



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207819564 U

(45)授权公告日 2018.09.04

(21)申请号 201721632270.X

(22)申请日 2017.11.29

(73)专利权人 丰郅(上海)新能源科技有限公司

地址 201114 上海市闵行区江月路999号5  
幢一层

(72)发明人 张永

(51)Int.Cl.

H02J 50/10(2016.01)

G01R 19/00(2006.01)

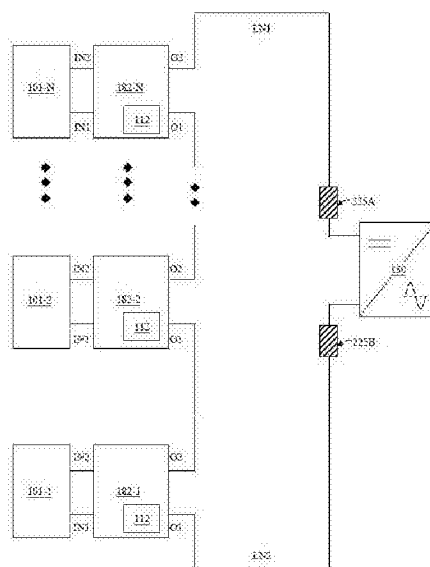
权利要求书1页 说明书12页 附图3页

## (54)实用新型名称

带有电流检测功能的故障监控系统

## (57)摘要

本实用新型主要涉及到一种带有电流检测功能的故障监控系统。众多的第一设备串联连接成一个链路，第一设备用于将它的输入端从相应的光伏组件所吸取的电能传递到它的用于提供输出功率的输出端，在耦合到链路中的首个第一设备的线路上布置有第一电流检测器和在耦合到链路中末尾的最后一个的第一设备的线路上布置有第二电流检测器，通过比对第一电流检测器检测到的第一电流值和第二电流检测器检测到的第二电流值两者是否存在误差来检测链路是否存在故障。故障监控系统能够最大限度的检测出光伏电池组串中的绝缘状态和故障电弧，为光伏发电系统的安全运营提供依据。



1. 一种带有电流检测功能的故障监控系统,其特征在于,包括:

众多的第一设备串联连接成一个链路,第一设备用于将它的输入端从相应的光伏组件所吸取的电能传递到它的用于提供输出功率的输出端;

在耦合到链路中的首个第一设备的线路上布置有第一电流检测器和在耦合到链路中末尾最后一个的第一设备的线路上布置有第二电流检测器;

通过第一电流检测器检测到的第一电流值和第二电流检测器检测到的第二电流值来识别链路中存在的故障类型;

第一设备包括用于提供输出功率的第一和第二输出端,众多的第一设备串联连接时任意前一个第一设备的第二输出端耦合到相邻后一个第一设备的第一输出端;众多的第一设备提供的总的串级电压等于它当中首个第一设备的第一输出端和末尾最后一个的第一设备的第二输出端之间的电压的叠加值;在耦合到首个第一设备的第一输出端的线路上布置有第一电流检测器和在耦合到末尾最后一个的第一设备的第二输出端的线路上布置有第二电流检测器;

由众多的第一设备将各自的输出功率提供给逆变器,链路上因为受到逆变器中存在的共模电压的激励所诱发产生的对地漏电流等于第一和第二电流值之差,链路的绝缘状态用对地绝缘漏电阻值表征且对地绝缘漏电阻值等于共模电压除以对地漏电流,并根据对地绝缘漏电阻值是否低于预警值来监控链路是否存在绝缘故障;或者

在判断链路中存在电弧的情况下,第一电流值和第二电流值不相等则链路中存在的电弧故障是并联电弧,以及在判断链路中存在电弧的情况下,第一电流值和第二电流值如果相等则链路存在的电弧故障是串联电弧。

2. 根据权利要求1所述的带有电流检测功能的故障监控系统,其特征在于:

所述第一设备是旁路装置:

用于将与旁路装置对应的一个光伏组件旁路掉而禁止向链路中提供电能,或者用于将与旁路装置对应的一个光伏组件从旁路状态切换到接入状态转而在链路中提供电能。

3. 根据权利要求1所述的带有电流检测功能的故障监控系统,其特征在于:

所述第一设备是功率优化器:

用于将与功率优化器对应的一个光伏组件的输出功率设置在最大功率点处。

4. 根据权利要求1所述的带有电流检测功能的故障监控系统,其特征在于:

第一电流检测器和第二电流检测器均为分流器。

## 带有电流检测功能的故障监控系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型主要涉及到太阳能技术领域,确切的说是,在涉及到含有光伏电池的能源架构中提供能够监测光伏电池组串绝缘状态和电弧的监控系统,最大限度的检测出光伏电池组串中的绝缘状态和故障电弧,为光伏发电系统的安全运营提供依据。

### 背景技术

[0002] 可再生能源由于具有干净、安全、无污染和再生等优点而得到广泛应用。以光伏发电为使用新能源的范例,整个直流系统含多分支网络,随着用户对供电质量和供电可靠性要求的提高,直流系统的安全可靠运行对电力系统供电的可靠性和稳定性愈显重要。直流系统主要是包括直流网络、蓄电池组、稳压装置以及逆变装置组成。光伏电站的光伏组件的数量及其分散型的地域分布极为庞大,集中式的电站尤为明显,提高直流网络可靠性的重要手段就是对整个网络的绝缘进行在线监测与接地选线,以便能够及时发现直流系统的绝缘缺陷和解决缺陷问题。光伏组件构成的电池组串架构是用户需要重点监控的对象,从而防止直流系统的绝缘故障的发生。目前直流系统的绝缘监测与接地选线大致主要有以下的可选方法:采用电桥平衡原理或注入低频信号方法等。直流系统的绝缘状态直接关系到直流系统运行的可靠性,因此在线准确地监测系统的绝缘电阻值是非常重要的,光伏电站大部分位于野外,定位电力设备的绝缘故障更显重要。电力行业的直流电系统涉及的直流电很多相对大地都是浮置运行,或是中性点接地运行的。直流系统想要可靠运行,必须实时的在线监测系统母线及支路的正负极对地的绝缘情况。

[0003] 光伏电站中的光伏组件的母线或支路的可靠性和安全性的关注点是:要努力的避免系统中出现的危害电弧。目前在电弧发生时如何监控电弧仍然没有满意的解决方案。当局部电力设备或线缆等的两个电极之间生成足够高的电压时,可能引发电弧。电压会引起电极间的气体通常为空气的离子化,等离子体逐步形成,且电流可以在电极之间流动。这样的等离子体可能会加热升高到几千摄氏度,使得代表性的明亮电弧出现。这样的高温温度可能引起系统损坏,在极端情况下甚至使系统或附近装置着火。总体而言系统中存在两种不同类型的电弧:并行电弧和串行电弧。并行电弧在发生在系统的正极和负极之间或者发生在两个电极当中的一个和大地之间发生。相对地,串行电弧并不在两个不同的线路或支路之间发生,而是在同一个电流导通的线路内发生,即在同一个线路的两个部分或两个局部片段之间发生的。串行电弧通常在某个线路中的电流被中断时发生的,譬如通过打开接触开关或在插头及电缆等被破坏的情况下发生。根据历史经验:连接设备问题,如压接力达不到要求、连接头损坏;端子、接线头、保险丝等连接处没有压紧;两个端子的连接位置处经过长时间的氧化,螺栓没有拧紧;连接线或电缆绝缘降低;施工质量不过关和压接线不好或端子固定不够牢固;设备绝缘出现问题等都可能引起电弧。

### 实用新型内容

[0004] 在本实用新型的一个可选但非必须的实施例中,披露了一种带有电流检测功能的

故障监控系统,其中主要包括:

[0005] 众多的第一设备串联连接成一个链路,第一设备用于将它的输入端从相应的光伏组件所吸取的电能传递到它的用于提供输出功率的输出端;

[0006] 在耦合到链路中的首个第一设备的线路上布置有第一电流检测器和在耦合到链路中末尾的最后一个的第一设备的线路上布置有第二电流检测器;

[0007] 通过第一电流检测器检测到的第一电流值和第二电流检测器检测到的第二电流值来识别链路中存在的故障类型。譬如:比对第一电流检测器检测到的第一电流值和第二电流检测器检测到的第二电流值两者是否存在误差来检测链路是否存在故障。

[0008] 上述的带有电流检测功能的故障监控系统,其中:

[0009] 所述第一设备是旁路装置:

[0010] 用于将与旁路装置对应的一个光伏组件旁路掉而禁止向链路中提供电能,或者用于将与旁路装置对应的一个光伏组件从旁路状态切换到接入状态转而在链路中提供电能。

[0011] 上述的带有电流检测功能的故障监控系统,其中:

[0012] 所述第一设备是功率优化器:

[0013] 用于将与功率优化器对应的一个光伏组件的输出功率设置在最大功率点处。

[0014] 上述的带有电流检测功能的故障监控系统,其中:

[0015] 由众多的第一设备将各自的输出功率提供给逆变器,链路上因为受到逆变器中存在的共模电压的激励所诱发产生的对地漏电流等于第一和第二电流值之差。

[0016] 上述的带有电流检测功能的故障监控系统,其中:

[0017] 链路的绝缘状态用对地绝缘漏电阻值表征且对地绝缘漏电阻值等于所述共模电压除以对地漏电流,藉此根据对地绝缘漏电阻值来检测链路是否存在绝缘故障。

[0018] 上述的带有电流检测功能的故障监控系统,其中:

[0019] 在判断链路中存在电弧的情况下,第一电流值和第二电流值不相等则链路中存在的电弧故障是并联电弧。

[0020] 上述的带有电流检测功能的故障监控系统,其中:

[0021] 在判断链路中存在电弧的情况下,第一电流值和第二电流值如果相等则链路存在的电弧故障是串联电弧。

[0022] 上述的带有电流检测功能的故障监控系统,其中:

[0023] 第一设备包括用于提供输出功率的第一和第二输出端,众多的第一设备串联连接时任意前一个第一设备的第二输出端耦合到相邻后一个第一设备的第一输出端;

[0024] 众多的第一设备提供的总的串级电压等于它当中首个第一设备的第一输出端和末尾最后一个的第一设备的第二输出端之间的电压的叠加值。

[0025] 上述的带有电流检测功能的故障监控系统,其中:

[0026] 在耦合到首个第一设备的第一输出端的线路上布置有第一电流检测器和在耦合到末尾最后一个的第一设备的第二输出端的线路上布置有第二电流检测器。

[0027] 上述的带有电流检测功能的故障监控系统,其中:

[0028] 第一电流检测器和第二电流检测器均包括分流器。

[0029] 光伏发电系统中使用到的直流支路或链路中存在两种不同类型的电弧:并行电弧和串行电弧,这在前文部分已经阐释。电弧检测器或具有电弧检测功能的等同仪器,很容易

快速和高效的检测到直流支路或链路中存在的电弧信号,但是如何迅速的甄别所存在的并行电弧和串行电弧仍然没有很好的甄别机制。再者共模漏电流是光伏发电系统中需要特别关注和监控的问题之一,为了保证系统的可靠运行,需要实时的在线监测直流母线及各个分散型的直流支路或直流链路的正负极对大地的绝缘情况,当某一监控点对大地的绝缘电阻低于设定的报警值时,必须能够及时的发出报警信号提醒用户解决问题。

### 附图说明

[0030] 为使上述目的和特征及优点能够更加明显易懂,下面结合附图对具体实施方式做详细的阐释,阅读以下详细说明并参照以下附图之后,本申请的特征和优势将显而易见。

[0031] 图1是在光伏电池的分布处进行故障电弧检测的范例示意图。

[0032] 图2是在光伏电池的分布处进行漏电流的检测的范例示意图。

[0033] 图3是在光伏电池的链路上统一检测首尾两端电流的示意图。

### 具体实施方式

[0034] 下面将结合各实施例,对本实用新型的技术方案进行清楚完整的阐述,但所描述的实施例仅是本实用新型用作叙述说明所用的实施例而非全部的实施例,本领域的技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的方案都属于本实用新型的保护范围。

[0035] 在光伏发电的整个系统中,核心部件通常由电池板阵列和功率逆变部分组成,逆变器和市电交流网之间在常规方案中会设置低频隔离变压器实现并网部分和电池板阵列的电气隔离,优势在于保证接触人群的安全,并可以提供电压匹配和市电进网电流直流量的分离抑制;劣势在于低频变压器在建电网成本和体积及重量方面造成了额外的成本,还导致变流的转换效率非常的低下。综合考虑优势和劣势,变压器虽然起到隔离作用但对整个光伏发电系统并非是很好的选择。相比之下,非隔离式的并网逆变器通常不需要任何高频或低频的变压器或等同设备,其功率变换效率非常高,在体积及成本控制方面也有明显的正面有效效果。逆变器在并网过程中如果摒弃隔离变压器则会在光伏电池板阵列和电网之间构建电气连接关系,导致共模电流的大幅度攀升和随之而来的安全隐患。共模电流的消除成为非隔离式并网逆变系统必须克服的难题,漏电流/电池支路绝缘状况监控的准确性是需要充分考虑的疑虑,是消弭漏电流/绝缘故障和采取应对措施的前提条件。无论隔离式还是非隔离式的逆变系统,故障电弧/绝缘故障是必须克服的问题。

[0036] 参见图1,串联型的多级功率优化器102-1至102-N各自输出的电压叠加后将总的具有较高电压值的电压提供给逆变器150,逆变器汇聚多级功率优化器各自从对应的光伏组件所收集的实际功率值。逆变器150撷取被汇总的总功率并执行直流电到交流电的标准逆变程序。以功率优化器102-N为例,其输出端的输出电压值等于它自身所收集的对应光伏组件101-N的实际功率值除以母线电流,而流经电力线LN1-LN2上的母线电流实质上等于逆变器150撷取的总功率除以逆变器150的输入电压。逆变器和功率优化器之间可以采用无线通信或电力线载波通信来实现数据信息的实时传递。

[0037] 参见图1,在可选的实施例中,逆变器150可采用飞跨电容多电平逆变器也可以是单相或多相的桥式H-BRIDGE的逆变器等。功率优化器是直流电压转换器并用于接收来自它的输入端子处的光伏组件/化工电池/燃料电池等提供的电能,进一步转换成输出端子处的

输出功率。功率优化的意义：某个功率优化器需要将与之配对某个电池或组件的输出电流和输出电压设置成该电池/组件的最大功率点。换言之，功率优化器需要将其输入功率设置成与其配对的电池/组件的最大功率点。并具备以下特征：功率优化器需要将其输出电流设置成与其配对的电池/组件的输出电流无直接关联性，功率优化器需要将其输出电压设置成与其配对的电池/组件的输出电压无直接关联性。

[0038] 参见图1，光伏组件阵列是光伏发电系统从光能到电能转换的基础。图中显示了光伏组件阵列中安装有基本的电池组串，关于电池组串：每一个电池组串架构由多个相互串联的光伏组件串接构成，光伏组件还可以替换成燃料电池或化学电池。电池组串的主要作用体现在：虽然每一个电池组串中由多个光伏组件构成而且它内部的这些多个光伏组件是串联的关系，但多个不同的电池组串实质是并联的关系并向逆变器150提供电能。在本申请中每块光伏电池或称光伏组件均配置有执行所谓MPPT最大功率点追踪演算的功率优化电路：第一级光伏组件101-1产生的电能由第一个功率优化器102-1进行功率转换以执行功率优化，第二级光伏组件101-2产生的电能由第二个功率优化器102-2进行功率转换，至第N级光伏组件101-N产生的光伏电能由第N级的功率优化器102-N进行功率转换以执行功率优化，这里的N为大于1的自然数。与每块光伏电池对应的功率优化器输出的功率才表征该光伏电池提供在电池组串上的实际功率。

[0039] 参见图1，在可选但非必须的实施例中，假定某个电池组串架构内部串接有第一级光伏组件101-1、第二级光伏组件101-2…依此类推至第N级的光伏组件101-N，第一级的功率优化器102-1用于将第一级光伏组件101-1的电压源执行MPPT最大功率追踪而进行电压转换并输出 $V_1$ ，依此类推，直至第N级的功率优化器102-N用于将该第N级的光伏组件101-N的光伏电压源执行最大功率追踪而进行电压转换并输出 $V_N$ 。则可以获悉单独电池组串上能够提供的总的串级电压大约等于：第一级的功率优化器102-1能够输出的电压值 $V_1$ 加上第二级的功率优化器102-2所输出的电压 $V_2$ 然后再加上该第三级的功率优化器102-3所输出的电压 $V_3$ …，依此类推，累加到第N级的功率优化器102-N能够输出的电压值 $V_N$ ，总的串级电压的结果等于 $V_1+V_2+\dots+V_N$ 。功率优化电路或称之为功率优化器可以采用升压型的电压转换电路、降压型的电压转换电路或升降压型的电压转换电路或者库克电路CUK等。某个电池组串架构中满足第一级的功率优化器102-1、第二级的功率优化器102-2直至第N级的功率优化器102-N等通过电力线串联连接，电力线上由功率优化器102-1至102-N各自输出的电压所叠加得到的串级电压被输送给汇流箱或逆变器等电力设备汇流和逆变后再并网。功率优化器102-1至102-N各自的输出功率汇总后再输送给逆变器150供电，逆变器还可以替换成为蓄电池充电的充电器。

[0040] 参见图1，第一级的功率优化器102-1至第N级的功率优化器102-N等各个电压转换电路均设有下文提及的处理器112，转换器BUCK、BOOST、BUCK-BOOST等类型的电压转换电路在本领域中执行功率追踪MPPT演算，是由处理器112输出的脉冲宽度调制信号PWM实现的。本领域的技术人员都知道，脉冲宽度调制信号PWM主要是驱动电压转换电路中的功率开关元件来实现对电池电压的升压、降压和升降压等。在开关电源系统中，电源采用功率半导体器件作为开关元件，通过周期性通断开关，控制开关元件的占空比来调整输出电压。开关电源主要由输入电路、变换电路以及输出电路和控制单元等部分组成，功率变换是核心，主要由开关电路组成，为了满足高功率密度要求，变换器需要工作在高频状态，开关晶体管要采

用开关速度高、导通和关断时间短的晶体臂,典型的功率开关有功率晶闸管、功率场效应晶体管和绝缘型双极型晶体管等多种。控制方式分为脉冲宽度调制、脉宽调制和频率调制混合调制、脉冲频率调制等多种,脉冲宽度调制方式的最常用的调制方式。直流到直流的DC/DC变换器如电压变换器、电流变换器等适用于功率优化器,功率优化器是直流电到直流电的变换器,属于开关电源的范畴并且也是单组件级别的电池最大功率追踪电力设备。同时逆变器150采用的逆变电路同样也属于开关电源系统的应用。开关模式电源根据输入和输出电压形式的不同,分为交流电到交流电的变换器如变频器、变压器,也分为交流电到直流电的变换器如整流器,和分为直流电到交流电的变换器,还分为直流电到直流电的变换器如电压变换器、电流变换器。逆变器则属于直流电到交流电的变换器譬如各种单相或多相的逆变器。

[0041] 参见图1,串联的第一级的功率优化器102-1至第N级的功率优化器102-N它们均通过直流母线即电力线LN1-LN2向逆变器150提供电能/电源,逆变器将直流母线电源执行直流到交流电的逆变,产生的交流电可本地使用或并网。譬如逆变器含飞跨电容式的多电平逆变器或单相半桥、单相全桥、推挽式、三相桥式逆变器等,图中没有展示出来的为逆变器配置的处理器或微处理单元所输出的脉宽调制信号可以用于驱动逆变器。在很多逆变场合的理论依据是用一系列等幅度但宽度不同的较窄的脉冲来代替一个正弦波,正弦波被分成若干的等分,也可以看成若干个彼此相连的脉冲序列。业界SPWM波形的原理是以正弦波作为逆变器输出的期望波形,以频率比期望波高的等腰三角波作为载波,用频率和期望波形相同的正弦波作为调制波,当调制波与载波相交时,由它们的交点确定逆变器开关器件的通断时刻,从而获得在正弦调制波的半个周期内呈两边较窄但是中间较宽的系列等幅度而等宽不等的矩形波。所谓的SPWM波形:也即脉冲宽度按正弦规律变化而和正弦波等效的PWM波形,可以实现直流电到交流电的逆变目的。

[0042] 参见图1,在开关电源系统中,充分利用视为功率优化器的直流到直流的电压变换器这种开关电源自身的特性:第一级的功率优化器102-1的第一输入端IN1耦合到对应的第一级的光伏组件101-1的负极和第二输入端IN2耦合到第一级的光伏组件101-1的正极从而在第一级的功率优化器102-1的第一输出端O1和第二输出端O2之间输出对该光伏组件进行功率转换后的输出功率,通常第一级的功率优化器102-1的输出电压是满足第二输出端O2的电位减去第一输出端O1的电位就等于其输出电压。再以其他的开关电源作为范例阐释:第N级的功率优化器102-N的第一输入端IN1耦合到对应的第N级的光伏组件101-N的负极,以及第二输入端IN2耦合到第N级的光伏组件101-N的正极从而在第N级的功率优化器102-N的第一输出端O1和第二输出端O2之间输出对该光伏组件进行功率转换后的输出功率,通常是第N级的功率优化器102-N的输出电压满足了第二输出端O2的电位减去第一输出端O1的电位就等于其输出电压。需要注意的是功率优化器自身将它的第一输入端IN1和第二输入端IN2之间从相应的光伏组件所吸取的电能转换成/传递到从它的第一输出端O1和第二输出端O2输出的输出功率。功率优化器的输入端接收的组件输出电流和功率优化器的输出端的电流无直接关联性,功率优化器的输入端接收的组件输出电压和功率优化器的输出端的电压无直接关联性,功率优化器将输入端接收的组件的输出电流及输出电压设置成对应的光伏组件的最大功率点。

[0043] 参见图1,串联型的功率优化器采用的是固定电压的设计理念:逆变器的控制模块

会根据交流端的交流电压确定一个稳定的直流母线的电压,逆变器汇总各串联的功率优化器收集到的功率值,进而可以得到母线电流。此时任何一个优化器输出端的电压等于它所收集的光伏组件的功率除以母线电流。组件出现被遮挡的异常后,被遮挡的组件对应的优化器会根据伏安曲线重新确定最大输出功率值,在维持直流母线电压不变的前提下,逆变器重新计算母线电流例如变小,由于被遮挡的光伏组件的功率降低,导致遮挡的光伏组件所对应的优化器也会降压来确认输出电流达标。未被遮挡的光伏组件所对应的优化器则会升压来达标输出电流。如果组件被遮挡的过于严重,功率优化器就会旁路掉被遮挡严重的组件直到组件恢复到可工作状态,电池组串架构的优化其实是电压补足的过程。

[0044] 参见图1,功率优化器功能上的最大特点就是组件和逆变器功能性分开,有别于传统的光伏发电系统。看似组件通过优化器接入逆变器,事实上组件只是用来启动优化器而优化器收集该光伏组件的最大功率后相互协作给逆变器。譬如固定电压的技术,不仅解决了光伏发电系统的部分遮挡的问题,对于多组串的系统,各组串组件数量也不需要相等甚至同一串组内的各组件的阳光朝向/位置摆设也不需要一样。除了电路拓扑在结构上的优势之外,功率优化器在最大功率点追踪算法上也有着极大的优势。传统的最大功率点的追踪算法基本都是基于两种:爬山法和逻辑测算法。先进的追踪法这些还采用结合法:比如爬山法结合常数范围法,配合固定时间间隔的全扫描法来寻找最大功率点;也有结合斜率极性法和电导增量法,配合探测步伐控制法来寻找最大功率点算法在理想测试条件下准确率都可以达到99%以上。基于这种在功率上的转换模式优势,可以让优化器相较于传统的逆变器有着5-30%左右的电能提升。不同于微型逆变器的有限交流功率,功率优化器可以完全传输收集到的功率给逆变器。现有技术中针对光伏电池的最大功率追踪的任何方案适用于本申请的电压转换电路,常见的最大功率追踪法有恒定电压法、电导增量法以及扰动观察法等,本申请不再对如何执行MPPT的方案予以赘述。

[0045] 参见图1,多级的功率优化器102-1至102-N按照如下规律串联连接:任意前一级功率优化器的第二输出端通过电力线耦合到相邻后一级功率优化器的第一输出端。以实际的连接关系示范:功率优化器102-1和功率优化器102-2相邻且串联。在多级且是串联的功率优化器的关系中:前一级功率优化器102-1之第二输出端02连到所谓后一级功率优化器102-2之第一输出端01,前一级功率优化器102-2之第二输出端02连到后一级功率优化器102-3之第一输出端01等等。则串联的多级功率优化器提供的总的串级电压等于优化器102-1至102-N它们各自的输出电压的叠加值。也可以认为:首个第一级的功率优化器102-1的第一输出端01和末尾的最后一级功率优化器102-N的该第二输出端02之间可以提供多个功率优化器的串级电压。首个第一级的功率优化器102-1的所谓第一输出端01相当是多级功率优化器的等效负极,对立的,末尾的最后的一级功率优化器102-N的第二输出端02相当于是多级功率优化器的等效正极,一组电力线/直流母线中的一者LN1耦合到等效正极及一组电力线中的另一者LN2耦合到等效负极。注意我们规定多级功率优化器串联时首个第一级功率优化器102-1的第一输出端01的电位是最低的,以及还规定了末尾的最后一级功率优化器102-N的第二输出端02的电位是最高的,以上情形是比较不同的功率优化器各自的输出端电位的前提。直流母线也即所谓的两个电力线LN1-LN2分别耦合到逆变器150的一对输入端,逆变器稳定输入电压的设计理念也即相当于是需要稳定直流母线的电压。

[0046] 参见图1,在光伏发电领域,因为各种接头/接触端子譬如多级优化器彼此之间的



连接端子之间会发生接触不良、老化、短路等引起拉弧,电弧故障很大部分原因是由于电缆导线的电气绝缘性能老化破损及污染和空气潮湿引起空气被击穿。另外接触点位置电气松动也是缘由之一,是穿过绝缘介质而连续发光和放电的过程,电弧放电的明显特征是伴随着强光和热及噪声、电磁辐射、电压电流的高突变率等。串行电弧和并行电弧是最主要和需要重点关注的电弧故障。串联型功率优化器系统中定位故障最简单的方法:在多级功率优化器102-1至102-N中为每一个功率优化器均配置检测电弧的电弧传感器115。单独检测每个功率优化器的输出端的电弧情况,当功率优化器的输出端附近发生电弧故障时其处理器马上就能感知电弧传感器115发出的电弧报警信号,处理器进一步将故障电弧事件发送给接收终端并作为一种警示。为每个功率优化器单独配置一个电弧传感器来侦测该功率优化器的故障电弧存在某些不利因素:成本显著增加,每个功率优化器附带一个电弧传感器产生的额外成本可能超过整体成本的二分之一。还会导致电弧检测精度降低,不同的功率优化器自身产生的故障电弧可能被串接的链路中的其他功率优化器的电弧传感器捕获到,导致无法分清到底是那一个功率优化器产生的真实电弧。

[0047] 参见图1,在光伏发电领域,光伏组件的金属边框是接大地GND,大部分光伏组件的边框采用金属铝,基于安全考虑是原因之一。发现该光伏组件101-1至101-N各自的正负极到地之间会寄生有各类电容。太阳能电池板对大地的分布电容主要取决于电池板自身的面积和当地的土壤性质及周边的空气湿度以及组件安装方式等因素,寄生电容完整的模型比较复杂。实质上优化器本身部分结构在必要时也需要接地,例如采用金属外壳时其外壳也必须接大地。功率优化器的输出端可能和大地之间也有寄生的分布电容。逆变器通过交流输出将交流电并网到电网,电网的接地点和光伏组件的金属边框的接地点之间分布有地阻抗,同样电网的接地点和功率优化器的接地点之间也分布有类似的地阻抗,以及电网的接地点和逆变器的接地点之间分布有地阻抗等。业界不可忽略的问题是:各种逆变器的逆变桥(如半桥、单相全桥等)或桥臂,会产生所谓的差、共模电压并且进一步导致在共模回路中,产生共模漏电流。光伏组件和功率优化器的对地共模漏电流问题需要引起特别地重视,光伏组件和功率优化器的对大地之间的寄生电容在湿度和当地灰尘等因素的影响下不允许被忽视,可以达到很高的数值。高频的共模电流会导致并网电流谐波和无意义的损耗增加,也会引起电磁干扰从而影响到整个系统中的各个电气设备并产生严重的安全隐患,其发生机制主要在于光伏组件或者功率优化器和逆变器及电网通过寄生的电容形成共模回路,共模回路中的共模电压的迅速变化引起回路中杂散电感、电容反复充放电而产生所谓的共模漏电流。光伏发电系统和电网并非是理想的对地绝缘系统,整个直流系统的绝缘较差甚至发生单相接地故障,会产生较大的漏电流和对接的接地故障电流,即使预先设置起保护作用的开关断路装置但由于漏电流或许不足以触发开关断路电器。故障长期存在会导致的问题:局部发热使得绝缘损坏加剧,产生电弧故障甚至引起火灾,当故障扩大直至两根直流母线对地绝缘极差时就会引起两根直流母线短路而造成系统跳闸。

[0048] 参见图2,在光伏发电领域,直流电系统大部分是对地浮置的方式,或者是中性点接地来运行是基于电力发展初期形成的惯例。为了保证直流电系统的可靠运行,需要实时的在线监测系统母线及各个支路的正负极对地的绝缘情况,当某一点对地绝缘电阻低于设定的报警值时,及时发出报警信号,并给出故障点。通常在串联型功率优化器系统中定位绝缘故障最简单的方法是:在多级的功率优化器102-1至102-N中为每一个功率优化器均配置

一个检测漏电流的漏电流传感器125,从而单独的检测每个功率优化器的输出端的漏电流情况,当功率优化器的输出端附近发生绝缘故障时其处理器112马上就能感知漏电流传感器125检测出的漏电流情况,功率优化器的每个输出端的对地电压除以其对地漏电流就近乎等于其对地绝缘电阻。漏电流传感器125可兼容于传统的直流微电流测量式的电量隔离传感器,测量方式可为穿孔结构,无插入损耗及过载能力强,抗电磁干扰能力强而且电源适应范围宽,其输入和输出之间都不共地,输入信号为直流微电流,甚至还可以采用输出为RS-485等通讯接口的传感器,从而测量直流系统绝缘漏电流,藉此用于直流电源系统各回路的绝缘监测。处理器112进一步将漏电流情况及是否发生对地绝缘事件发送给接收终端并作为一种警示,当某一个功率优化器的对地绝缘电阻低于设定的报警值时处理器就会及时发出报警信号,给出故障点。各个支路譬如功率优化器的每个输出端的对地电压可直接采用当前的电压传感器测量,图中没有特别示意出。该绝缘监测方式是多级功率优化器链路上需要单独为每一个功率优化器的支路绝缘监测配套至少一个的漏电流传感器,数量居多的漏电流传感器是构成接地绝缘监的主要成本。任意某个光伏组件的对地漏电流在与之对应的一个功率优化器的前侧输入线上进行测量,光伏组件由前侧输入线向功率优化器提供光伏电能,对地漏电流是每个功率优化器的分别耦合到光伏组件正负极的一组前侧输入线(如耦合到输入端子IN1-IN2的输入线)上的电流之差。或任意某个光伏组件的对地漏电流在与之对应的一个功率优化器的后侧输出线上进行测量,功率优化器由后侧输出线(如耦合到输出端子O1-O2的输出线)输出其进行功率转换后的输出电压,此时对地漏电流是每个功率优化器用于提供其输出电压的一组后侧输出线上的电流之差。从前侧输入线上测量的对地电压及对地漏电流或者从后侧输出线上测量的对地电压及对地漏电流能计算出某个组件及其配套的优化器的对地绝缘电阻。

[0049] 参见图1,作为替代性质的一个实施例,电弧故障事件是在串联连接起多级功率优化器的直流母线也即电力线LN1-LN2上整体性检测的,而无需单独在每一级功率优化器的输出端进行检测,即无需到耦合于输出端子O1-O2的输出线上进行检测,当然也无需再在每一级功率优化器的输入端进行检测即无需到耦合于输入端子IN1-IN2的输入线上进行检测。优势在于:假设功率优化器的数量为N则用到的电弧传感器115仅仅就是直流母线的的一个即可,比原来节省N-1个数量的电弧传感器。优化器102-1至102-N中无需再为每一个功率优化器均配置一个检测电弧信号的电弧传感器,反而直接在母线上整体性的检测每个功率优化器的输入端和/或输出端的电弧情况,某个电弧传感器115譬如被安装在逆变器一侧并和逆变器所配置的处理器配合使用,电力线穿过穿孔式的或穿插式的电弧传感器,电弧的监测也属于电气隔离式的。当整个链路中的任何一级的功率优化器的输入端和/或输出端附近发生电弧故障时电弧传感器115发出电弧报警信号,逆变器配置的处理器或微处理单元接收到电弧传感器115发出的电弧报警信号后再进一步将故障电弧事件发送给接收终端并作为一种警示。这种警示可以是多种类型的,譬如以刺耳的鸣笛声音或闪烁的警示灯等作为醒目的提示,接收终端就相当于报警设备,此外还可以将故障电弧事件的信号发送给断路器,直接切断母线电压来避免更大的损失。相比而言,不仅仅是电弧传感器的使用数量大幅度地减少。实现高精度度的故障电弧检测的手段:由多级功率优化器102-1至102-N串联连接并向逆变器150提供电能,逆变器以进行直流电到交流电的逆变,交流电可以并网到电网或直接在本地线下使用。整个串联链路中每一级功率优化器102-N均用于对与其相

配的一个光伏组件101-N执行最大功率点追踪,所谓最大功率点追踪也即功率优化器将与功率优化器适配的某个光伏组件101-N的输出电流和输出电压在功率转换过程中设置成该光伏组件101-N的最大的功率点,功率优化器起到将接收端接收到的电能转化成输出端的输出功率的作用。

[0050] 参见图2,作为替代性质的一个实施例,绝缘故障事件是在串联连接起多级功率优化器的直流母线也即电力线LN1-LN2上整体性检测的,而无需单独在每一级功率优化器的输出端进行检测也即无需到耦合于输出端子O1-O2的输出线上进行检测,当然也无需再在每一级功率优化器的输入端进行检测也即无需到耦合于输入端子IN1-IN2的输入线上进行检测。优势为:设功率优化器的数量为N则用到的漏电流传感器125仅仅是直流母线的的一个即可,比之前节省N-1个数量的漏电流传感器。优化器102-1至102-N中无需为每一个功率优化器均配置一个检测绝缘故障的漏电流传感器。在母线上整体性的检测每个功率优化器的输出端的对地绝缘情况:譬如两个作为母线的电力线LN1-LN2穿过某个穿孔式的或穿插式的漏电流传感器125,漏电流的检测也属于电气隔离式的,而漏电流传感器可以和逆变器配置的处理器的配合使用。通过漏电流传感器125可以检测出直流母线的漏电流情况:漏电流传感器运行时,实时监控母线上传感器的输出信号,当母线绝缘情况正常时,流过漏电流传感器的电流大小相等和方向相反,其输出信号为零;当母线存在不良接地时,漏电流传感器有差值电流流过,传感器的输出不为零。当任何一级的功率优化器的输入端和/或输出端附近发生绝缘故障时,漏电流传感器125就可以检测出直流母线的漏电流。利用电压传感器检测出两个母线分别对地的对地电压而又通过漏电流传感器检测出了直流母线的对地漏电流,可以计算出两个母线分别对地的对地绝缘电阻。最终通过测量母线正负极的对地电压,以及各个母线支路对地的直流漏电流,计算得出母线支路的对地绝缘电阻。具体的计算方式就是两个母线分别对地的对地电压除以各自的对地漏电流就是各自的对地绝缘电阻值。为保证包含串联功率优化器的直流系统的可靠运行,需要实时的在线监测系统母线及各个功率优化器支路的正负极对地的绝缘情况,当某一点的对地绝缘电阻低于设定的报警值时,及时发出报警信号并给出故障位置点。

[0051] 参见图3,相当于前文图1-2中的每个功率优化器被一个旁路装置替换掉。第一级旁路装置182-1、第二级旁路装置182-2直至所谓的第N级的旁路装置182-N等均通过串接线串联连接,在多级旁路装置182-1至182-N串联连接的链路中连接关系为:任意所谓前一级旁路装置的第二输出端耦合到相邻后一级旁路装置的第一输出端,链路提供的总的串级电压等于它当中多级旁路装置各自的输出电压的叠加值。链路具体关系为:第一级旁路装置182-1的第二输出端O2耦合到相邻后一级也即第二级旁路装置182-2的第一输出端O1,以及第二级旁路装置182-2的第二输出端O2耦合到相邻后一级也即第三级旁路装置182-3的第一输出端O1,依此类推第N-1级的旁路装置的第二输出端O2耦合到它相邻的后一级旁路装置182-N的第一输出端O1。从而可以认为传输串接线上由多级的旁路装置182-1至182-N各自输出的电压所叠加得到的串级电压被输送给类似于汇流箱或者逆变器等电力设备进行汇流再逆变等,串级电压由母线LN1-LN2输送。

[0052] 参见图3,光伏组件101-N利用旁路装置182-N执行接入到由多级旁路装置串联构成的链路中的切换—即旁路装置182-N将光伏组件101-N接入到链路中的操作,或执行从链路中断开的切换—即旁路装置182-N将光伏组件101-N从链路中移除的操作。在链路架构中

设定旁路装置182-N的第一输入端IN1连到光伏组件101-N负极,和在链路架构中设定旁路装置182-N的第二输入端IN2连到光伏组件101-N正极。在可选的但非限制性的实施例中,旁路装置182-N的第一输出端O1和第二输出端O2可以输出对应的所述光伏组件101-N产生的功率,也即利用旁路装置替代了图1的功率优化器。在可选的旁路装置182-N的拓扑结构中:定义的接入开关可以耦合在第二输入端IN2与旁路装置的第二输出端O2之间,或接入开关耦合在第一输入端IN1与第一输出端O1之间。总之定义的接入开关要么被耦合在组件的正极和第二输出端O2之间或者被耦合在组件的负极和第一输出端O1之间。旁路装置拓扑中定义的移除开关则耦合在第一输出端O1与相应的第二输出端O2之间。旁路装置182-N的工作机制:其配置的处理器112驱动接入开关接通则该光伏组件101-N就被接入到多级旁路装置串联连接的链路中并向串级电压来贡献自己的电压和功率部分,此时处理器112还驱动移除开关被关断,即旁路装置将光伏组件接入到链路中的操作。反之旁路装置182-N配置的处理器112驱动定义的移除开关接通则光伏组件101-N就被从多级旁路装置串联连接的链路中屏蔽/旁路掉,从而光伏组件101-N无法再向链路的串级电压来贡献自己的电压和功率部分,处理器112此时还驱动定义的接入开关被关断,即旁路装置将光伏组件从链路中移除的操作。可见旁路装置的功能体现在:用于将与其对应的光伏组件旁路掉而禁止向链路中提供电能,或用于将与其对应的光伏组件从屏蔽/旁路状态切换到接入状态转而在链路中提供电能。如果定义的接入开关被耦合在第二输入端IN2与第二输出端O2之间则第一输入端IN1与旁路装置的第一输出端O1可以直接耦合在一起。如果定义的接入开关被耦合在第一输入端IN1与第一输出端O1之间则第二输入端IN2与第二输出端O2可以直接耦合在一起。

[0053] 参见图3,在可选的旁路装置182-N的拓扑结构中:某个定义的接入开关可以耦合在其第二输入端IN2与第二输出端O2之间,或者接入开关耦合在第一输入端IN1与相应的第一输出端O1之间。总之旁路装置当中定义的所谓接入开关要么被耦合在组件的正极和第二输出端O2之间要么被耦合在组件的负极和第一输出端O1之间。旁路装置拓扑中定义的旁路二极管则耦合在第一输出端O1与相应的第二输出端O2之间,旁路二极管用来取代前文提及的移除开关并起到相同的作用。旁路二极管Bypass-Diode的阴极连到旁路装置的第一输出端O1而阳极连到旁路装置的第二输出端O2。旁路装置182-N的处理器驱动接入开关接通则该光伏组件101-N就被接入到多级旁路装置串联连接的链路中并向串级电压来贡献自己的电压和功率部分,旁路二极管会反向的截止,即旁路装置将光伏组件接入到链路中的操作。旁路装置182-N配置的该处理器112驱动定义的接入开关被关断则光伏组件101-N就被从多级旁路装置串联连接的链路中屏蔽/旁路掉,以至于所谓的光伏组件101-N无法再向该链路的串级电压来贡献自己的电压和功率部分,并且该旁路二极管会正向的导通,即旁路装置将光伏组件从链路中移除的操作。可见旁路装置的功能体现在:用于将与其对应的光伏组件旁路掉而禁止向链路中提供电能,或用于将与其对应的光伏组件从屏蔽/旁路状态切换到接入状态转而在链路中提供电能。

[0054] 参见图3,监控系统中众多的旁路装置182-1至182-N串联连接成一个链路且旁路装置用于将它的输入端从相应的光伏组件所吸取的电能传递到它的用于提供输出功率的输出端,譬如:旁路装置182-N用于将输入端IN1-IN2从相应的光伏组件101-N所吸取的电能传递到它的用于提供输出功率的输出端O1-O2。在图1和图2的实施例的基础上实施了如下的改进措施:在耦合到链路中首个旁路装置182-1的线路上布置有第一电流检测器225B,在

耦合到链路中末尾的最后一个的旁路装置182-N的线路上布置有第二电流检测器225A,第一电流检测器225B布置在电力线LN2上第二电流检测器225A布置在电力线LN1上。目的是通过比对该第一电流检测器225B检测到的第一电流值I1和该第二电流检测器225A检测到的第二电流值I2两者是否存在误差来检测链路中是否存在某些类型的故障。因为我们可以通过比对第一电流检测器检测到的第一电流值和第二电流检测器检测到的第二电流值两者之间的关系来识别链路中存在的故障。注意被应用到旁路装置架构中的第一电流检测器225B和第二电流检测器225A还可以应用到图1-2的关于功率优化器的实施例中,只不过旁路装置被替换成功率优化器。

[0055] 参见图3,由旁路装置182-1至182-N将各自的输出功率提供给逆变器,或者由前文提及的功率优化器102-1至102-N将各自的输出功率提供给逆变器,逆变器中天然地会存在着差、共模电压,而链路上因为受到逆变器中存在的共模电压的激励所诱发产生的对地漏电流等于第一电流值I1和第二电流值I2之差。链路的绝缘状态用对地绝缘漏电阻值表征且对地绝缘漏电阻值等于所谓共模电压除以对地漏电流,藉此根据对地绝缘漏电阻值来检测链路是否存在绝缘故障:判断对地绝缘漏电阻值是否低于预设的某个预警值来监控链路是否存在绝缘故障,低于预警值则意味着存在绝缘故障,只有在对地绝缘漏电阻值不低于预设的预警值时才能表示绝缘状态较好且不存在任何不可接受的绝缘故障。常规使用的漏电流传感器环绕安装在直流回路的正极负极的出线线路上,当直流系统运行时实时检测各支路分配的漏电流传感器的输出信号,当支路绝缘情况正常时,流过漏电流传感器的电流大小相等,方向相反,其输出信号为零;当支路有接地时,漏电流传感器有差值电流存在而且漏电流传感器的输出不为零。因此通过检测各支路漏电流传感器的输出信号就可以判断直流系统接地支路。第一电流检测器225B和第二电流检测器225A各自采样的所述第一电流值I1和第二电流值I2可用于分析绝缘情况:当支路绝缘情况正常时流过所谓的第一和第二电流检测器的电流大小相等,方向相反;当支路有接地时第一和第二电流检测器的电流有差值电流存在,证明绝缘情况不佳。则第一和第二电流检测器实质上可以替代传统的漏电流传感器来检测绝缘故障而节省成本和提高检测精度。

[0056] 参见图3,由旁路装置182-1至182-N将各自的输出功率提供给逆变器,或者由前文提及的功率优化器102-1至102-N将各自的输出功率提供给逆变器。在判断链路中存在电弧的情况下,例如可以通过电弧传感器来侦测电弧信号,或者直接利用第一电流值和第二电流值来分析链路中是否存在电弧。电弧传感器分析电力线LN1-LN2中是否存在电弧是通过分析电力线LN1-LN2的电流信息来甄别电弧信号的,只要将第一电流值I1和所述第二电流值I2的信息提供给逆变器或优化器或旁路装置的处理单元,处理单元基于电弧的侦测原理也即电弧传感器的工作原理,同样可以识别出第一电流值和第二电流值的数据中是否存在故障电弧信号。甚至于还可以让电弧传感器直接利用第一电流检测器和第二电流检测器225B-225B抓取的第一电流值和第二电流值数据来感测和判断电弧信号。在可选的但非必须的实施例中,在判断链路中存在电弧的情况下,第一电流值和第二电流值不相等则认为链路中存在的电弧故障是并联电弧;在判断链路中存在电弧的情况下,第一电流值和第二电流值如果相等则认为链路存在的电弧故障是串联电弧。在可选的但非必须的实施例中,多级串联的旁路装置182-1至182-N将各自的输出功率提供给逆变器,或多级串联的功率优化器102-1至102-N将各自的输出功率提供给逆变器:则耦合到首个功率优化器102-1的第一输

出端01的电力线线路上布置有第一电流检测器225B,耦合到末尾最后一个的功率优化器102-N的所述第二输出端02的电力线线路上布置有第二电流检测器225A。第一和第二电流检测器225B-225B可以采用分流器。第一电流检测器和第二电流检测器各自采样的第一和第二电流值I1-I2可用于分析电弧情况:当支路中没有电弧信号时第一和第二电流值当中没有混合任何电弧所在的高频频带信号;当支路中存在电弧信号时则第一和第二电流值中明显的混合了带有电弧所在的高频频带的信号。因此我们宣称第一和第二电流检测器实质上可以替代传统的电弧传感器来检测直流电弧故障而节省成本和提高电弧检测精度,电流检测器的作用是可以从第一和第二电流值当中甄别或识别或提取出存在的直流电弧信号,然后分析是并联电弧还是串联电弧。在判断链路中存在电弧的情况下例如从第一和第二电流值当中抓取到电弧,第一电流值和第二电流值不相等则链路中存在的电弧故障是并联电弧。在判断链路中存在电弧的情况下例如从第一和第二电流值当中抓取到电弧,第一电流值和第二电流值如果相等则链路存在的电弧故障是串联电弧。根据前文可知,通过第一电流检测器检测到的第一电流值和第二电流检测器检测到的第二电流值来识别链路中存在的故障类型:绝缘故障、串联和并联电弧故障。本申请的优势是借助电流检测器监测的电流结果来得到组串架构的直流电流信息,而不需要再额外的采用其他的电流检测手段,也即电流检测器兼顾多项功能。

[0057] 以上通过说明和附图,给出了具体实施方式的特定结构的典型实施例,上述实用新型提出了现有的较佳实施例,但这些内容并不作为局限。对于本领域的技术人员而言,阅读上述说明后,各种变化和修正无疑将显而易见。因此,所附的权利要求书应看作是涵盖本实用新型的真实意图和范围的全部变化和修正。在本申请权利要求书范围内任何和所有等价的范围与内容,都应认为仍属本实用新型的意图和范围内。

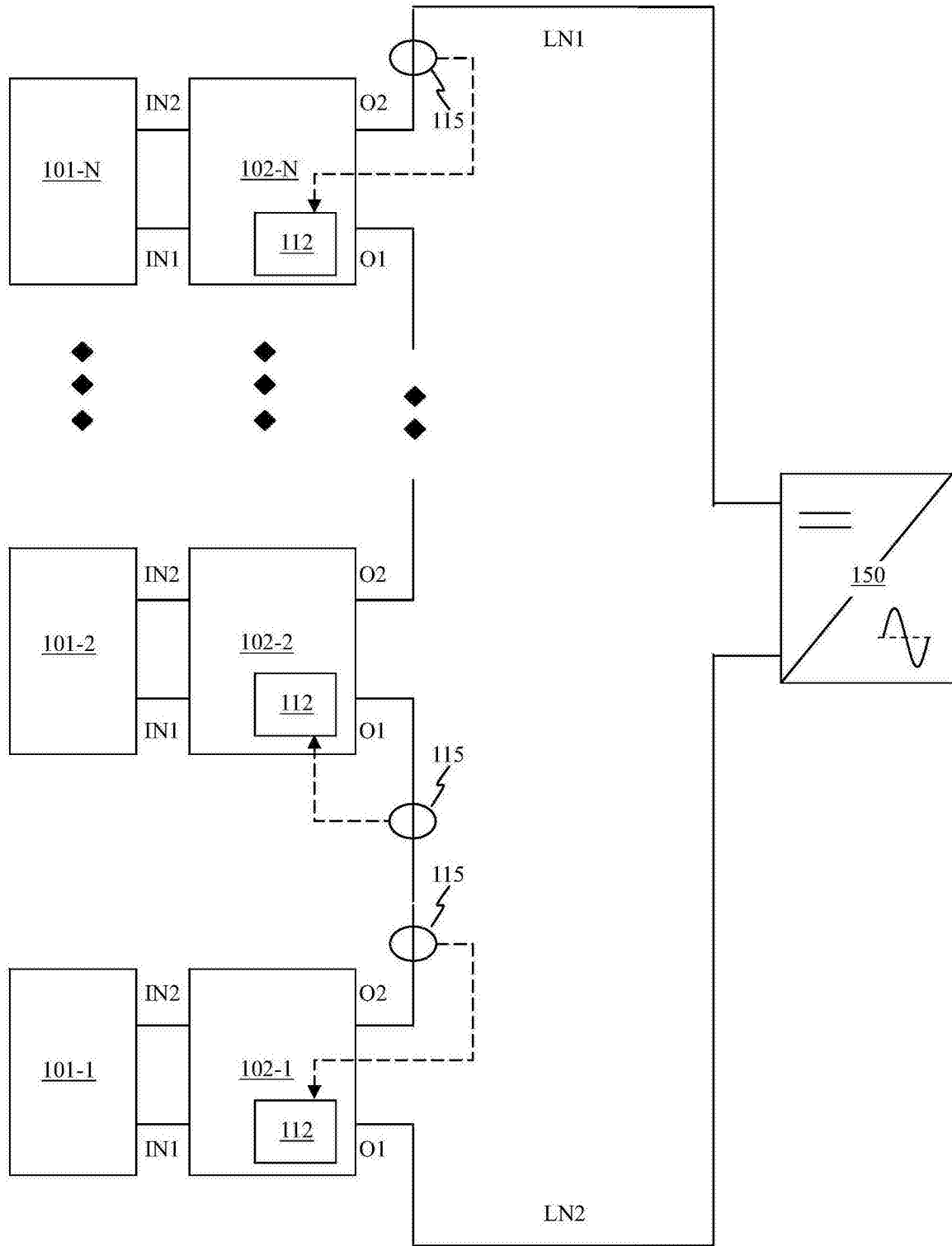


图1

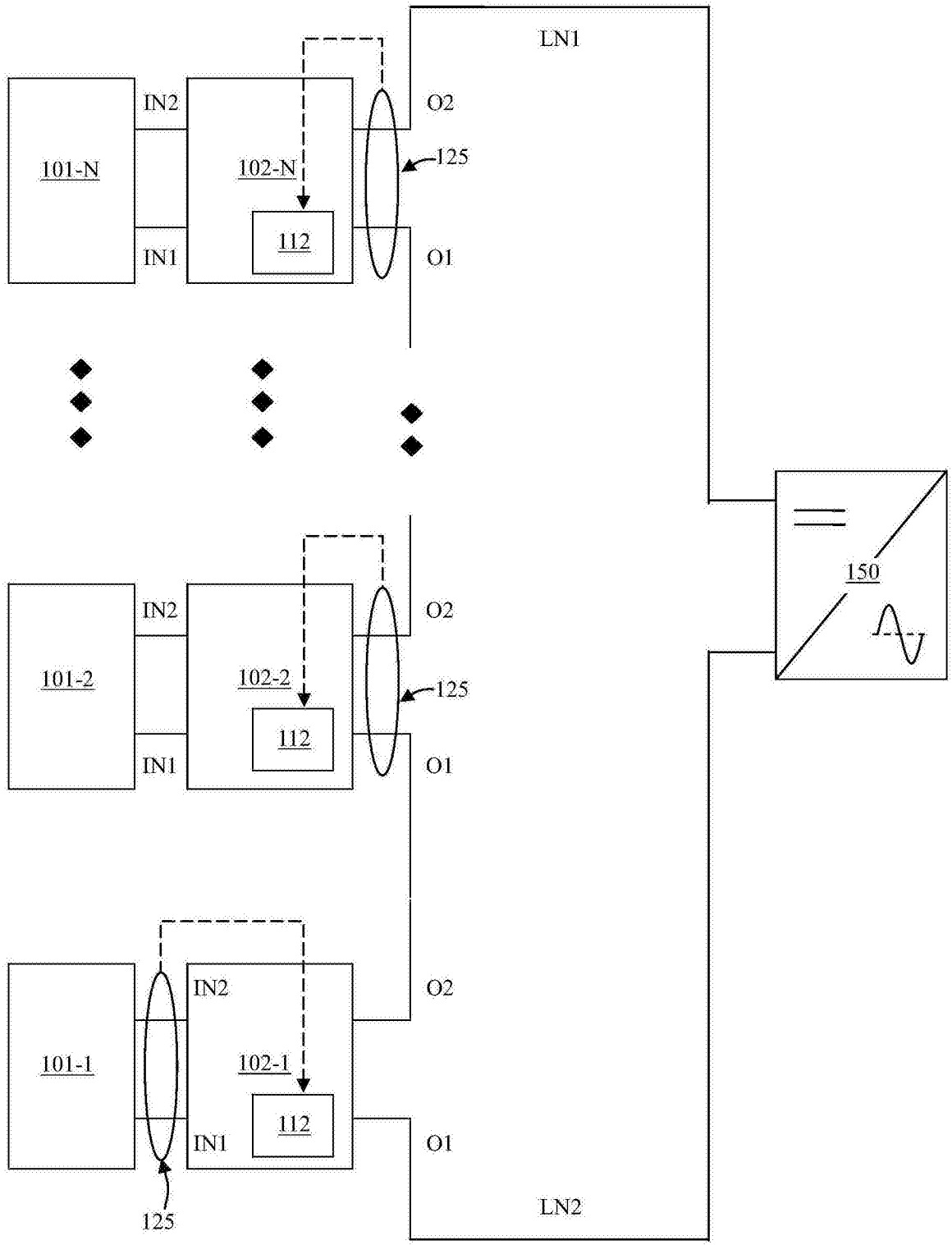


图2



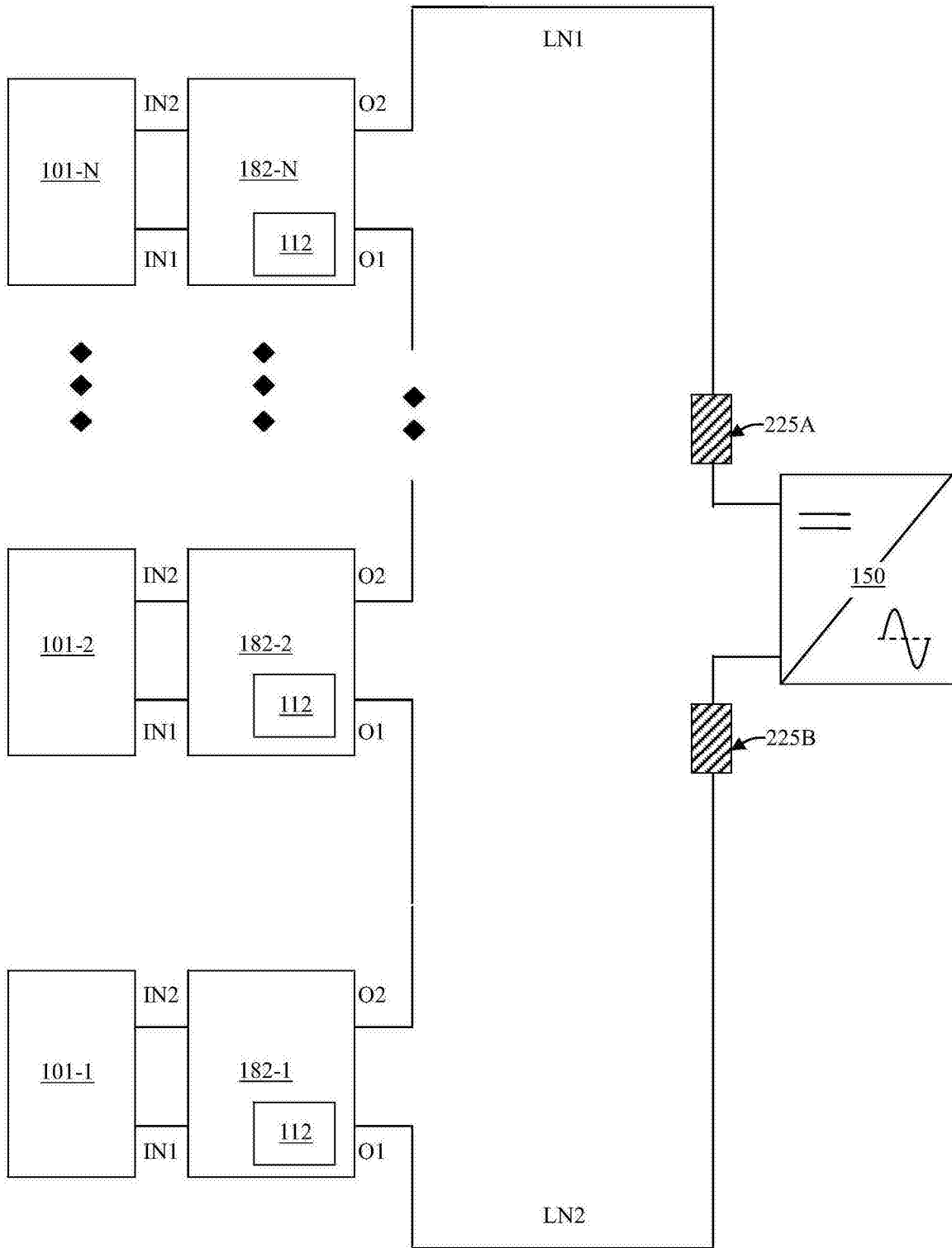


图3