m3赋值为零;

步骤6:用FFT检测采样电流谐波,计算采样电流奇次谐波含有率变化率,计算第3、5、7、9次谐波含有率变化率 $\Delta P_n$ ,若 $\Delta P_n$ 大于阈值 $\Delta P_{th}$ ,则认为采样电流谐波含量不正常,为谐波指示参数m4赋值为1,否则赋值为0;

步骤601.计算出采样周期奇次谐波含有率变化率 $\Delta P_n$ 和设定阈值 $\Delta P_{th}$ 比较;谐波含有

率定义为 $HRI_h = \frac{I_h}{I_1} \times 100\%$ ,其中 $I_1$ 为基波电流, $I_h$ 为第h次谐波电流的均方根值,

$$I_h = \sqrt{\frac{x_{h1}^2 + x_{h2}^2 + \dots + x_{hM}^2}{M}}, x_{h1}, x_{h2}, \dots, x_{hM} \text{为第h次谐波电流采样值, } M \text{为每周期采样点数,取3、}$$

5、7、9次谐波,计算奇次谐波含有率为 $P = \frac{I_3 + I_5 + I_7 + I_9}{I_1} \times 100\%$ ;

步骤602.以步骤2判断出的第1个正常工频采样周期电流奇次谐波含有率P为基础值,计算相邻两个工频采样周期电流奇次谐波含有率变化率 $\Delta P_n$ , $\Delta P_1 = P_1 - P$ , $\Delta P_n = P_n - P_{n-1}$ , $n > 1$ ,两次采样周期之间电流奇次谐波含有率之差为采样周期奇次谐波含有率变化率 $\Delta P_n$ ;

步骤7:计算上述步骤3~步骤6中四个指示参数的和,即 $m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$ ;若 $m \geq 2$ ,故障电弧周波数指示参数 $sum = sum + 1$ ,若 $sum \geq 6$ ,则触发报警信号;若 $sum < 6$ ,则返回步骤2继续判别;若 $m < 2$ ,则认为没有故障电弧发生,为 $sum$ 赋值0,并将正常周期电流更新为此时的采样电流。

## 一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电能质量检测管理技术领域,特别涉及一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置及方法。

### 背景技术

[0002] 随着工业化的发展,电能质量问题越来越受人们关注。近20年来,使用晶闸管控制电抗器与固定电容器(FC)或机械投切电容器(MSC)混合使用的无功补偿装置是常用低成本的一种无功补偿装置。

[0003] 电弧是一种气体放电现象,是电流通过某些绝缘介质所产生的瞬间火花。随着我国经济水平的提高,生活用电量增加迅速,配电系统也越来越复杂。由于配电线路空间有限,配电箱中许多导线捆绑一起,当用电处于过负荷状态时会使得电缆绝缘受到损害,进而产生故障电弧引发电气火灾。另外,当线路与线路之间接触不良或环境因数的影响,出现用电通断情况时,连接点处会产生故障电弧进而引发火灾。由于故障电弧的电压有效值与非故障时电压有效值接近,当发生故障电弧时,保护装置将很难发现。

[0004] 然而,由于无功补偿装置的安装,电流中的高频谐波分量有可能被滤除导致原有故障电弧检测设备无法正常检测到故障电弧,影响故障电弧检测设备的正常工作。

[0005] 同时,电容、电感、晶闸管等非线性负载的使用,会引起电路中的电流谐波,也会使常规的故障电弧检测方法出现漏判、误判。而如果利用谐波含有率的变化率可以排除非线性负载的干扰,用这种方法,重点比较其变化率,若是电路中接入非线性负载,引发谐波含有率增加超限,但其变化率不会超限。只有发生故障电弧时,谐波含有率会剧烈变化,相邻两周期间谐波含有率的变化率会超限,从而判定为故障电弧。目前,还没有这种利用谐波含有率的变化率对故障电弧进行判定的方法。

### 发明内容

[0006] 为了解决背景技术中所述问题,本发明提供一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置及方法,所述装置将故障电弧的电流检测与无功补偿的电流检测部分进行共享,采用同一检测信号,使用共同的主控制单元同时进行故障电弧分析和功率因数计算,使装置能够在故障电弧特征电流被补偿掉前被采样出来,保证故障电弧的准确检测。其中的故障电弧检测方法利用电流差异参数的判定结果作为前提,采用谐波含有率变化率对故障电弧进行判断,可以有效排除非线性负载的干扰,同时采用四种判断手段进行判断,准确检测出故障电弧。

[0007] 为了达到上述目的,本发明采用以下技术方案实现:

[0008] 一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置,包括电压传感器、电流传感器、采样电路、信号处理电路、主控MCU、电弧故障报警电路、开关量隔离输出电路、晶闸管驱动电路和电容投切补偿主电路。

[0009] 所述的主控MCU通过信号处理电路和采样电路连接电压传感器和电流传感器,主

控MCU将同一电压和电流采样信号分别经过故障电弧分析和功率因数计算后,分别进行故障电弧报警输出和电容投切输出;使装置能够在故障电弧特征电流被补偿掉前被采样出来,保证故障电弧的准确检测。

[0010] 所述的主控MCU在输出故障电弧报警的同时还通过开关量隔离输出电路控制电源断路器的断开,故障时切断电源。

[0011] 所述的电容投切补偿主回路包括连接于三相电源上的多组由晶闸管开关控制的电容器,所述的主控MCU通过晶闸管驱动电路控制晶闸管开关的导通或关断,从而通过晶闸管开关控制主回路中电容器的投切。

[0012] 一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置的控制方法,包括以下步骤:

[0013] 步骤一、系统初始化,装置上电;

[0014] 步骤二、采集系统三相电压和三相电流,并将信号送至信号调制处理电路;

[0015] 步骤三、信号调制处理电路分别对电压和电流信号进行调制处理,并将调制过后的信号送至主控MCU单元;

[0016] 步骤四、主控MCU单元由采样电流、电压参数计算出系统的功率因数;同时,对电流信号处理,提取电弧电流特征值;

[0017] 步骤五、主控MCU单元根据计算结果进行判断,根据用户设定的功率因数范围进行电容投切控制,若功率因数大于设定范围则切除电容器,若功率因数位于功率因数设置范围内则不动作,若功率因数小于设定范围则准备进行电容器投入;

[0018] 在电容器准备投入时,需要在交流电源的电压波形周期内,进行系统电压与电容器残压的判断,寻找二者相等的交流电源电压周期时刻投入电容器;

[0019] 同时,主控MCU单元根据经过逻辑计算,对提取电弧电流特征值进行分析判断,如符合故障电弧信号,则向故障电弧预警模块发出指令,并通过输出信号切断电源断路器,切断故障电弧;如不符合则不发出指令,并返回步骤二;

[0020] 步骤六、驱动电路由步骤五接收到主控MCU单元的投切指令,向晶闸管发出投切指令,同时向主控MCU单元反馈电容器的投入状态。

[0021] 一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置中的故障电弧检测方法,采用四种条件共同判断,并且其中一种判定条件利用电流差异参数的判定结果作为前提,采用谐波含有率变化率对故障电弧进行判断,能够在复杂情况下有效检测出故障电弧,包括如下步骤:

[0022] 步骤1:持续对电流进行采样(根据实际硬件情况,每周期采64或128个点);

[0023] 步骤2:电流的采样值为128点每周期或64点每周期。以64点为例,将电流采样值记为 $I_0, I_1, \dots, I_{63}$ ,正常周期电流记为 $I_{n0}, I_{n1}, \dots, I_{n63}$ (采样值和正常值均为标么值)。计算当前的采样周期电流与正常周期电流的差异参数:

$$[0024] \quad I_{per} = \sum_{i=0}^{63} |I_{ni} - I_i|$$

[0025] 将 $I_{per}$ 与阈值 $S_1$ 比较,若 $I_{per} \leq S_1$ ,则将采样电流值幅给正常周期电流值,更新正常周期电流值;若 $I_{per} > S_1$ ,则进行进一步的分析计算来判断是否由故障电弧发生;

[0026] 步骤3:计算电流的平均值:

$$[0027] \quad I_{ave} = \frac{1}{64} \sum_{k=0}^{63} I_k$$

[0028] 用电流的平均值来判断电流的正负半周是否对称。若 $I_{ave}$ 大于给定阈值 $S_2$ ,则认为

波形对称性不满足要求,为波形对称指示参数m1赋值1,否则为m1赋值0;

[0029] 步骤4:计算采样电流相邻两个采样值的差值:

$$[0030] \quad \Delta I_k = I_{k+1} - I_k \quad (k=0, 1, 2, \dots, 62) \quad (3)$$

[0031] 用该差值的最大值 $K_v = \max[\Delta I_0, \Delta I_1, \dots, \Delta I_{62}]$ 来表示电流的最大变化率。若 $K_v$ 大于阈值S3,则认为电流变化率过大,为电流变化率参数m2赋值1,否则m2赋值为零;

[0032] 步骤5:计算电流的波型参数:

$$[0033] \quad K_p = \sum_{k=0}^{63} d_k \quad (4)$$

$$[0034] \quad \begin{cases} d_k = 1, |I_k| < \alpha \\ d_k = 0, \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

[0035] 其中, $\alpha$ 根据实际电流进行设置,一般取正常电流峰值。用电流的波型参数可以表示出电流是否含有平肩部。若 $K_p$ 大于阈值S4,则认为电流含有平肩部,为平肩部指示参数m3赋值1,否则m3赋值为零;

[0036] 步骤6:用FFT检测采样电流谐波,计算采样电流高次谐波(此处计算第3、5、7、9次谐波)含有率变化率 $\Delta P_n$ ,若 $\Delta P_n$ 大于阈值S4,则认为采样电流谐波含量不正常,为谐波指示参数m4赋值为1,否则赋值为0;

[0037] 步骤7:计算上述步骤3~步骤6中四个指示参数的和,即 $m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$ ;若 $m \geq 2$ ,故障电弧周波数指示参数 $sum = sum + 1$ ,若 $sum \geq 6$ ,则触发报警信号;若 $sum < 6$ ,则返回步骤2继续判别;若 $m < 2$ ,则认为没有故障电弧发生,为 $sum$ 赋值0,并将正常电流更新为此时的采样电流。

[0038] 步骤6的具体步骤如下:

[0039] 步骤601.计算出采样周期奇次谐波含有率变化率 $\Delta P_n$ 和设定阈值 $\Delta P_{th}$ 比较;谐波

含有率定义为 $HRI_h = \frac{I_h}{I_1} \times 100\%$ ,其中 $I_1$ 为基波电流, $I_h$ 为第h次谐波电流的均方根值,

$$I_h = \sqrt{\frac{x_{h1}^2 + x_{h2}^2 + \dots + x_{hM}^2}{M}}, x_{h1} \text{为第h次谐波电流采样值,} M \text{为采样点数,本例中取3、5、7、9次谐}$$

波,计算奇次谐波含有率为 $P = \frac{I_3 + I_5 + I_7 + I_9}{I_1} \times 100\%$ ;

[0040] 步骤602.以步骤2判断出的第1个正常工频采样周期电流奇次谐波含有率P为基础值,计算相邻两个工频采样周期电流奇次谐波含有率变化率 $\Delta P_n$ , $\Delta P_n = P_n - P$ ,两次采样周期之间电流奇次谐波含有率之差为采样周期奇次谐波含有率变化率 $\Delta P_n$ 。

[0041] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0042] 1、本发明的一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置,将故障电弧的电流检测与无功补偿的电流检测部分进行共享,采用同一检测信号,使装置能够在故障电弧特征电流被滤掉前被采样出来,保证故障电弧的准确检测。

[0043] 2、本发明的一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置及其控制方法,利用同一主控MCU对同一电流数据进行处理,分别计算故障电弧特征值和功率因数,分别对故障电弧报警电路和无功补偿的晶闸管驱动电路进行控制,完美的实现了用单个设备实现两种功能

的同时兼顾使用,有效解决由于无功补偿装置的使用而造成故障电弧被漏判、误判的问题。

[0044] 3、本发明的一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置的故障电弧检测方法,利用电流差异参数的判定结果作为前提,采用谐波含有率变化率对故障电弧进行判断,可以有效排除非线性负载的干扰,同时采用四种判断手段进行判断,准确检测出故障电弧。

### 附图说明

[0045] 图1为本发明的一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置的结构示意图;

[0046] 图2为本发明的一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置的主控MCU控制结构示意图;

[0047] 图3为本发明的一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置的电容投切主回路结构图;

[0048] 图4为本发明的一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置中的故障电弧检测方法流程图。

### 具体实施方式

[0049] 以下结合附图对本发明提供的具体实施方式进行详细说明。

[0050] 如图1所示,一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置,包括电压传感器、电流传感器、采样电路、信号处理电路、主控MCU、电弧故障报警电路、开关量隔离输出电路、晶闸管驱动电路和电容投切补偿主电路。

[0051] 如图2所示,所述的主控MCU通过信号处理电路和采样电路连接电压传感器和电流传感器,主控MCU将同一电压和电流采样信号分别经过故障电弧分析和功率因数计算后,分别进行故障电弧报警输出和电容投切输出;使装置能够在故障电弧特征电流被补偿掉前被采样出来,保证故障电弧的准确检测。

[0052] 所述的主控MCU在输出故障电弧报警的同时还通过开关量隔离输出电路控制电源断路器的断开,故障时切断电源。

[0053] 如图3所示,所述的电容投切补偿主回路包括连接于三相电源上的多组由晶闸管开关控制的电容器,所述的主控MCU通过晶闸管驱动电路控制晶闸管开关的导通或关断,从而通过晶闸管开关控制主回路中电容器的投切。

[0054] 一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置的控制方法,包括以下步骤:

[0055] 步骤一、系统初始化,装置上电;

[0056] 步骤二、采集系统三相电压和三相电流,并将信号送至信号调制处理电路;

[0057] 步骤三、信号调制处理电路分别对电压和电流信号进行调制处理,并将调制过后的信号送至主控MCU单元;

[0058] 步骤四、主控MCU单元由采样电流、电压参数计算出系统的功率因数;同时,对电流信号处理,提取电弧电流特征值;

[0059] 步骤五、主控MCU单元根据计算结果进行判断,根据用户设定的功率因数范围(例如0.9-0.99)进行电容投切控制,若功率因数大于设定范围(例如大于0.99)则切除电容器,若功率因数位于功率因数设置范围内则不动作,若功率因数小于设定范围(例如小于0.9)则准备进行电容器投入;

[0060] 在电容器准备投入时,需要在交流电源的电压波形周期内,进行系统电压与电容器残压的判断,寻找二者相等的交流电源电压周期时刻投入电容器;

[0061] 同时,主控MCU单元根据经过逻辑计算,对提取电弧电流特征值进行分析判断,如符合故障电弧信号,则向故障电弧预警模块发出指令,并通过输出信号切断电源断路器,切断故障电弧;如不符合则不发出指令,并返回步骤二;

[0062] 步骤六、驱动电路由步骤五接收到主控MCU单元的投切指令,向晶闸管发出投切指令,同时向主控MCU单元反馈电容器的投入状态。

[0063] 如图4所示,一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置中的故障电弧检测方法,采用四种条件共同判断,并且其中一种判定条件利用电流差异参数的判定结果作为前提,采用谐波含有率变化率对故障电弧进行判断,能够在复杂情况下有效检测出故障电弧,包括如下步骤:

[0064] 步骤1:持续对电流进行采样(根据实际硬件情况,每周期采64或128个点);

[0065] 步骤2:电流的采样值为128点每周期或64点每周期。以64点为例,将电流采样值记为 $I_0, I_1, \dots, I_{63}$ ,正常周期电流记为 $I_{n0}, I_{n1}, \dots, I_{n63}$ (采样值和正常值均为标么值)。计算当前的采样周期电流与正常周期电流的差异参数:

$$[0066] \quad I_{per} = \sum_{i=0}^{63} |I_{ni} - I_i|$$

[0067] 将 $I_{per}$ 与阈值 $S_1$ 比较,若 $I_{per} \leq S_1$ ,则将采样电流值幅给正常周期电流值,更新正常周期电流值;若 $I_{per} > S_1$ ,则进行进一步的分析计算来判断是否由故障电弧发生;

[0068] 步骤3:计算电流的平均值:

$$[0069] \quad I_{ave} = \frac{1}{64} \sum_{k=0}^{63} I_k$$

[0070] 用电流的平均值来判断电流的正负半周是否对称。若 $I_{ave}$ 大于给定阈值 $S_2$ ,则认为波形对称性不满足要求,为波形对称指示参数 $m_1$ 赋值1,否则为 $m_1$ 赋值0;

[0071] 步骤4:计算采样电流相邻两个采样值的差值:

$$[0072] \quad \Delta I_k = I_{k+1} - I_k \quad (k=0, 1, 2, \dots, 62) \quad (3)$$

[0073] 用该差值的最大值 $K_v = \max[\Delta I_0, \Delta I_1, \dots, \Delta I_{62}]$ 来表示电流的最大变化率。若 $K_v$ 大于阈值 $S_3$ ,则认为电流变化率过大,为电流变化率参数 $m_2$ 赋值1,否则 $m_2$ 赋值为零;

[0074] 步骤5:计算电流的波型参数:

$$[0075] \quad K_p = \sum_{k=0}^{63} d_k \quad (4)$$

$$[0076] \quad \begin{cases} d_k = 1, |I_k| < \alpha \\ d_k = 0, \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

[0077] 其中, $\alpha$ 根据实际电流进行设置,一般取正常电流峰值。用电流的波型参数可以表示出电流是否含有平肩部。若 $K_p$ 大于阈值 $S_4$ ,则认为电流含有平肩部,为平肩部指示参数 $m_3$ 赋值1,否则 $m_3$ 赋值为零;

[0078] 步骤6:用FFT检测采样电流谐波,计算采样电流高次谐波(此处计算第3、5、7、9次谐波)含有率变化率 $\Delta P_n$ ,若 $\Delta P_n$ 大于阈值 $S_4$ ,则认为采样电流谐波含量不正常,为谐波指示参数 $m_4$ 赋值为1,否则赋值为0;



[0079] 步骤7:计算上述步骤3~步骤6中四个指示参数的和,即 $m=m_1+m_2+m_3+m_4$ ;若 $m \geq 2$ ,故障电弧周波数指示参数 $sum=sum+1$ ,若 $sum \geq 6$ ,则触发报警信号;若 $sum < 6$ ,则返回步骤2继续判别;若 $m < 2$ ,则认为没有故障电弧发生,为 $sum$ 赋值0,并将正常电流更新为此时的采样电流。

[0080] 步骤6的具体步骤如下:

[0081] 步骤601.计算出采样周期奇次谐波含有率变化率 $\Delta P_n$ 和设定阈值 $\Delta P_{th}$ 比较;谐波含有率定义为 $HRI_h = \frac{I_h}{I_1} \times 100\%$ ,其中 $I_1$ 为基波电流, $I_h$ 为第 $h$ 次谐波电流的均方根值,

$$I_h = \sqrt{\frac{x_{h1}^2 + x_{h2}^2 + \dots + x_{hM}^2}{M}}, x_{h1} \text{为第} h \text{次谐波电流采样值,} M \text{为采样点数,本例中取} 3, 5, 7, 9 \text{次谐波,}$$

计算奇次谐波含有率为 $P = \frac{I_3 + I_5 + I_7 + I_9}{I_1} \times 100\%$ ;

[0082] 步骤602.以步骤2判断出的第1个正常工频采样周期电流奇次谐波含有率 $P$ 为基础值,计算相邻两个工频采样周期电流奇次谐波含有率变化率 $\Delta P_n$ , $\Delta P_n = P_n - P$ ,两次采样周期之间电流奇次谐波含有率之差为采样周期奇次谐波含有率变化率 $\Delta P_n$ 。

[0083] 本发明的一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置,将故障电弧的电流检测与无功补偿的电流检测部分进行共享,采用同一检测信号,使装置能够在故障电弧特征电流被滤掉前被采样出来,保证故障电弧的准确检测。

[0084] 本发明的一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置及其控制方法,利用同一主控MCU对同一电流数据进行处理,分别计算故障电弧特征值和功率因数含量,分别对故障电弧报警电路和滤波的晶闸管驱动电路进行控制,完美的实现了用单个设备实现两种功能的同时兼顾使用,有效解决由于无功补偿装置的使用而造成故障电弧被漏判、误判的问题。

[0085] 本发明的一种具有故障电弧检测功能的无功补偿装置的故障电弧检测方法,利用电流差异参数的判定结果作为前提,采用谐波含有率变化率对故障电弧进行判断,可以有效排除非线性负载的干扰,同时采用四种判断手段进行判断,准确检测出故障电弧。

[0086] 以上实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于上述的实施例。上述实施例中所用方法如无特别说明均为常规方法。

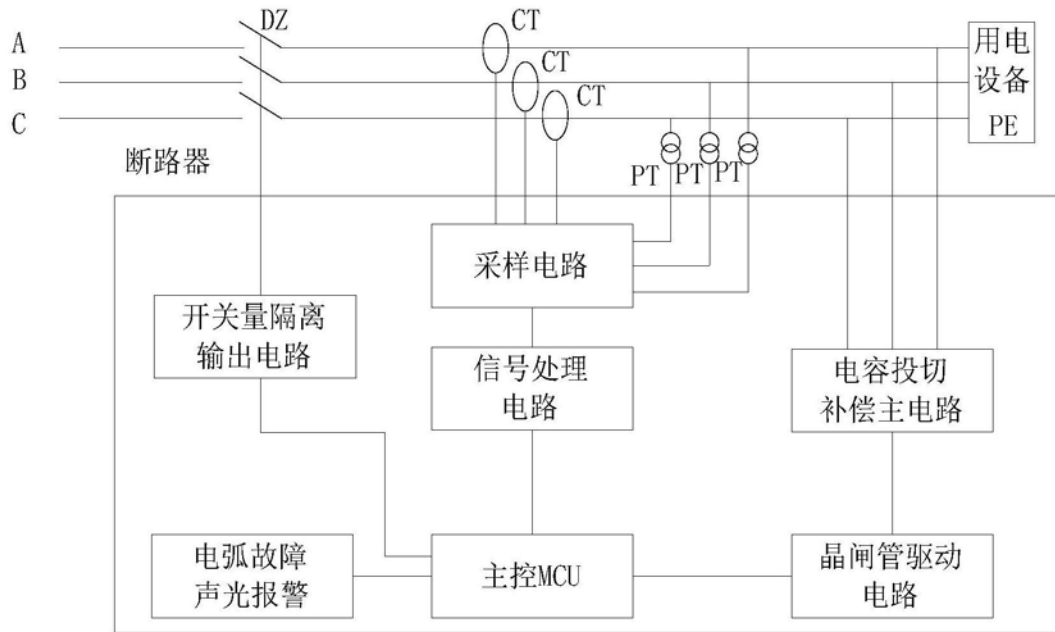


图1

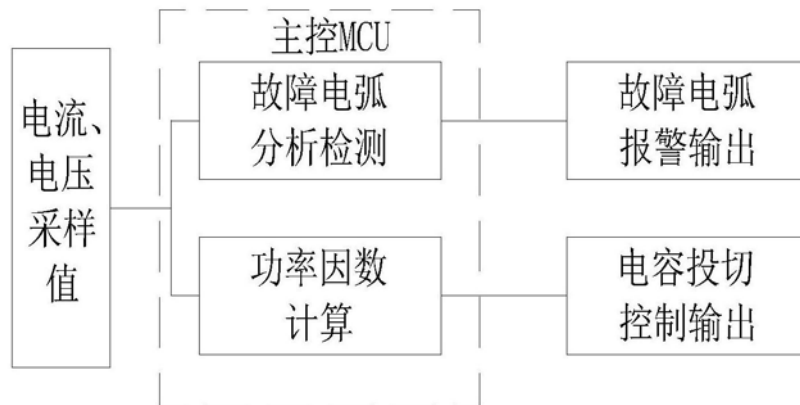


图2

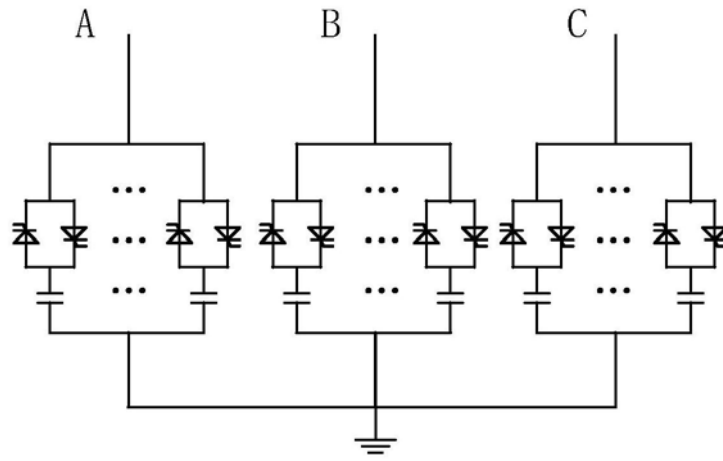


图3

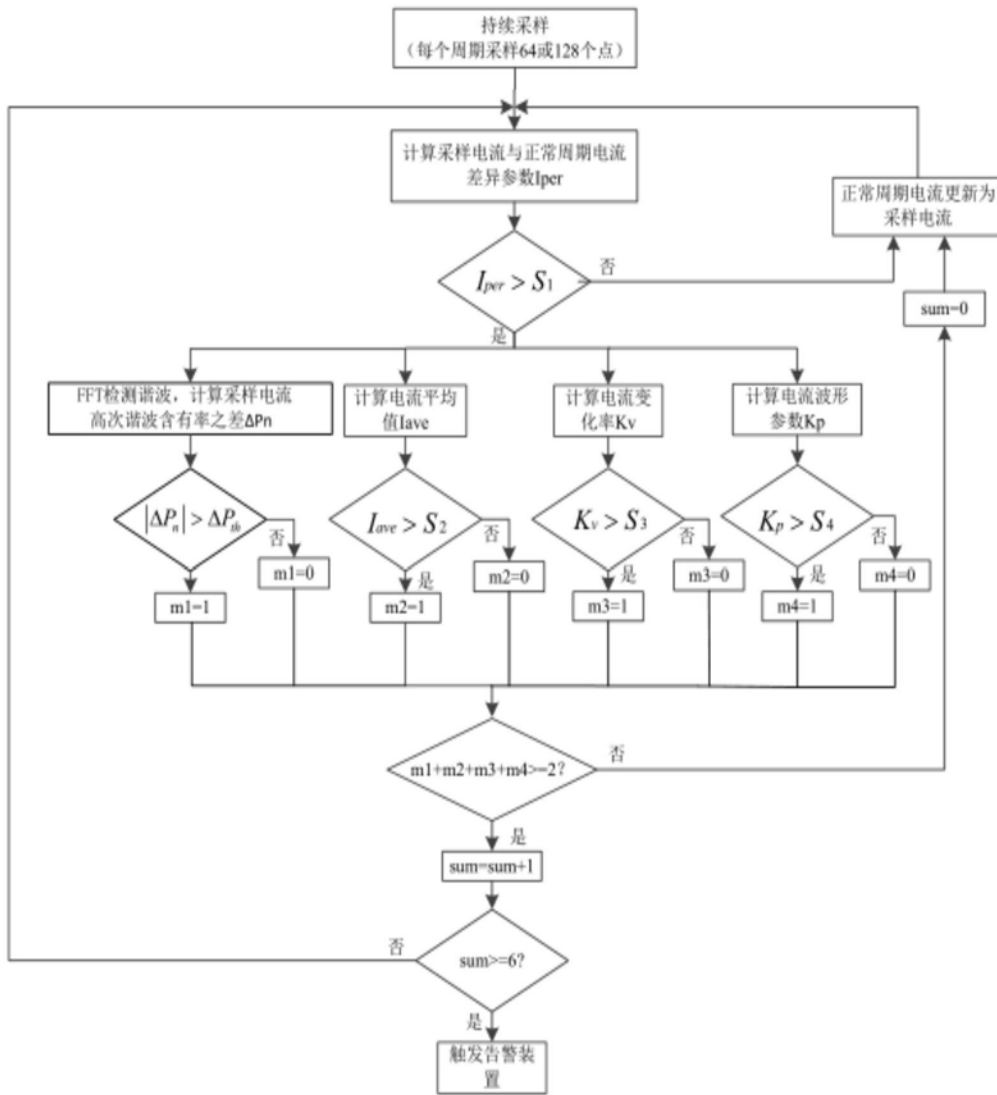


图4