



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114280440 B

(45) 授权公告日 2022.06.28

(21) 申请号 202210207032.3

G01R 19/25 (2006.01)

(22) 申请日 2022.03.04

H02S 50/00 (2014.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 张烨

申请公布号 CN 114280440 A

(43) 申请公布日 2022.04.05

(73) 专利权人 固德威技术股份有限公司

地址 215011 江苏省苏州市高新区紫金路
90号

(72) 发明人 王尧 邢云琪 白翠艳 宁增琨
向军

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有
限公司 32103

专利代理师 孙仿卫 吴芳

(51) Int. Cl.

G01R 31/12 (2006.01)

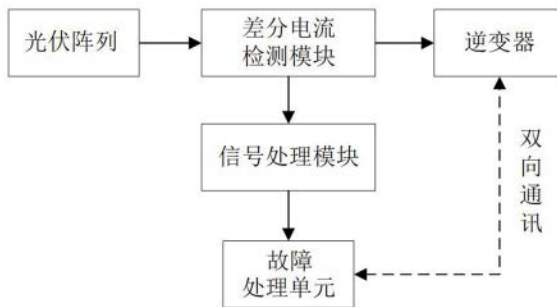
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

一种光伏直流电弧故障识别装置、识别方法及光伏系统及光伏系统

(57) 摘要

本发明公开一种光伏直流电弧故障识别装置、识别方法及光伏系统,识别装置包括:差分电流检测模块,其采用差分检测方法采集光伏阵列的输出侧与逆变器的输入侧之间支路上的电流信号;信号处理模块,包括带通滤波电路、对数检波单元和放大电路,对数检波单元对滤波后的电流信号进行对数化处理,放大电路被配置为对对数检波单元输出的信号作放大处理;故障处理单元对信号处理模块输出的待检信号进行分析,并根据与逆变器通信获取其当前工作状态,以在待检信号中减去逆变器干扰信号,再判定电弧故障。本发明利用对数检波单元进行高频信号采集,宽频带信号测量范围涵盖直流电弧全景特征,在经济性好的前提下提高电弧故障检测结果的准确性。



1. 一种光伏直流电弧故障识别装置,其特征在于,其包括差分电流检测模块、信号处理模块和故障处理单元,其中,所述差分电流检测模块被配置为采用差分检测方法采集光伏阵列的输出侧与逆变器的输入侧之间支路上的电流信号;

所述信号处理模块被配置为对所述差分电流检测模块采集的电流信号进行处理,以得到待检信号,所述信号处理模块包括带通滤波电路和放大模块,其中,所述带通滤波电路被配置为对所述差分电流检测模块采集的电流信号进行滤波,所述放大模块包括对数检波单元、放大电路、A/D转换模块和控制单元,所述对数检波单元被配置为对滤波后的电流信号进行对数化处理,所述放大电路被配置为对所述对数检波单元输出的信号作放大处理,所述A/D转换模块被配置为对滤波后的电流信号和/或所述放大电路输出的电流信号进行处理;

所述A/D转换模块的输入端连接有一路或多路开关,所述控制单元被配置为通过以下方式控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关导通或者关断:若所述放大电路输出的电流信号幅值介于预设的第一阈值与第二阈值之间,其中,所述第一阈值高于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关中的相应开关导通;若所述放大电路输出的电流信号幅值高于所述第一阈值或低于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关关断;

所述故障处理单元被配置为对所述信号处理模块输出的待检信号进行分析,若判定存在电弧故障,则向所述逆变器发送控制指令,所述控制指令被配置为使逆变器的并网电路断开。

2. 根据权利要求1所述的光伏直流电弧故障识别装置,其特征在于,所述对数检波单元的输入端连接有多路开关,所述多路开关与所述光伏阵列的多个光伏面板组串相适配。

3. 根据权利要求1所述的光伏直流电弧故障识别装置,其特征在于,所述故障处理单元与所述逆变器双向通信,在所述故障处理单元对电弧故障判定之前,所述故障处理单元向所述逆变器获取其当前工作状态,以匹配逆变器当前工作状态对应的预设定的干扰信号;

所述故障处理单元从所述信号处理模块输出的待检信号中去除与所述逆变器当前工作状态相匹配的干扰信号后,再判断是否存在电弧故障。

4. 根据权利要求3所述的光伏直流电弧故障识别装置,其特征在于,所述故障处理单元对所述信号处理模块输出的待检信号进行分析的步骤包括:

S1、所述故障处理单元接收所述信号处理模块输出的待检信号;

S2、判断所述待检信号的采样时间是否达到预设的时间窗阈值,若是,则执行S3-S7;否则返回执行S1-S2;

S3、将所述待检信号处理成一维电流数据;

S4、查询逆变器当前工作状态,并从所述一维电流数据中去除与所述逆变器当前工作状态相匹配的干扰信号;

S5、对去除干扰信号后的电流数据提取特征值,并对提取到的特征数据进行归一化处理;

S6、将归一化处理后的数据输入预训练的一维卷积神经网络的光弧检测模型,得到当前时间窗对应的检测结果,若检测结果为电弧故障,则对标志位值执行自增算法并更新存储自增后的标志位值,否则对标志位值执行自减算法并更新存储自减后的标志位值;

S7、判断当前标志位值是否达到预设的标志位阈值,若是,则执行S8,否则将采样时间重置为0后返回执行S1-S2;

S8、所述故障处理单元向所述逆变器发送控制指令,所述控制指令被配置为使逆变器的并网电路断开。

5.根据权利要求1所述的光伏直流电弧故障识别装置,其特征在于,所述差分电流检测模块包括电流互感器,从所述光伏阵列接出正负母线,所述正负母线均穿过该电流互感器;或者,

所述差分电流检测模块包括第一电流互感器、第二电流互感器和作差模块,从所述光伏阵列接出正负母线,其中,正母线穿过第一电流互感器后接入作差模块的一端,负母线穿过第二电流互感器后接入作差模块的另一端。

6.根据权利要求1所述的光伏直流电弧故障识别装置,其特征在于,所述对数检波单元为对数检波芯片,所述对数检波芯片的信号带宽范围满足1kHz至10MHz。

7.根据权利要求1所述的光伏直流电弧故障识别装置,其特征在于,所述带通滤波电路为包括电阻、电容和运算放大器的有源带通滤波电路,或者,

所述带通滤波电路为RLC带通滤波电路。

8.一种光伏系统,其特征在于,包括光伏阵列、逆变器以及如权利要求1至7中任一项所述的光伏直流电弧故障识别装置。

9.一种光伏直流电弧故障识别方法,其特征在于,包括以下步骤:

P1、采用差分检测方法采集光伏阵列的输出侧与逆变器的输入侧之间支路上的电流信号;

P2、信号处理模块对差分检测得到的电流信号进行处理,以得到待检信号;其中,所述信号处理模块包括带通滤波电路和放大模块,其中,所述带通滤波电路被配置为对采集到的电流信号进行滤波,所述放大模块包括对数检波单元、放大电路、控制单元及A/D转换模块,所述对数检波单元被配置为对滤波后的电流信号进行对数化处理,所述放大电路被配置为对所述对数检波单元输出的信号作放大处理;所述A/D转换模块被配置为对滤波后的电流信号和/或所述放大电路输出的电流信号进行处理;所述A/D转换模块的输入端连接有一路或多路开关,所述控制单元被配置为通过以下方式控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关导通或者关断:若所述放大电路输出的电流信号幅值介于预设的第一阈值与第二阈值之间,其中,所述第一阈值高于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关中的相应开关导通;若所述放大电路输出的电流信号幅值高于所述第一阈值或低于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关关断;

P3、对所述待检信号进行分析,若判定存在电弧故障,则向所述逆变器发送控制指令,所述控制指令被配置为使逆变器的并网电路断开。

10.根据权利要求9所述的光伏直流电弧故障识别方法,其特征在于,步骤P3中进行分析的步骤包括以下步骤S1-S6:

S1、故障处理单元接收所述信号处理模块输出的待检信号;

S2、判断所述待检信号的采样时间是否达到预设的时间窗阈值,若是,则执行S3-S6;否则返回执行S1-S2;

S3、将所述待检信号处理成一维电流数据；

S4、查询逆变器当前工作状态，并从所述一维电流数据中去除与所述逆变器当前工作状态相匹配的干扰信号；

S5、对去除干扰信号后的电流数据提取特征值，并对提取到的特征数据进行归一化处理；

S6、将归一化处理后的数据输入预训练的一维卷积神经网络的电弧检测模型，得到当前时间窗对应的检测结果；以及

所述故障处理单元根据多个时间窗对应的检测结果判断是否存在电弧故障。

11. 根据权利要求10所述的光伏直流电弧故障识别方法，其特征在于，步骤P3中对所述待检信号进行分析的步骤还包括：步骤S6中，若当前时间窗对应的检测结果为电弧故障，则对标志位值执行自增算法并更新存储自增后的标志位值，否则对标志位值执行自减算法并更新存储自减后的标志位值，再执行S7；

S7、判断当前标志位值是否达到预设的标志位阈值，若是，则执行S8，否则将采样时间重置为0后返回执行S1-S2；

S8、所述故障处理单元向所述逆变器发送控制指令，所述控制指令被配置为使逆变器的并网电路断开。

12. 根据权利要求9所述的光伏直流电弧故障识别方法，其特征在于，步骤S5中对去除干扰信号后的电流数据提取特征值包括：分析并提取所述电流数据的功率谱密度特征信息。

13. 根据权利要求9所述的光伏直流电弧故障识别方法，其特征在于，步骤P1中利用差分电流检测模块采集光伏阵列的输出侧与逆变器的输入侧之间支路上的电流信号，其中，所述差分电流检测模块包括电流互感器，从所述光伏阵列接出正负母线，所述正负母线均穿过该电流互感器；或者，

所述差分电流检测模块包括第一电流互感器、第二电流互感器和作差模块，从所述光伏阵列接出正负母线，其中，正母线穿过第一电流互感器后接入作差模块的一端，负母线穿过第二电流互感器后接入作差模块的另一端。

14. 根据权利要求13所述的光伏直流电弧故障识别方法，其特征在于，所述信号处理模块的所述带通滤波电路被配置为对所述差分电流检测模块采集的电流信号进行滤波。

一种光伏直流电弧故障识别装置、识别方法及光伏系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子领域,尤其涉及一种光伏直流电弧故障识别装置、识别方法及光伏系统。

背景技术

[0002] 随着新能源技术的快速发展,光伏系统得到越来越广泛的应用,但由于太阳能光伏板老化等原因,其内部易产生直流电弧故障而引起火灾,对群众生命财产安全构成威胁,因此,对直流电弧的检测很有必要。直流电弧的电特性包括电流和电压等,但由于电弧发生位置具有随机性,很难利用传感器采集电弧的电压信号,这就对电弧电压数据的采集造成了困难,因此通常做法多是采集直流电弧电流数据进行处理和分析。

[0003] 现有直流电弧电流检测技术的采样频率多为300kHz及以下,即只分析电弧信号低频部分而舍弃对高频部分的分析,使直流电弧的检测具有一定的局限性。比如使用PCI数据采集卡对电流信号进行检测与分析,设置PCI数据采集卡的采样频率为10kHz;或者有的方法是电弧检测部分由硬件滤波电路、ADC采样以及DSP数字处理部分组成,硬件滤波电路滤除20kHz以下信号以减少逆变器噪声的干扰,使用SM73201采样芯片进行电弧数据采集,该芯片最高采样率为250kHz,实验中采样频率设为180kHz,每次采样数据为1024个数据点,经傅里叶变换处理后所得频谱以90kHz为界对称,故只取90kHz以下频谱进行分析,基本满足对电弧的检测要求。但电弧发生时,电流中高频含量增多,采用其他电流检测方法时,该芯片采样率为250kHz就可能不满足要求。采用时域方法检测电流信号需要1MHz以上的高采样频率,显然SM73201采样芯片不适用于进行时域检测。若直接采集高频信号,对硬件要求较高,成本也会提高。

[0004] 西门子公司的公开号为W02021051401A1的专利申请介绍了一种电弧检测方法,利用多个带通滤波器及其他模块来采集电弧信号中的多个窄带信号。由于交流电源本身频率较低(50-60Hz)且具有周期性特征,以及交流电弧发生电路的负载类型有限且多为工频负载,这就导致交流电弧信号具有一定的规律性,并且交流电源产生的干扰集中在低频部分,采集100kHz以上的多个窄带信号就可检测是否存在交流电弧故障;但直流电弧信号杂乱无序,直流电弧信号频段和干扰频段存在重叠的部分,仅采集窄带信号不能准确反映直流电弧的特征,并且光伏直流电弧发生电路的负载主要为逆变器,逆变器工作频率在20kHz以上,采集多个窄带信号虽然能够巧妙避开逆变器噪声干扰,但也忽略了部分直流电弧特征频段,则上述电弧检测方法适用于交流电弧检测情况而不适用于直流电弧的检测。

[0005] 目前并没有一种经济性良好的直流电弧电流检测解决方案。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种经济性较好的电弧故障识别装置及识别方法,全面采集直流电弧电流信号来完成直流电弧电流检测的任务,提高电弧故障检测准确率,解决现有直流电弧故障检测中仅采集低频信号而舍弃高频信号,或仅采集窄带信号而造成电弧特征

检测不全面的问题。

[0007] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0008] 一种光伏直流电弧故障识别装置,其包括差分电流检测模块、信号处理模块和故障处理单元,其中,所述差分电流检测模块被配置为采用差分检测方法采集光伏阵列的输出侧与逆变器的输入侧之间支路上的电流信号;

[0009] 所述信号处理模块被配置为对所述差分电流检测模块采集的电流信号进行处理,以得到待检信号,所述信号处理模块包括带通滤波电路和放大模块,其中,所述带通滤波电路被配置为对所述差分电流检测模块采集的电流信号进行滤波,所述放大模块包括对数检波单元和放大电路,所述对数检波单元被配置为对滤波后的电流信号进行对数化处理,所述放大电路被配置为对所述对数检波单元输出的信号作放大处理;

[0010] 所述故障处理单元被配置为对所述信号处理模块输出的待检信号进行分析,若判定存在电弧故障,则向所述逆变器发送控制指令,所述控制指令被配置为使逆变器的并网电路断开。

[0011] 进一步地,所述放大模块还包括A/D转换模块,其被配置为对滤波后的电流信号和/或所述放大电路输出的电流信号进行处理。

[0012] 进一步地,所述A/D转换模块的输入端连接有一路或多路开关,所述放大模块还包括控制单元,其被配置为通过以下方式控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关导通或者关断:

[0013] 若所述放大电路输出的电流信号幅值介于预设的第一阈值与第二阈值之间,其中,所述第一阈值高于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关中的相应开关导通;

[0014] 若所述放大电路输出的电流信号幅值高于所述第一阈值或低于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关关断。

[0015] 进一步地,所述对数检波单元的输入端连接有多路开关,所述多路开关与所述光伏阵列的多个光伏面板组串相适配。

[0016] 进一步地,所述故障处理单元与所述逆变器双向通信,在所述故障处理单元对电弧故障判定之前,所述故障处理单元向所述逆变器获取其当前工作状态,以匹配逆变器当前工作状态对应的预设定的干扰信号;

[0017] 所述故障处理单元从所述信号处理模块输出的待检信号中去除与所述逆变器当前工作状态相匹配的干扰信号后,再判断是否存在电弧故障。

[0018] 进一步地,所述故障处理单元对所述信号处理模块输出的待检信号进行分析的步骤包括:

[0019] S1、所述故障处理单元接收所述信号处理模块输出的待检信号;

[0020] S2、判断所述待检信号的采样时间是否达到预设的时间窗阈值,若是,则执行S3-S7;否则返回执行S1-S2;

[0021] S3、将所述待检信号处理成一维电流数据;

[0022] S4、查询逆变器当前工作状态,并从所述一维电流数据中去除与所述逆变器当前工作状态相匹配的干扰信号;

[0023] S5、对去除干扰信号后的电流数据提取特征值,并对提取到的特征数据进行归一

化处理；

[0024] S6、将归一化处理后的数据输入预训练的一维卷积神经网络的电弧检测模型，得到当前时间窗对应的检测结果，若检测结果为电弧故障，则对标志位值执行自增算法并更新存储自增后的标志位值，否则对标志位值执行自减算法并更新存储自减后的标志位值；

[0025] S7、判断当前标志位值是否达到预设的标志位阈值，若是，则执行S8，否则将采样时间重置为0后返回执行S1-S2；

[0026] S8、所述故障处理单元向所述逆变器发送控制指令，所述控制指令被配置为使逆变器的并网电路断开。

[0027] 进一步地，所述差分电流检测模块包括电流互感器，从所述光伏阵列接出正负母线，所述正负母线均穿过该电流互感器；或者，

[0028] 所述差分电流检测模块包括第一电流互感器、第二电流互感器和作差模块，从所述光伏阵列接出正负母线，其中，正母线穿过第一电流互感器后接入作差模块的一端，负母线穿过第二电流互感器后接入作差模块的另一端。

[0029] 进一步地，所述对数检波单元为对数检波芯片，所述对数检波芯片的信号带宽范围满足1kHz至10MHz。

[0030] 进一步地，所述带通滤波电路为包括电阻、电容和运算放大器的有源带通滤波电路，或者，

[0031] 所述带通滤波电路为RLC带通滤波电路。

[0032] 根据本发明的另一方面，提供了一种光伏系统，包括光伏阵列、逆变器以及如上所述的光伏直流电弧故障识别装置。

[0033] 根据本发明的另一方面，提供了一种光伏直流电弧故障识别方法，包括以下步骤：

[0034] P1、采用差分检测方法采集光伏阵列的输出侧与逆变器的输入侧之间支路上的电流信号；

[0035] P2、信号处理模块对差分检测得到的电流信号进行处理，以得到待检信号；

[0036] P3、对所述待检信号进行分析，分析的步骤包括以下步骤S1-S6：

[0037] S1、故障处理单元接收所述信号处理模块输出的待检信号；

[0038] S2、判断所述待检信号的采样时间是否达到预设的时间窗阈值，若是，则执行S3-S6；否则返回执行S1-S2；

[0039] S3、将所述待检信号处理成一维电流数据；

[0040] S4、查询逆变器当前工作状态，并从所述一维电流数据中去除与所述逆变器当前工作状态相匹配的干扰信号；

[0041] S5、对去除干扰信号后的电流数据提取特征值，并对提取到的特征数据进行归一化处理；

[0042] S6、将归一化处理后的数据输入预训练的一维卷积神经网络的电弧检测模型，得到当前时间窗对应的检测结果；以及

[0043] 所述故障处理单元根据多个时间窗对应的检测结果判断是否存在电弧故障。

[0044] 进一步地，步骤P3中对所述待检信号进行分析的步骤还包括：步骤S6中，若当前时间窗对应的检测结果为电弧故障，则对标志位值执行自增算法并更新存储自增后的标志位值，否则对标志位值执行自减算法并更新存储自减后的标志位值，再执行S7；

[0045] S7、判断当前标志位值是否达到预设的标志位阈值,若是,则执行S8,否则将采样时间重置为0后返回执行S1-S2;

[0046] S8、所述故障处理单元向所述逆变器发送控制指令,所述控制指令被配置为使逆变器的并网电路断开。

[0047] 进一步地,步骤S5中对去除干扰信号后的电流数据提取特征值包括:分析并提取所述电流数据的功率谱密度特征信息。

[0048] 进一步地,步骤P1中利用差分电流检测模块采集光伏阵列的输出侧与逆变器的输入侧之间支路上的电流信号,其中,所述差分电流检测模块包括电流互感器,从所述光伏阵列接出正负母线,所述正负母线均穿过该电流互感器;或者,

[0049] 所述差分电流检测模块包括第一电流互感器、第二电流互感器和作差模块,从所述光伏阵列接出正负母线,其中,正母线穿过第一电流互感器后接入作差模块的一端,负母线穿过第二电流互感器后接入作差模块的另一端。

[0050] 进一步地,所述信号处理模块包括带通滤波电路和放大模块,其中,所述带通滤波电路被配置为对所述差分电流检测模块采集的电流信号进行滤波,所述放大模块包括对数检波单元、放大电路、控制单元及A/D转换模块,所述对数检波单元被配置为对滤波后的电流信号进行对数化处理,所述放大电路被配置为对所述对数检波单元输出的信号作放大处理;

[0051] 所述A/D转换模块被配置为对滤波后的电流信号和/或所述放大电路输出的电流信号进行处理;

[0052] 所述A/D转换模块的输入端连接有一路或多路开关,所述控制单元被配置为通过以下方式控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关导通或者关断:

[0053] 若所述放大电路输出的电流信号幅值介于预设的第一阈值与第二阈值之间,其中,所述第一阈值高于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关中的相应开关导通;

[0054] 若所述放大电路输出的电流信号幅值高于所述第一阈值或低于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关关断。

[0055] 本发明提供的技术方案带来的有益效果如下:

[0056] a. 采用差分检测方法采集光伏阵列的输出侧与逆变器的输入侧之间支路上的电流信号,能够有效消除光伏阵列正负母线中的共模电流噪声,从而有效提取直流电弧故障信号;

[0057] b. 对数检波单元的检波频率可以达到MHz级别,可以极大地增加测量范围,涵盖直流电弧全景特征,在经济性好的前提下能够不舍弃对高频信号的采集,避免电弧特征检测不全面的问题。

附图说明

[0058] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请中记载的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0059] 图1是本发明示例性实施例提供的光伏直流电弧故障识别装置接入在光伏阵列与逆变器之间的连接结构示意图；

[0060] 图2是本发明示例性实施例提供的光伏直流电弧故障识别装置中信号处理模块的结构示意图；

[0061] 图3是本发明示例性实施例提供的信号处理模块中放大模块的结构示意图；

[0062] 图4是本发明示例性实施例提供的第一种差分电流检测模块的电路结构示意图；

[0063] 图5是本发明示例性实施例提供的第二种差分电流检测模块的电路结构示意图；

[0064] 图6是本发明示例性实施例提供的信号处理模块中第一种带通滤波电路在光伏直流电弧故障识别装置中的整体连接结构示意图；

[0065] 图7是本发明示例性实施例提供的信号处理模块中第二种带通滤波电路的示意图；

[0066] 图8是本发明示例性实施例提供的光伏直流电弧故障识别装置的故障处理单元判别电弧故障的流程示意图。

具体实施方式

[0067] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。

[0068] 需要说明的是，本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、装置、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其他步骤或单元。

[0069] 在电弧检测领域，采用时域方法检测电流信号需要1MHz以上的高采样频率，显然SM73201等采样芯片不适于进行时域检测；若直接采集高频信号，则对硬件要求较高，成本会大幅提高。本发明旨在提供一种能同时采集低频信号和高频信号且经济性较好的解决方案来完成直流电弧电流检测的任务。

[0070] 在本发明的一个实施例中，提供了一种光伏直流电弧故障识别装置，如图1所示，其包括差分电流检测模块、信号处理模块和故障处理单元，下面对差分电流检测模块、信号处理模块和故障处理单元一一作出详细说明：

[0071] 差分电流检测模块，其被配置为采用差分检测方法采集光伏阵列的输出侧与逆变器的输入侧之间支路上的电流信号，即光伏阵列作为电源，其输出的直流电流流入差分电流检测模块后再进入逆变器进行并网操作。这样做的好处在于：在光伏系统中，当发生直流电弧故障时，光伏电源的正负母线的直流电流同时包含故障电弧电流信号以及逆变器共模电流噪声信号，其中，逆变器共模电流噪声与PWM控制策略有关，因此共模电流噪声在一定

时间尺度内通常具有周期重复性,而直流电弧信号则不具有这种重复规律。据此,采用差分电流检测方法对信号差分处理能够有效消除/降低正负母线中的共模电流噪声,从而有效提取直流电弧故障信号。具体方案有两种实施例:在一个实施例中,参见图4,差分电流检测模块包括电流互感器,从所述光伏阵列接出正负母线,所述正负母线均穿过该电流互感器,原理如下:由于逆变器噪声信号具有一定的规律性,在互感器中产生的磁场能够抵消,互感器感应出的电流信号中逆变器噪声信号得到极大抑制,而直流电弧信号杂乱无序,其在互感器中产生的磁场不会抵消,互感器感应出的电流信号中依然包含电弧信号;在另一个实施例中,参见图5,差分电流检测模块包括第一电流互感器、第二电流互感器和作差模块,从所述光伏阵列接出正负母线,其中,正母线穿过第一电流互感器后接入作差模块的一端,负母线穿过第二电流互感器后接入作差模块的另一端,原理如下:由于逆变器噪声信号具有一定的规律性,相减后信号几乎消失,而直流电弧信号杂乱无序,相减后信号不会消失,达到了抑制逆变器噪声信号的目的。

[0072] 信号处理模块,其被配置为对所述差分电流检测模块采集的电流信号进行处理,以得到待检信号,参见图2,所述信号处理模块包括带通滤波电路和放大模块,其中,所述带通滤波电路被配置为对所述差分电流检测模块采集的电流信号进行滤波,之前的技术由于难以去除逆变器噪声干扰而采集多段窄频带电流信号进行分析,虽然巧妙避开逆变器噪声频段,但也将一部分直流电弧特征频段忽略了,直流电弧检测准确性有所下降;而差分电流检测模块采集的电流信号经过带通滤波电路采集宽频带信号,该宽频带信号涵盖了直流电弧全景特征,避免忽略一部分直流电弧特征频段,因此,本实施例中的直流电弧检测结果准确度较高。参见图3,所述放大模块包括对数检波单元和放大电路,所述对数检波单元被配置为对滤波后的电流信号进行对数化处理,本实施例的对数检波功能主要由对数检波芯片来实现,对数检波芯片的工作电压满足3.3V-5V,信号带宽满足1k-10MHz,典型电流值为7.5mA,极大增加了测量范围,采样频率达MHz级别,功耗低,满足经济性要求;所述放大电路被配置为对所述对数检波单元输出的信号作放大处理;对于差分电流检测模块采集的数据经过信号处理模块包含的带通滤波电路滤波后,使用放大模块进行电流信号处理,具体为采用对数检波单元和放大电路,对数检波单元利用将滤波后的电流数据对数化处理以扩大采样范围的功能来采集电流信号,放大电路能让电流信号特征更加明显,同时对数检波能够反映信号强度,有助于快速识别直流电弧故障,提高故障电弧识别和保护速度,对数检波方法能体现电流信号变化趋势,表现了宏观层面的检测特点。在一个实施例中,对数检波单元的输入端连接有多路开关,所述多路开关与所述光伏阵列的多个光伏面板组串相适配,通过多路开关能任意切换线路,使不同线路能够进行连接,更好地适应光伏系统包含多组串光伏阵列的情况,同时可以仅采用一路对数检波单元来实现分别检测多路电流信号的目的,经济性较好。带通滤波电路为包括电阻、电容和运算放大器的有源带通滤波电路,参见图6,带通滤波电路和对数检波芯片相配合,更能提高直流电弧检测准确度:差分电流检测模块输出的电流信号送入图6中C1、C2、R1、R2、R3、R4、R5和运放构成的有源带通滤波电路,滤除不必要的信号;有源带通滤波电路需要用到运放,若要进一步降低成本也可以使用RLC带通滤波电路,如图7所示。之后流入对数检波芯片,该芯片对电流信号进行对数化处理,芯片输出的电流数据经放大模块放大后送入故障处理单元分析信号功率谱密度来对电弧数据进行预处理,之后使用算法判断有无电弧,具体参见下文。

[0073] 故障处理单元,其被配置为对所述信号处理模块输出的待检信号进行分析,若判定存在电弧故障,则向所述逆变器发送控制指令,所述控制指令被配置为使逆变器的并网电路断开。在本发明的一个实施例中,故障处理单元采用单片机,即单片机处理单元与逆变器进行通讯以获取逆变器当前工作状态,由于不同状态有不同的干扰,所以在获取逆变器当前工作状态的前提下,在信号处理时就可去掉逆变器当前工作状态的干扰信号,便于进行有无直流电弧的判断,比如说,获取逆变器当前处于PWM调制模式,则单片机处理单元查询预存的PWM调制模式下的干扰频率,根据此干扰频率从由信号处理模块处理后的待检信号中去除与所述逆变器当前工作状态相匹配的干扰信号,再判断是否存在电弧故障,这样全面分析电弧特征,对直流电弧检测起到很好的促进作用,提高检测准确率,若判断存在电弧故障,单片机发送指令给逆变器使并网电路断开,对电路起到保护作用。上述光伏直流电弧故障识别方法及装置采集电弧电流信号。

[0074] 在本发明的一个实施例中,放大模块还有第二种处理方式,即放大模块还包括A/D转换模块,A/D转换能够较好地保留信号细节,其被配置为对滤波后的电流信号和/或所述放大电路输出的电流信号进行处理,A/D转换方式能采集实时信号,能体现电流信号在细节上的变化,表现了微观层面的检测特点。前一种采用对数检波单元和放大电路的方式体现出宏观层面的检测特点,当宏观检测出故障特征时不需要选用A/D转换模块,当宏观检测不出故障特征时,进而选用A/D转换模块,即根据宏观检测的结果控制A/D转换模块是否采用,如图3所示,A/D转换模块的输入端连接有一路或多路开关,放大模块还包括控制单元,若需要采用A/D转换模块,则由控制单元控制A/D转换模块输入端的一路或多路开关导通;若不需要采用A/D转换模块,则由控制单元控制A/D转换模块输入端的一路或多路开关关断。具体地,若所述放大电路输出的电流信号幅值介于预设的第一阈值与第二阈值之间,其中,所述第一阈值高于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关中的相应开关导通;若所述放大电路输出的电流信号幅值高于所述第一阈值或低于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关关断。第一阈值在制定时可以选择其值为高于电流正常信号的33%左右,第二阈值在制定时可以选择其值为低于电流正常信号的25%左右。控制单元主要实现判断电流信号幅值是否达到第一阈值与第二阈值之间的范围,可采用硬件电路实现,也可以由软件方式来实现。可在A/D转换模块前接多路开关,能任意切换线路以使连接光伏阵列的多个光伏面板组串,更好适应光伏系统包含多组串光伏阵列的情况,同时可以仅采用一路A/D转换模块来实现分别检测多路电流信号的目的,经济性好。

[0075] 用于光伏直流电弧检测的单片机算法有多种,近年来人工智能算法由于高准确度在电弧检测方面得到广泛应用,所以本实施例采用人工智能算法进行电弧故障检测;并且单片机处理单元与逆变器进行通讯以获取逆变器当前工作状态,在信号处理时可去掉逆变器当前工作状态的干扰信号,便于进行有无直流电弧的判断。参见图8,故障处理单元对所述信号处理模块输出的待检信号进行分析的具体步骤包括:

[0076] S1、所述故障处理单元接收所述信号处理模块输出的待检信号;

[0077] S2、判断所述待检信号的采样时间是否达到预设的时间窗阈值,所述时间窗阈值一般为5ms或10ms,若是,则执行S3-S7;否则返回执行S1-S2;

[0078] S3、将所述待检信号处理成一维电流数据;

[0079] S4、查询逆变器当前工作状态,并从所述一维电流数据中去除与所述逆变器当前工作状态相匹配的干扰信号;

[0080] S5、对去除干扰信号后的电流数据提取特征值,并对提取到的特征数据进行归一化处理;因为光伏直流电弧故障电流波形在时域上呈现随机高频毛刺的特征,而在频域上则表现为特定频段内频谱幅值略微增大。而光伏逆变器进行脉宽调制时会产生相似频段的高频噪声,其幅度可能与电弧信号相同甚至更高。因此,根据幅度的差异,很难区分正常工作和电弧故障,这就为利用快速傅里叶变换方法进行频域变换生成频谱图后再进行算法分析造成困难。本实施例中采用通过分析信号功率谱密度来对电弧数据进行预处理,功率谱密度对信号的变化具有很高的敏感性,能够从本质上反映信号变化的客观规律。由于系统惯性,光伏逆变器噪声可以被视为短时隙(如10ms)内的平稳随机信号,然而直流电弧并不遵循这一规律,因此可以根据信号的平稳性来区分光伏系统正常运行状态与直流电弧故障状态,预处理后使用算法判断有无电弧,因此步骤S5中分析并提取所述电流数据的功率谱密度特征信息作为提取的特征类型。

[0081] S6、将归一化处理后的数据输入预训练的一维卷积神经网络的光弧检测模型,得到当前时间窗对应的检测结果,需要提前利用大量电弧数据对该电弧检测模型进行训练,保证准确度后再投入使用,利用卷积神经网络进行电弧检测为现有技术,也并非本发明的构思所在,因此不多赘述。若检测结果为电弧故障,则对标志位值执行自增算法并更新存储自增后的标志位值,否则对标志位值执行自减算法并更新存储自减后的标志位值;

[0082] S7、判断当前标志位值是否达到预设的标志位阈值,若是,则执行S8,否则将采样时间重置为0后返回执行S1-S2;

[0083] S8、即当多个时间窗的检测结果为电弧故障而使得标志位大于设定后,所述故障处理单元向所述逆变器发送控制指令,所述控制指令被配置为使逆变器的并网电路断开,对电路起到保护作用。

[0084] 就这样,光伏阵列、逆变器以及如上述实施例提供的光伏直流电弧故障识别装置可以组建光伏系统。

[0085] 本实施例提供了一种光伏直流电弧故障识别方法,包括以下步骤:

[0086] P1、采用差分检测方法采集光伏阵列的输出侧与逆变器的输入侧之间支路上的电流信号;

[0087] P2、信号处理模块对差分检测得到的电流信号进行处理,以得到待检信号;

[0088] P3、对所述待检信号进行分析,分析的步骤包括以下步骤S1-S6:

[0089] S1、故障处理单元接收所述信号处理模块输出的待检信号;

[0090] S2、判断所述待检信号的采样时间是否达到预设的时间窗阈值,若是,则执行S3-S6;否则返回执行S1-S2;

[0091] S3、将所述待检信号处理成一维电流数据;

[0092] S4、查询逆变器当前工作状态,并从所述一维电流数据中去除与所述逆变器当前工作状态相匹配的干扰信号;

[0093] S5、对去除干扰信号后的电流数据提取特征值,并对提取到的特征数据进行归一化处理;

[0094] S6、将归一化处理后的数据输入预训练的一维卷积神经网络的光弧检测模型,得

到当前时间窗对应的检测结果;以及

[0095] 为了提高模型的抗干扰能力,一个时间窗的检测结果不作为最终的输出结果,需要根据多个时间窗对应的检测结果判断是否存在电弧故障,具体地,步骤P3中对所述待检信号进行分析的步骤还包括:步骤S6中,若当前时间窗对应的检测结果为电弧故障,则对标志位值执行自增算法并更新存储自增后的标志位值,否则对标志位值执行自减算法并更新存储自减后的标志位值,再执行S7;

[0096] S7、判断当前标志位值是否达到预设的标志位阈值,若是,则执行S8,否则将采样时间重置为0后返回执行S1-S2;

[0097] S8、所述故障处理单元向所述逆变器发送控制指令,所述控制指令被配置为使逆变器的并网电路断开。

[0098] 进一步地,步骤P1中利用差分电流检测模块采集光伏阵列的输出侧与逆变器的输入侧之间支路上的电流信号,其中,所述差分电流检测模块包括电流互感器,从所述光伏阵列接出正负母线,所述正负母线均穿过该电流互感器;或者,

[0099] 所述差分电流检测模块包括第一电流互感器、第二电流互感器和作差模块,从所述光伏阵列接出正负母线,其中,正母线穿过第一电流互感器后接入作差模块的一端,负母线穿过第二电流互感器后接入作差模块的另一端。

[0100] 进一步地,步骤P2中的信号处理模块包括带通滤波电路和放大模块,其中,所述带通滤波电路被配置为对所述差分电流检测模块采集的电流信号进行滤波,所述放大模块包括对数检波单元、放大电路、控制单元及A/D转换模块,所述对数检波单元被配置为对滤波后的电流信号进行对数化处理,所述放大电路被配置为对所述对数检波单元输出的信号作放大处理;

[0101] 所述A/D转换模块被配置为对滤波后的电流信号和/或所述放大电路输出的电流信号进行处理;

[0102] 所述A/D转换模块的输入端连接有一路或多路开关,所述控制单元被配置为通过以下方式控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关导通或者关断:

[0103] 若所述放大电路输出的电流信号幅值介于预设的第一阈值与第二阈值之间,其中,所述第一阈值高于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关中的相应开关导通;

[0104] 若所述放大电路输出的电流信号幅值高于所述第一阈值或低于第二阈值,则所述控制单元控制所述A/D转换模块输入端的一路或多路开关关断。

[0105] 本光伏直流电弧故障识别方法实施例与光伏直流电弧故障识别装置实施例属于同一构思,通过引用的方式将光伏直流电弧故障识别装置实施例的全部内容并入本光伏直流电弧故障识别方法实施例,不再赘述。

[0106] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在

包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0107] 以上所述仅是本申请的具体实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本申请的保护范围。

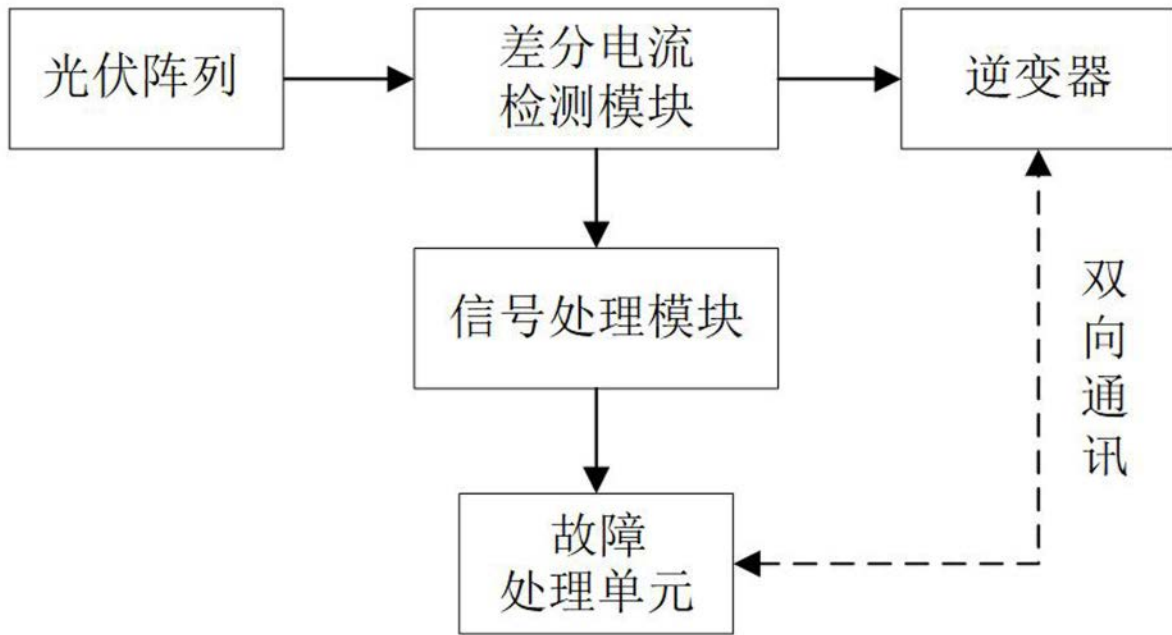


图1

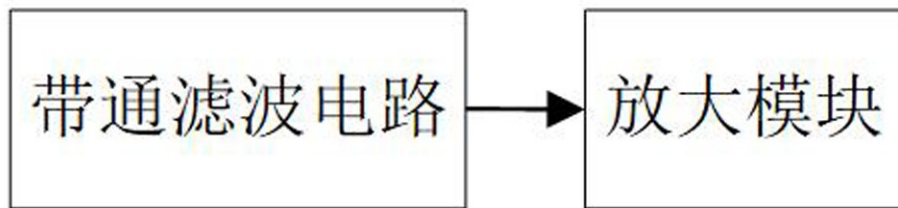


图2

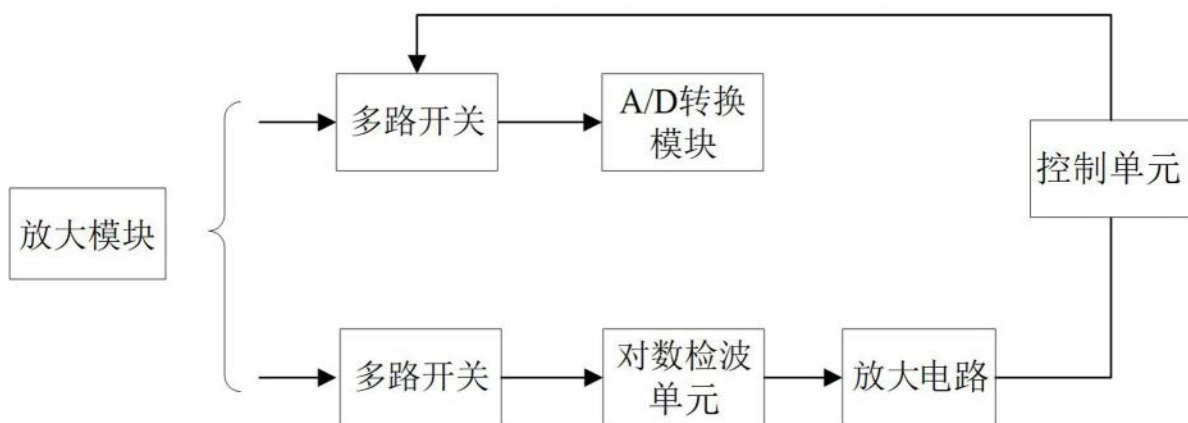


图3

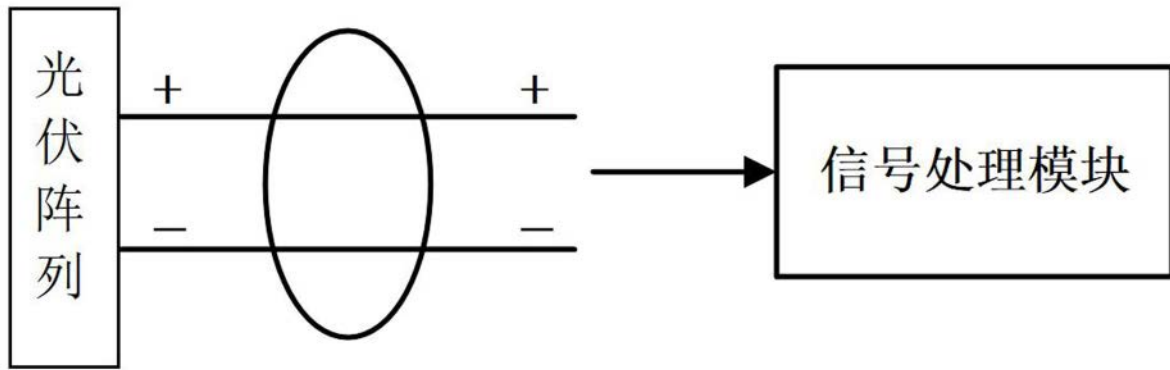


图4

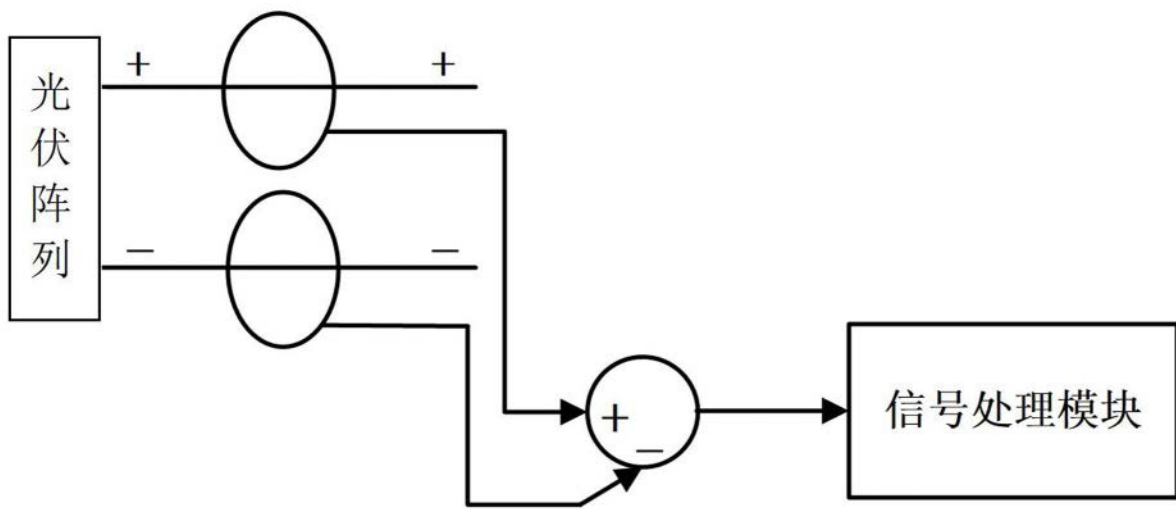


图5

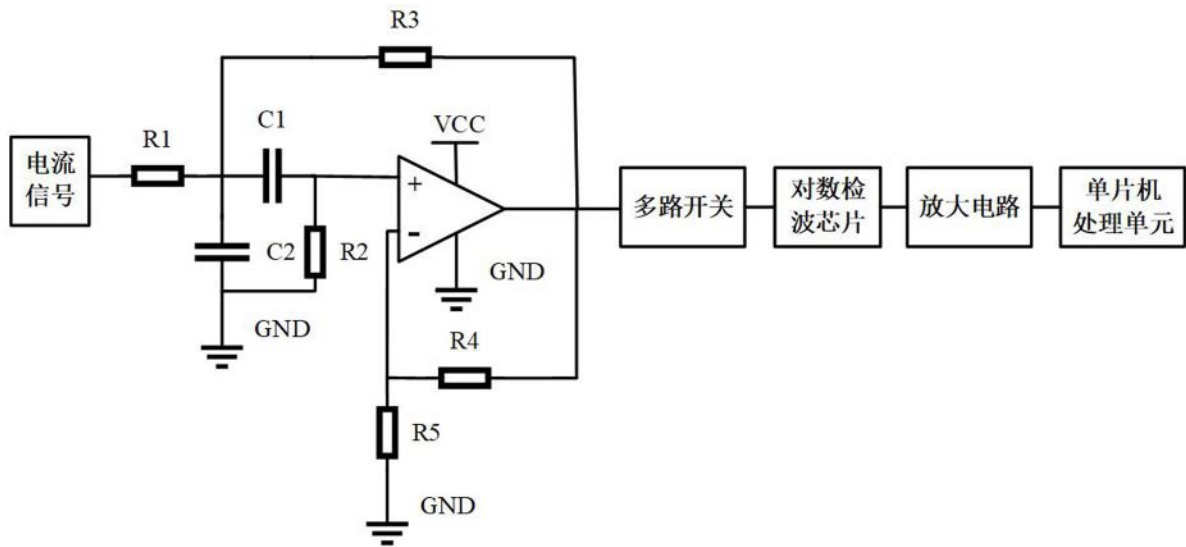


图6

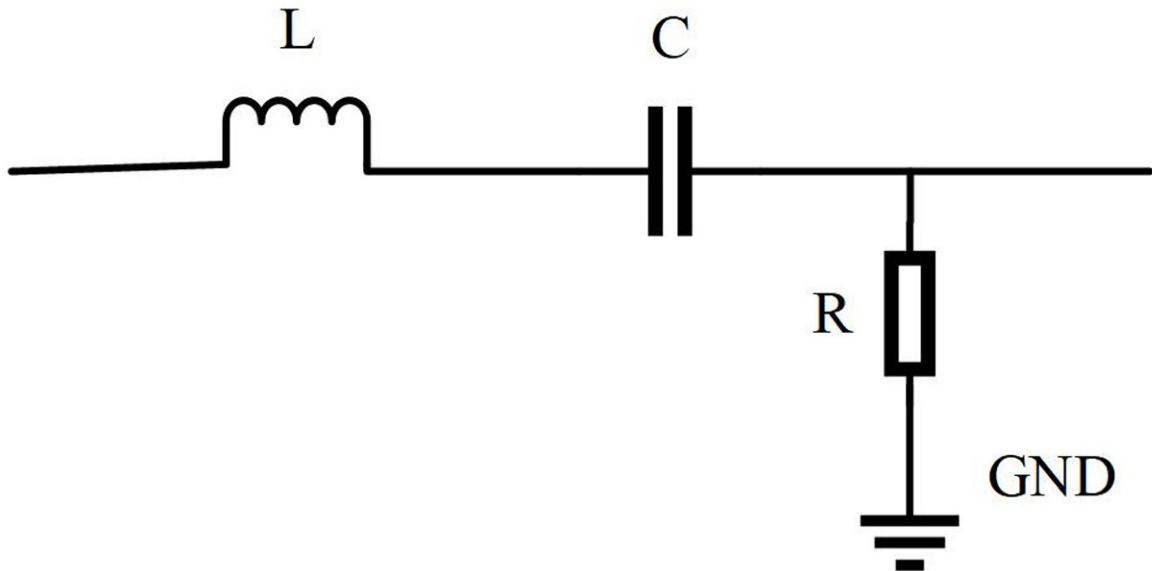


图7

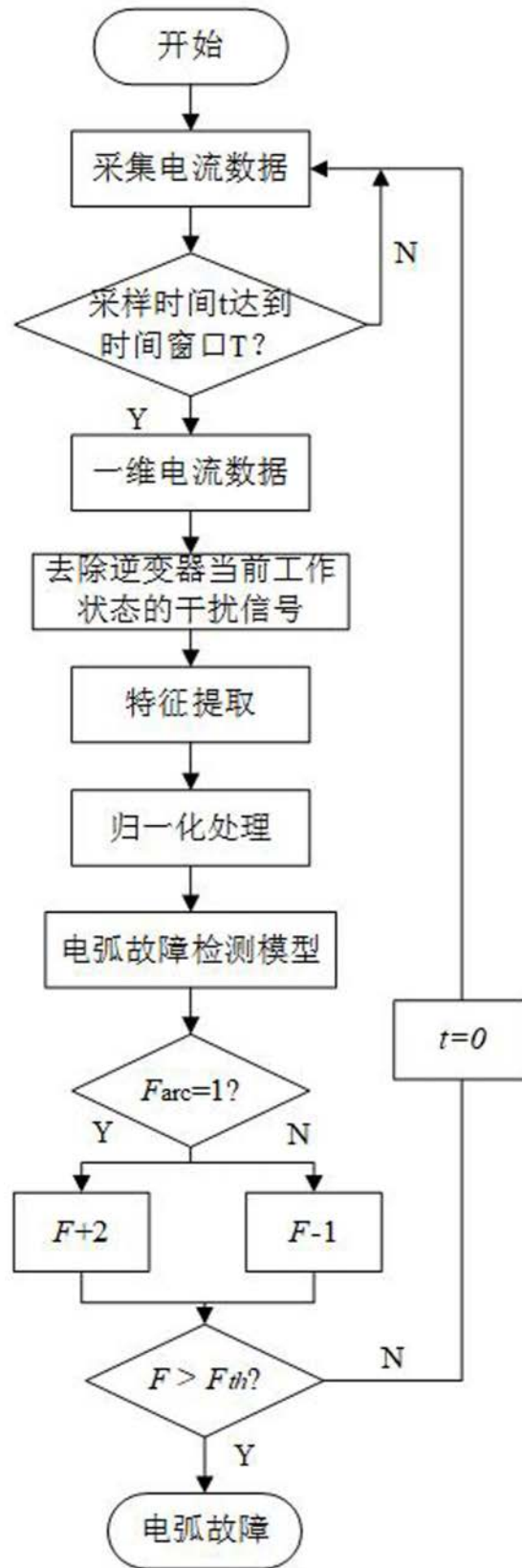


图8