# 一种并联供电系统的控制方法、系统、设备、介质及产品

## 技术领域

本申请属于变流器供电技术领域，特别是涉及一种并联供电系统的控制方法、系统、设备、介质及产品。

## 背景技术

在轨道交通中，通常采用由多个逆变器并联连接至交流母线上构成的供电系统为列车中的负载供电，这种供电方式对于保障列车运行的稳定性和安全性至关重要。

目前，并联供电系统中的多个逆变器是通过多个控制器单独控制，为了避免多个逆变器启动过程的冲突，多个控制器之间需要通过网络进行通信，来控制多个逆变器进行逐个启动，但这种方式，一方面，增加了并联供电系统的控制系统的复杂性，且使得并联供电系统的控制系统严重地依赖于网络；另一方面，由于逆变器逐个启动，为避免首先启动的逆变器过载，对直挂在交流母线上的负载存在容量限制。

## 发明内容

本申请的目的为提供一种并联供电系统的控制方法、系统、设备、介质及产品；本申请提供的并联供电系统的控制方法、系统、设备、介质及产品，能够有效地降低并联供电系统的控制系统的复杂性，能够有效地降低并联供电系统的控制系统对网络的依赖，以及能够有效地提高并联供电系统带直挂负载的启动能力。

本申请提供的技术方案如下：

一种并联供电系统的控制方法，应用于并联供电系统的控制系统，所述并联供电系统包括多个逆变器、多个接触器和交流母线，多个所述逆变器通过多个所述接触器并联连接至所述交流母线，各个所述接触器与所述交流母线之间分别设置有电压传感器，各个所述逆变器的桥臂上设置有电流传感器，所述并联供电系统的控制系统包括多个控制器，各个所述控制

器与各个所述逆变器、各个所述接触器、各个所述电压传感器和各个所述电流传感器一一对应连接，各个所述控制器执行的方法包括：

获取所述电压传感器采集的第一母线电压；

在获取到的第一母线电压的幅值小于第一预设电压值时，控制所述接触器闭合，并控制计时器开始计时，以及在预设时长内控制所述逆变器的输出电压的幅值保持在第二预设电压值；

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第一实时输出电压，以及所述电流传感器采集的所述逆变器的第一实时桥臂电流；

根据所述第一实时输出电压和所述第一实时桥臂电流，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长；

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第二实时输出电压；

根据所述第二实时输出电压和额定电压值，调整所述逆变器的调制波的幅值，直至所述逆变器的输出电压的幅值等于所述额定电压值。

可选地，所述根据所述第一实时输出电压和所述第一实时桥臂电流，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长，包括：

根据所述第一实时输出电压、所述第一实时桥臂电流和有功功率计算公式，得到所述逆变器的有功功率；

根据所述有功功率，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长。

可选地，各个所述控制器执行的方法还包括：

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第三实时输出电压，以及所述电流传感器采集的所述逆变器的第二实时桥臂电流；

根据所述第三实时输出电压和额定电压值，得到电压误差；

根据所述第三实时输出电压、所述第二实时桥臂电流和无功功率计算公式，得到所述逆变器的无功功率；

根据所述电压误差和所述无功功率，控制所述逆变器的调制波的幅值。

可选地，在所述获取所述电压传感器采集的第一母线电压之前，所述方法还包括：

第一个所述控制器控制对应的接触器闭合，并获取对应的电压传感器采集的第二母线电压，以及对获取到的第二母线电压进行采样，得到第一采样值；

其余所述控制器获取对应的电压传感器采集的第三母线电压，并对所述第三母线电压进行采样，得到第二采样值，若所述第二采样值不等于所述第一采样值，则调整电压采样系数，以使得基于调整后的电压采样系数得到的实时采样值等于所述第一采样值；

第一个所述控制器控制对应的接触器断开。

可选地，各个所述控制器执行的方法还包括：

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第四实时输出电压，以及所述电流传感器采集的所述逆变器的第三实时桥臂电流；

根据所述第四实时输出电压和所述第三实时桥臂电流，得到特定次谐波电压的相位和幅值以及特定次谐波电流的幅值；

根据所述特定次谐波电压的幅值和预设谐波幅值，得到谐波抑制计算幅值；

判断所述特定次谐波电流的幅值是否大于或等于预设电流阈值，若否，则将所述谐波抑制计算幅值作为目标谐波抑制幅值，若是，则将当前的谐波抑制幅值作为目标谐波抑制幅值；

根据所述特定次谐波电压的相位和所述目标谐波抑制幅值，得到谐波抑制波，并根据谐波抑制波对所述逆变器的调制波进行调整。

本申请还提供一种并联供电系统的控制系统，所述并联供电系统包括多个逆变器、多个接触器和交流母线，多个所述逆变器通过多个所述接触器并联连接至所述交流母线，各个所述接触器与所述交流母线之间分别设置有电压传感器，各个所述逆变器的桥臂上设置有电流传感器，所述并联供电系统的控制系统包括多个控制器，各个所述控制器与各个所述逆变器、各个所述接触器、各个所述电压传感器和各个所述电流传感器一一对应连接，各个所述控制器用于：

获取所述电压传感器采集的第一母线电压；

在获取到的第一母线电压的幅值小于第一预设电压值时，控制所述接

触器闭合，并控制计时器开始计时，以及在预设时长内控制所述逆变器的输出电压的幅值保持在第二预设电压值；

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第一实时输出电压，以及所述电流传感器采集的所述逆变器的第一实时桥臂电流；

根据所述第一实时输出电压和所述第一实时桥臂电流，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长；

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第二实时输出电压；

根据所述第二实时输出电压和额定电压值，调整所述逆变器的调制波的幅值，直至所述逆变器的输出电压的幅值等于所述额定电压值。

可选地，各个所述控制器在执行根据所述第一实时输出电压和所述第一实时桥臂电流，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长时，具体用于：

根据所述第一实时输出电压、所述第一实时桥臂电流和有功功率计算公式，得到所述逆变器的有功功率；

根据所述有功功率，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长。

可选地，各个所述控制器还用于：

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第三实时输出电压，以及所述电流传感器采集的所述逆变器的第二实时桥臂电流；

根据所述第三实时输出电压和额定电压值，得到电压误差；

根据所述第三实时输出电压、所述第二实时桥臂电流和无功功率计算公式，得到所述逆变器的无功功率；

根据所述电压误差和所述无功功率，控制所述逆变器的调制波的幅值。

可选地，

第一个所述控制器，还用于控制对应的接触器闭合，并获取对应的电压传感器采集的第二母线电压，以及对获取到的第二母线电压进行采样，得到第一采样值；

其余所述控制器，还用于获取对应的电压传感器采集的第三母线电压，并对所述第三母线电压进行采样，得到第二采样值，若所述第二采样值不

等于所述第一采样值，则调整电压采样系数，以使得基于调整后的电压采样系数得到的实时采样值等于所述第一采样值；

第一个所述控制器，还用于控制对应的接触器断开。

可选地，各个所述控制器还用于：

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第四实时输出电压，以及所述电流传感器采集的所述逆变器的第三实时桥臂电流；

根据所述第四实时输出电压和所述第三实时桥臂电流，得到特定次谐波电压的相位和幅值以及特定次谐波电流的幅值；

根据所述特定次谐波电压的幅值和预设谐波幅值，得到谐波抑制计算幅值；

判断所述特定次谐波电流的幅值是否大于或等于预设电流阈值，若否，则将所述谐波抑制计算幅值作为目标谐波抑制幅值，若是，则将当前的谐波抑制幅值作为目标谐波抑制幅值；

根据所述特定次谐波电压的相位和所述目标谐波抑制幅值，得到谐波抑制波，并根据谐波抑制波对所述逆变器的调制波进行调整。

本申请还提供一种电子设备，包括：处理器、存储器和通信总线；

所述通信总线，用于实现所述处理器和所述存储器之间的连接通信；

所述处理器用于执行所述存储器中存储的并联供电系统的控制处理程序，以实现如上述任一项所述并联供电系统的控制方法的步骤。

本申请还提供一种计算机可读存储介质，所述可读存储介质中存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令被处理器加载并执行时，实现如上述任一项所述并联供电系统的控制方法的步骤。

本申请还提供一种计算机程序产品，包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令被处理器加载并执行时，实现如上述任一项所述并联供电系统的控制方法的步骤。

与现有技术相比较，本申请提供的一种并联供电系统的控制方法、系统、设备、介质及产品，各个控制器通过获取电压传感器采集的第一母线电压，在获取到的第一母线电压的幅值小于第一预设电压值时，控制接触器闭合，并控制计时器开始计时，以及在预设时长内控制逆变器的输出电

压的幅值保持在第二预设电压值，再获取电压传感器采集的逆变器的第一实时输出电压，以及电流传感器采集的逆变器的第一实时桥臂电流，根据第一实时输出电压和第一实时桥臂电流，调整或保持逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到预设时长，以使得计时器的计时值达到预设时长时，各个逆变器的输出电压的相位相同，再获取电压传感器采集的逆变器的第二实时输出电压，根据第二实时输出电压和额定电压值，调整逆变器的调制波的幅值，直至逆变器的输出电压的幅值等于额定电压值，以使得各个逆变器的输出电压的幅值相同，本申请中，各个控制器在获取到的第一母线电压的幅值小于第一预设电压值时，控制接触器闭合，并控制计时器开始计时，以及在预设时长内控制逆变器的输出电压的幅值保持在第二预设电压值，再根据第一实时输出电压和第一实时桥臂电流，调整或保持逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到预设时长，使得在达到预设时长时各个逆变器的输出电压的相位相同，再根据第二实时输出电压和额定电压值，同步调整各个逆变器的输出电压的幅值至额定电压值，使得各个控制器之间不需要网络通信，即可实现并联供电系统中的各个逆变器同步启动，能够有效地降低并联供电系统的控制系统的复杂性，能够有效地降低并联供电系统的控制系统对网络的依赖，以及能够有效地提高并联供电系统带直挂负载的启动能力。

## 附图说明

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。

图 1 为本申请实施例公开的一种并联供电系统的控制方法的流程图；

图 2 为本申请实施例公开的并联供电系统的结构框图；

图 3 为本申请实施例公开的一种并联供电系统的控制系统的结构框

图；

图 4 为本申请实施例公开的多个控制器与多个逆变器、多个接触器、多个电压传感器和多个电流传感器连接示意图；

图 5 为本申请实施例公开的一种电子设备的结构示意图。

## 具体实施方式

为了使本领域的技术人员更好地理解本申请中的技术方案，下面将对本申请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申请的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，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，都属于本申请保护的范围。

需要说明的是，当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件上，它可以直接在另一个元件上或者间接设置在另一个元件上；当一个元件被称为是“连接于”另一个元件，它可以是直接连接到另一个元件或间接连接至另一个元件上。

需要理解的是，术语“长度”、“宽度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本申请和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本申请的限制。

此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多该特征。在本申请的描述中，“多个”、“若干个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

须知，本说明书附图所绘示的结构、比例、大小等，均仅用以配合说明书所揭示的内容，以供熟悉此技术的人士了解与阅读，并非用以限定本申请可实施的限定条件，故不具技术上的实质意义，任何结构的修饰、比

例关系的改变或大小的调整，在不影响本申请所能产生的功效及所能达成的目的下，均应仍落在本申请所揭示的技术内容所能涵盖的范围内。

如图 1 所示，本申请实施例提供一种并联供电系统的控制方法，应用于并联供电系统的控制系统，如图 2 所示，并联供电系统包括多个逆变器 100、多个接触器 200 和交流母线，多个逆变器 100 通过多个接触器 200 并联连接至交流母线，各个接触器 200 与交流母线之间分别设置有电压传感器 300，各个逆变器 100 的桥臂上设置有电流传感器 400，电压传感器 300 和电流传感器 400 未在附图 2 中显示出来，如图 3 所示，并联供电系统的控制系统包括多个控制器 500，如图 4 所示，各个控制器 500 与各个逆变器 100、各个接触器 200、各个电压传感器 300 和各个电流传感器 400 一一对应连接，各个控制器执行的方法包括：

S11、获取电压传感器采集的第一母线电压；

S12、在获取到的第一母线电压的幅值小于第一预设电压值时，控制接触器闭合，并控制计时器开始计时，以及在预设时长内控制逆变器的输出电压的幅值保持在第二预设电压值；

本实施例中，第一预设电压值和第二预设电压值为预先设置的电压值，预设时长为预先设置的时长，第一预设电压值可以为 50V，第二预设电压值可以为 10V 或者 20V，预设时长可以为 50ms，在获取到的第一母线电压的幅值小于第一预设电压值时，说明此时母线上没有高压，即说明其他逆变器还未接入至母线，控制接触器闭合，以使得逆变器接入至母线中，并控制控制器内部的计时器开始计时，再在预设时长内控制逆变器的输出电压的幅值保持在较小的恒定的第二预设电压值。若获取到的第一母线电压的幅值大于或等于第一预设电压值时，则可以控制逆变器锁相输出。

S13、获取电压传感器采集的逆变器的第一实时输出电压，以及电流传感器采集的逆变器的第一实时桥臂电流；

S14、根据第一实时输出电压和第一实时桥臂电流，调整或保持逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到预设时长；

本实施例中，可以根据第一实时输出电压、第一实时桥臂电流和有功功率计算公式，得到逆变器的有功功率，再根据有功功率，调整或保持逆

变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到预设时长，以使得计时器的计时值达到预设时长时，各个逆变器的输出电压的相位相同。

S15、获取电压传感器采集的逆变器的第二实时输出电压；

S16、根据第二实时输出电压和额定电压值，调整逆变器的调制波的幅值，直至逆变器的输出电压的幅值等于额定电压值。

本实施例中，额定电压值可以为380V，可以根据第二实时输出电压、额定电压值和预先设定的斜率，来增大逆变器的调制波的幅值，直至逆变器的输出电压的幅值等于额定电压值，在逆变器的输出电压的幅值增大过程中，若由于外界的干扰导致逆变器的输出电压的幅值突然过大时，将会触发限流，将过大的幅值限制住，以使得逆变器在启动过程中，保持相同幅值或差不多的幅值增长启动。

与现有技术相比较，本申请提供的一种并联供电系统的控制方法、系统、设备、介质及产品，各个控制器通过获取电压传感器采集的第一母线电压，在获取到的第一母线电压的幅值小于第一预设电压值时，控制接触器闭合，并控制计时器开始计时，以及在预设时长内控制逆变器的输出电压的幅值保持在第二预设电压值，再获取电压传感器采集的逆变器的第一实时输出电压，以及电流传感器采集的逆变器的第一实时桥臂电流，根据第一实时输出电压和第一实时桥臂电流，调整或保持逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到预设时长，以使得计时器的计时值达到预设时长时，各个逆变器的输出电压的相位相同，再获取电压传感器采集的逆变器的第二实时输出电压，根据第二实时输出电压和额定电压值，调整逆变器的调制波的幅值，直至逆变器的输出电压的幅值等于额定电压值，以使得各个逆变器的输出电压的幅值相同，各个控制器在获取到的第一母线电压的幅值小于第一预设电压值时，控制接触器闭合，并控制计时器开始计时，以及在预设时长内控制逆变器的输出电压的幅值保持在第二预设电压值，再根据第一实时输出电压和第一实时桥臂电流，调整或保持逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到预设时长，使得在达到预设时长时各个逆变器的输出电压的相位相同，再根据第二实时输出电压和额定电压值，同步调整各个逆变器的输出电压的幅值至额定电压值，使得各个

控制器之间不需要网络通信，即可实现并联供电系统中的各个逆变器同步启动，能够有效地降低并联供电系统的控制系统的复杂性，能够有效地降低并联供电系统的控制系统对网络的依赖，以及能够有效地提高并联供电系统带直挂负载的启动能力。

作为一种实施方式，本申请实施例中，步骤S14，包括：

S141、根据第一实时输出电压、第一实时桥臂电流和有功功率计算公式，得到逆变器的有功功率；

本实施例中，第一实时输出电压为三相电压，第一实时输出电压包括第一实时输出a相电压、第一实时输出b相电压、第一实时输出c相电压，具体为：

$$u_a = U\sin(\theta+\omega t)；$$

$$u_b = U\sin(\theta+\omega t-\frac{2\pi}{3})；$$

$$u_c = U\sin(\theta+\omega t+\frac{2\pi}{3})；$$

其中，$u_a$为第一实时输出a相电压，$u_b$为第一实时输出b相电压，$u_c$为第一实时输出c相电压。

第一实时桥臂电流为三相电流，第一实时桥臂电流包括第一实时桥臂a相电流、第一实时桥臂b相电流、第一实时桥臂c相电流，具体为；

$$i_a = I\sin(\theta+\omega t-\varphi)；$$

$$i_b = I\sin(\theta+\omega t-\frac{2\pi}{3}-\varphi)；$$

$$i_c = I\sin(\theta+\omega t+\frac{2\pi}{3}-\varphi)；$$

其中，$i_a$为第一实时桥臂a相电流，$i_b$为第一实时桥臂b相电流，$i_c$为第一实时桥臂c相电流。

可以将第一实时输出电压的有效值U、第一实时桥臂电流的有效值I，以及第一实时输出电压的相位和第一实时桥臂电流的相位之间的相位差φ，代入有功功率计算公式进行计算，得到逆变器的有功功率，具体有功功率计算公式为：

$$P=UI\cos\varphi；$$

其中，P 为逆变器的有功功率，U 为第一实时输出电压的有效值，I 为第一实时桥臂电流的有效值，φ 为第一实时输出电压的相位和第一实时桥臂电流的相位之间的相位差。

S142、根据有功功率，调整或保持逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到预设时长。

本实施例中，有功功率大于 0 的一台或多台逆变器，根据对应的有功功率 P，分别以对应的变化速率调整逆变器的调制波的相位，即有功功率大于 0 的各台逆变器的调制波的相位，会根据有功功率 P 不同，分别以不同的速率进行相位变化，有功功率为 0 的一台或多台逆变器，会保持逆变器的调制波的相位，以使得在计时器的计时值达到预设时长时，各台逆变器的有功功率均为 0，各台逆变器的调制波的相位均相同，停止相位变化，完成相位同步。

具体的，有功功率大于 0 的一台或多台逆变器，可以将对应的有功功率代入和调制波的初相位预设公式中，计算得到逆变器的调制波的调整后的相位，预设公式具体如下：

本实施例中，预设公式可以具体为：

$$\theta = \omega_0 - \int k \times P ;$$

其中，$\theta$ 为逆变器的调制波的调整后的相位，$\omega_0$ 为逆变器的调制波的初相位，k 为常数，P 为逆变器的有功功率；

k 可以为 0.001，有功功率大于 0 的各台逆变器的调制波的相位，会分别以常数 k 和对应的有功功率 P 的积分，作为对应的相位调整速率进行相位变化，有功功率为 0 的一台或多台逆变器，会保持逆变器的调制波的相位，以使得在计时器的计时值达到预设时长时，各台逆变器的有功功率均为 0，各台逆变器的调制波的相位均相同。

作为一种实施方式，本申请实施例中，各个控制器执行的方法还包括：

S21、获取电压传感器采集的逆变器的第三实时输出电压，以及电流传感器采集的逆变器的第二实时桥臂电流；

S22、根据第三实时输出电压和额定电压值，得到电压误差；

本实施例中，可以将采集到的第三实时输出电压与额定电压值相减，

得到电压误差。

S23、根据第三实时输出电压、第二实时桥臂电流和无功功率计算公式，得到逆变器的无功功率；

本实施例中，可以将第三实时输出电压的有效值、第二实时桥臂电流的有效值、第三实时输出电压的相位和第二实时桥臂电流的相位之间的相位差，代入无功功率计算公式进行计算，得到逆变器的无功功率，由于无功功率计算公式为现有的计算公式，在此不再赘述。

S24、根据电压误差和无功功率，控制逆变器的调制波的幅值。

本实施例中，由于逆变器的输出无功功率和输出电压的幅值成正比，逆变器的输出电压的幅值和逆变器的调制波的幅值成正比，因此，可以通过无功功率的差异反映多台逆变器的调制波幅值的差异。

各台逆变器的输出额定电压值$U_{ref}$恒定为380V，通过将额定电压值和第三实时输出相减电压$U_f$相减，得到电压误差，并将电压误差信号给到自适应电压控制器中，通过控制器的误差加权控制，控制器的Ke和Kc两个系数会根据当前逆变器的无功功率进行实时变化调整，来控制逆变器的调制波的幅值，使得多台逆变器并联供电输出的母线电压的幅值，动态地恒定在额定电压值或恒定在额定电压值的可接受误差范围内。

具体的，在第三实时输出电压$U_f$低于额定电压值$U_{ref}$时，多台逆变器中无功功率小的逆变器，在进行自适应调节时，Ke和Kc会更大，给出更高的目标电压；在第三实时输出电压$U_f$高于额定电压值$U_{ref}$时，多台逆变器中无功功率小的逆变器，在进行自适应调节时，Ke和Kc会更小，给出更高的目标电压，以使得在多台逆变器中的各台逆变器的调制波的幅值动态调整后，多台逆变器并联供电输出的母线电压的幅值，动态地恒定在额定电压值或恒定在额定电压值的可接受误差范围内（如母线电压误差在±1%额定电压值内），从而能够有效地提高逆变器并联供电输出电压的精度。

作为一种实施方式，本申请实施例中，在步骤S11之前，方法还包括：

S31、第一个控制器控制对应的接触器闭合，并获取对应的电压传感器采集的第二母线电压，以及对获取到的第二母线电压进行采样，得到第一采样值；

本实施例中，第一个控制器控制对应连接的接触器闭合，并获取对应连接的电压传感器采集的第二母线电压，对获取到的第二母线电压进行采样，得到采样后的第一采样值。

S32、其余控制器获取对应的电压传感器采集的第三母线电压，并对第三母线电压进行采样，得到第二采样值，若第二采样值不等于第一采样值，则调整电压采样系数，以使得基于调整后的电压采样系数得到的实时采样值等于第一采样值；

本实施例中，多个控制器可以为 N 个控制器，N 为大于 1 的正整数，除第一个控制器之外的 N-1 个控制器分别获取对应连接的电压传感器采集的 N-1 个第三母线电压，并对 N-1 个第三母线电压进行采样，得到 N-1 个第二采样值，若其中一个或多个第二采样值不等于第一采样值，则调整这一个或多个第二采样值对应的一个或多个电压采样系数，以使得基于调整后的一个或多个电压采样系数得到的一个或多个实时采样值等于第一采样值，使得各个电压采样系数能够得到有效地校正，能够降低由于各个逆变器的器件参数或者传感器的精度差异而导致系统产生环流和功率分配不均的风险。

S33、第一个控制器控制对应的接触器断开。

作为一种实施方式，本申请实施例中，各个控制器执行的方法还包括：

S41、获取电压传感器采集的逆变器的第四实时输出电压，以及电流传感器采集的逆变器的第三实时桥臂电流；

S42、根据第四实时输出电压和第三实时桥臂电流，得到特定次谐波电压的相位和幅值以及特定次谐波电流的幅值；

本实施例中，可以对第四实时输出电压进行特定次谐波提取，得到特定次谐波电压的相位和幅值，可以对第三实时桥臂电流进行特定次谐波提取，得到特定次谐波电流的幅值，特定次谐波可以是五次谐波也可以七次谐波。

S43、根据特定次谐波电压的幅值和预设谐波幅值，得到谐波抑制计算幅值；

本实施例中，预设谐波幅值为预先设置的谐波幅值，预设谐波幅值可

以为 0，可以根据特定次谐波电压的幅值和预设谐波幅值进行计算，得到谐波抑制计算幅值。

S44、判断特定次谐波电流的幅值是否大于或等于预设电流阈值，若否，则将谐波抑制计算幅值作为目标谐波抑制幅值，若是，则将当前的谐波抑制幅值作为目标谐波抑制幅值；

本实施例中，预设电流阈值可以是预先设置的电流阈值，判断特定次谐波电流的幅值是否大于或等于预设电流阈值，若特定次谐波电流的幅值小于预设电流阈值，则将谐波抑制计算幅值作为目标谐波抑制幅值，若特定次谐波电流的幅值大于或等于预设电流阈值，则将当前的谐波抑制幅值作为目标谐波抑制幅值。

S45、根据特定次谐波电压的相位和目标谐波抑制幅值，得到谐波抑制波，并根据谐波抑制波对逆变器的调制波进行调整。

本实施例中，根据特定次谐波电压的相位和目标谐波抑制幅值，得到谐波抑制波，并根据谐波抑制波对逆变器的调制波进行调整，能够有效地对谐波进行抑制，能够有效地降低逆变器因谐波问题产生故障的风险。

本申请还提供一种并联供电系统的控制系统，如图 2 所示，并联供电系统包括多个逆变器 100、多个接触器 200 和交流母线，多个逆变器 100 通过多个接触器 200 并联连接至交流母线，各个接触器 200 与交流母线之间分别设置有电压传感器 300，各个逆变器 100 的桥臂上设置有电流传感器 400，电压传感器 300 和电流传感器 400 未在附图 2 中显示出来，如图 3 所示，并联供电系统的控制系统包括多个控制器 500，如图 4 所示，各个控制器 500 与各个逆变器 100、各个接触器 200、各个电压传感器 300 和各个电流传感器 400 一一对应连接，各个控制器用于：

获取电压传感器采集的第一母线电压；

在获取到的第一母线电压的幅值小于第一预设电压值时，控制接触器闭合，并控制计时器开始计时，以及在预设时长内控制逆变器的输出电压的幅值保持在第二预设电压值；

获取电压传感器采集的逆变器的第一实时输出电压，以及电流传感器采集的逆变器的第一实时桥臂电流；

根据第一实时输出电压和第一实时桥臂电流，调整或保持逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到预设时长；

获取电压传感器采集的逆变器的第二实时输出电压；

根据第二实时输出电压和额定电压值，调整逆变器的调制波的幅值，直至逆变器的输出电压的幅值等于额定电压值。

作为一种实施方式，本申请实施例中，各个控制器在执行根据第一实时输出电压和第一实时桥臂电流，调整或保持逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到预设时长时，具体用于：

根据第一实时输出电压、第一实时桥臂电流和有功功率计算公式，得到逆变器的有功功率；

根据有功功率，调整或保持逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到预设时长。

作为一种实施方式，本申请实施例中，各个控制器还用于：

获取电压传感器采集的逆变器的第三实时输出电压，以及电流传感器采集的逆变器的第二实时桥臂电流；

根据第三实时输出电压和额定电压值，得到电压误差；

根据第三实时输出电压、第二实时桥臂电流和无功功率计算公式，得到逆变器的无功功率；

根据电压误差和无功功率，控制逆变器的调制波的幅值。

作为一种实施方式，本申请实施例中，

第一个控制器，还用于控制对应的接触器闭合，并获取对应的电压传感器采集的第二母线电压，以及对获取到的第二母线电压进行采样，得到第一采样值；

其余控制器，还用于获取对应的电压传感器采集的第三母线电压，并对第三母线电压进行采样，得到第二采样值，若第二采样值不等于第一采样值，则调整电压采样系数，以使得基于调整后的电压采样系数得到的实时采样值等于第一采样值；

第一个控制器，还用于控制对应的接触器断开。

作为一种实施方式，本申请实施例中，各个控制器还用于：

获取电压传感器采集的逆变器的第四实时输出电压，以及电流传感器采集的逆变器的第三实时桥臂电流；

根据第四实时输出电压和第三实时桥臂电流，得到特定次谐波电压的相位和幅值以及特定次谐波电流的幅值；

根据特定次谐波电压的幅值和预设谐波幅值，得到谐波抑制计算幅值；

判断特定次谐波电流的幅值是否大于或等于预设电流阈值，若否，则将谐波抑制计算幅值作为目标谐波抑制幅值，若是，则将当前的谐波抑制幅值作为目标谐波抑制幅值；

根据特定次谐波电压的相位和目标谐波抑制幅值，得到谐波抑制波，并根据谐波抑制波对逆变器的调制波进行调整。

如图 5 所示，本申请实施例还提供一种电子设备，包括：处理器 600、存储器 700 和通信总线 800；

通信总线 800，用于实现处理器 600 和存储器 700 之间的连接通信；

处理器 600 用于执行存储器 700 中存储的并联供电系统的控制处理程序，以实现如上述任一项并联供电系统的控制方法的步骤。

本申请实施例还提供一种计算机可读存储介质，可读存储介质中存储有计算机可执行指令，计算机可执行指令被处理器加载并执行时，实现如上述任一项并联供电系统的控制方法的步骤。

本申请实施例还提供一种计算机程序产品，包括计算机可执行指令，计算机可执行指令被处理器加载并执行时，实现如上述任一项并联供电系统的控制方法的步骤。

应当理解，本申请中如若使用了“系统”、“装置”、“单元”和/或“模块”，仅是用于区分不同级别的不同组件、元件、部件、部分或装配的一种方法。然而，如果其他词语可实现相同的目的，则可通过其他表达来替换该词语。

本说明书中各实施例采用递进方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例不同之处，各个实施例之间相同或相似部分相互参见即可。

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显

而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

5

# 权 利 要 求

1.一种并联供电系统的控制方法，其特征在于，应用于并联供电系统的控制系统，所述并联供电系统包括多个逆变器、多个接触器和交流母线，多个所述逆变器通过多个所述接触器并联连接至所述交流母线，各个所述接触器与所述交流母线之间分别设置有电压传感器，各个所述逆变器的桥臂上设置有电流传感器，所述并联供电系统的控制系统包括多个控制器，各个所述控制器与各个所述逆变器、各个所述接触器、各个所述电压传感器和各个所述电流传感器一一对应连接，各个所述控制器执行的方法包括：

获取所述电压传感器采集的第一母线电压；

在获取到的第一母线电压的幅值小于第一预设电压值时，控制所述接触器闭合，并控制计时器开始计时，以及在预设时长内控制所述逆变器的输出电压的幅值保持在第二预设电压值；

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第一实时输出电压，以及所述电流传感器采集的所述逆变器的第一实时桥臂电流；

根据所述第一实时输出电压和所述第一实时桥臂电流，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长；

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第二实时输出电压；

根据所述第二实时输出电压和额定电压值，调整所述逆变器的调制波的幅值，直至所述逆变器的输出电压的幅值等于所述额定电压值。

2.根据权利要求 1 所述的控制方法，其特征在于，所述根据所述第一实时输出电压和所述第一实时桥臂电流，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长，包括：

根据所述第一实时输出电压、所述第一实时桥臂电流和有功功率计算公式，得到所述逆变器的有功功率；

根据所述有功功率，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长。

3.根据权利要求 2 所述的控制方法，其特征在于，各个所述控制器执行的方法还包括：

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第三实时输出电压，以及所

述电流传感器采集的所述逆变器的第二实时桥臂电流；

根据所述第三实时输出电压和额定电压值，得到电压误差；

根据所述第三实时输出电压、所述第二实时桥臂电流和无功功率计算公式，得到所述逆变器的无功功率；

根据所述电压误差和所述无功功率，控制所述逆变器的调制波的幅值。

4.根据权利要求 3 所述的控制方法，其特征在于，在所述获取所述电压传感器采集的第一母线电压之前，所述方法还包括：

第一个所述控制器控制对应的接触器闭合，并获取对应的电压传感器采集的第二母线电压，以及对获取到的第二母线电压进行采样，得到第一采样值；

其余所述控制器获取对应的电压传感器采集的第三母线电压，并对所述第三母线电压进行采样，得到第二采样值，若所述第二采样值不等于所述第一采样值，则调整电压采样系数，以使得基于调整后的电压采样系数得到的实时采样值等于所述第一采样值；

第一个所述控制器控制对应的接触器断开。

5.根据权利要求 1 至 4 任一项所述的控制方法，其特征在于，各个所述控制器执行的方法还包括：

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第四实时输出电压，以及所述电流传感器采集的所述逆变器的第三实时桥臂电流；

根据所述第四实时输出电压和所述第三实时桥臂电流，得到特定次谐波电压的相位和幅值以及特定次谐波电流的幅值；

根据所述特定次谐波电压的幅值和预设谐波幅值，得到谐波抑制计算幅值；

判断所述特定次谐波电流的幅值是否大于或等于预设电流阈值，若否，则将所述谐波抑制计算幅值作为目标谐波抑制幅值，若是，则将当前的谐波抑制幅值作为目标谐波抑制幅值；

根据所述特定次谐波电压的相位和所述目标谐波抑制幅值，得到谐波抑制波，并根据谐波抑制波对所述逆变器的调制波进行调整。

6.一种并联供电系统的控制系统，其特征在于，所述并联供电系统包

括多个逆变器、多个接触器和交流母线，多个所述逆变器通过多个所述接触器并联连接至所述交流母线，各个所述接触器与所述交流母线之间分别设置有电压传感器，各个所述逆变器的桥臂上设置有电流传感器，所述并联供电系统的控制系统包括多个控制器，各个所述控制器与各个所述逆变器、各个所述接触器、各个所述电压传感器和各个所述电流传感器一一对应连接，各个所述控制器用于：

获取所述电压传感器采集的第一母线电压；

在获取到的第一母线电压的幅值小于第一预设电压值时，控制所述接触器闭合，并控制计时器开始计时，以及在预设时长内控制所述逆变器的输出电压的幅值保持在第二预设电压值；

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第一实时输出电压，以及所述电流传感器采集的所述逆变器的第一实时桥臂电流；

根据所述第一实时输出电压和所述第一实时桥臂电流，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长；

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第二实时输出电压；

根据所述第二实时输出电压和额定电压值，调整所述逆变器的调制波的幅值，直至所述逆变器的输出电压的幅值等于所述额定电压值。

7.根据权利要求 6 所述的控制系统，其特征在于，各个所述控制器在执行根据所述第一实时输出电压和所述第一实时桥臂电流，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长时，具体用于：

根据所述第一实时输出电压、所述第一实时桥臂电流和有功功率计算公式，得到所述逆变器的有功功率；

根据所述有功功率，调整或保持所述逆变器的调制波的相位，直至计时器的计时值达到所述预设时长。

8.根据权利要求 7 所述的控制系统，其特征在于，各个所述控制器还用于：

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第三实时输出电压，以及所述电流传感器采集的所述逆变器的第二实时桥臂电流；

根据所述第三实时输出电压和额定电压值，得到电压误差；

根据所述第三实时输出电压、所述第二实时桥臂电流和无功功率计算公式，得到所述逆变器的无功功率；

根据所述电压误差和所述无功功率，控制所述逆变器的调制波的幅值。

9.根据权利要求 8 所述的控制系统，其特征在于，

第一个所述控制器，还用于控制对应的接触器闭合，并获取对应的电压传感器采集的第二母线电压，以及对获取到的第二母线电压进行采样，得到第一采样值；

其余所述控制器，还用于获取对应的电压传感器采集的第三母线电压，并对所述第三母线电压进行采样，得到第二采样值，若所述第二采样值不等于所述第一采样值，则调整电压采样系数，以使得基于调整后的电压采样系数得到的实时采样值等于所述第一采样值；

第一个所述控制器，还用于控制对应的接触器断开。

10.根据权利要求 6 至 9 任一项所述的控制系统，其特征在于，各个所述控制器还用于：

获取所述电压传感器采集的所述逆变器的第四实时输出电压，以及所述电流传感器采集的所述逆变器的第三实时桥臂电流；

根据所述第四实时输出电压和所述第三实时桥臂电流，得到特定次谐波电压的相位和幅值以及特定次谐波电流的幅值；

根据所述特定次谐波电压的幅值和预设谐波幅值，得到谐波抑制计算幅值；

判断所述特定次谐波电流的幅值是否大于或等于预设电流阈值，若否，则将所述谐波抑制计算幅值作为目标谐波抑制幅值，若是，则将当前的谐波抑制幅值作为目标谐波抑制幅值；

根据所述特定次谐波电压的相位和所述目标谐波抑制幅值，得到谐波抑制波，并根据谐波抑制波对所述逆变器的调制波进行调整。

11.一种电子设备，其特征在于，包括：处理器、存储器和通信总线；

所述通信总线，用于实现所述处理器和所述存储器之间的连接通信；

所述处理器用于执行所述存储器中存储的并联供电系统的控制处理程

序，以实现如权利要求 1-5 任一项所述并联供电系统的控制方法的步骤。

12.一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述可读存储介质中存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令被处理器加载并执行时，实现如权利要求 1 至 5 任一项所述并联供电系统的控制方法的步骤。

13.一种计算机程序产品，其特征在于，包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令被处理器加载并执行时，实现如权利要求 1 至 5 任一项所述并联供电系统的控制方法的步骤。