



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104979846 B

(45)授权公告日 2018.04.20

(21)申请号 201410132281.6

(22)申请日 2014.04.02

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104979846 A

(43)申请公布日 2015.10.14

(73)专利权人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72)发明人 辛凯 郭海滨 刘云峰

(74)专利代理机构 深圳市深佳知识产权代理事务所(普通合伙) 44285

代理人 王仲凯

(51)Int.Cl.

H02J 3/38(2006.01)

H02M 7/483(2007.01)

审查员 张少绵

权利要求书3页 说明书11页 附图6页

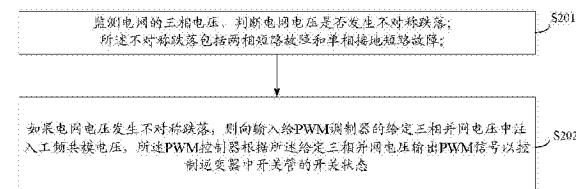
(54)发明名称

一种多电平逆变器低电压穿越控制方法、设备及系统

(57)摘要

本发明提供一种多电平逆变器低电压穿越控制方法、设备及系统，应用于光伏电站并网运行的逆变器中，光伏电站的太阳能极板输出的直流电输入给逆变器，逆变器将直流电逆变为交流电后将交流电反馈给电网；包括：监测电网的三相电压，判断电网电压是否发生不对称跌落；不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障；如果电网电压发生不对称跌落，则向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压，PWM控制器根据给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态。通过控制逆变器的工作来降低或减小母线中点电流的工频波动。当母线中点电流的工频波动被减小以后，各个开关管承受的电压应力会降低，不会造成开关管损坏。

CN 104979846 B



CN

1. 一种多电平逆变器低电压穿越控制方法,其特征在于,应用于光伏电站并网运行的逆变器中,光伏电站的太阳能极板的输出的直流电输入给逆变器,逆变器将直流电逆变为交流电后将交流电反馈给电网;包括以下步骤:

监测电网的三相电压,判断电网电压是否发生不对称跌落;所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障;

如果电网电压发生不对称跌落,则向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压以减少母线电容中点电流的波动,所述工频共模电压包括工频共模电压幅值和相位;所述PWM调制器根据所述给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态;

所述向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压之前,还包括:

检测电网三相电压的幅值和相位,以及不对称跌落过程中的三相无功电流和三相有功电流;

根据所述电网三相电压的幅值和相位以及三相无功电流和三相有功电流确定所述工频共模电压的幅值和相位。

2. 一种多电平逆变器低电压穿越控制方法,其特征在于,应用于光伏电站并网运行的逆变器中,光伏电站的太阳能极板的输出的直流电输入给逆变器,逆变器将直流电逆变为交流电后将交流电反馈给电网;包括以下步骤:

监测电网的三相电压,判断电网电压是否发生不对称跌落;所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障;

如果电网电压发生不对称跌落,则向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压以减少母线电容中点电流的波动,所述工频共模电压包括工频共模电压幅值和相位;所述PWM调制器根据所述给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态;所述向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压之前,还包括:

检测正母线电压和负母线电压;

由所述正母线电压和负母线电压获得正负母线电压差;

将所述正负母线电压差与参考电压进行比较,由比较结果确定所述工频共模电压的幅值和相位。

3. 一种多电平逆变器低电压穿越控制设备,其特征在于,应用于光伏电站并网运行的逆变器中,光伏电站的太阳能极板的输出的直流电输入给逆变器,逆变器将直流电逆变为交流电后将交流电反馈给电网;包括:判断单元和注入单元;

所述判断单元,用于监测电网的三相电压,判断电网电压是否发生不对称跌落;所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障;

所述注入单元,用于当判断单元判断电网电压发生不对称跌落时,向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压以减少母线电容中点电流的波动,所述工频共模电压包括工频共模电压幅值和相位;所述PWM调制器根据所述给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态;

还包括:第一检测单元和第一确定单元;

所述第一检测单元,用于检测电网三相电压的幅值和相位,以及不对称跌落过程中的三相无功电流和三相有功电流;

所述第一确定单元，用于根据所述电网三相电压的幅值和相位以及三相无功电流和三相有功电流确定所述工频共模电压的幅值和相位。

4. 一种多电平逆变器低电压穿越控制设备，其特征在于，应用于光伏电站并网运行的逆变器中，光伏电站的太阳能极板的输出的直流电输入给逆变器，逆变器将直流电逆变为交流电后将交流电反馈给电网；包括：判断单元和注入单元；

所述判断单元，用于监测电网的三相电压，判断电网电压是否发生不对称跌落；所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障；

所述注入单元，用于当判断单元判断电网电压发生不对称跌落时，向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压以减少母线电容中点电流的波动，所述工频共模电压包括工频共模电压幅值和相位；所述PWM调制器根据所述给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态，还包括：第二检测单元、正负母线电压差获得单元和第二确定单元；

所述第二检测单元，用于检测正母线电压和负母线电压；

所述正负母线电压差获得单元，用于由所述正母线电压和负母线电压获得正负母线电压差；

所述第二确定单元，用于将所述正负母线电压差与参考电压进行比较，由比较结果确定所述工频共模电压的幅值和相位。

5. 一种多电平逆变器低电压穿越控制系统，其特征在于，包括：逆变器、PWM调制器和控制器；

所述逆变器，用于将太阳能极板输出的直流电逆变为交流电反馈给电网；

所述PWM调制器，用于在控制器的控制下输出PWM信号给逆变器中的开关管，控制开关管的开关状态；

所述控制器，用于监测电网的三相电压，判断电网电压是否发生不对称跌落，所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障；如果判断电网电压发生不对称跌落，则向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压以减少母线电容中点电流的波动，所述工频共模电压包括工频共模电压幅值和相位；

所述控制器，还用于检测电网三相电压的幅值和相位，以及不对称跌落过程中的三相无功电流和三相有功电流；根据所述电网三相电压的幅值和相位以及三相无功电流和三相有功电流确定所述工频共模电压的幅值和相位。

6. 根据权利要求5所述的多电平逆变器低电压穿越控制系统，其特征在于，所述逆变器为三相多电平逆变器；

所述逆变器为至少两个并联运行。

7. 一种多电平逆变器低电压穿越控制系统，其特征在于，包括：逆变器、PWM调制器和控制器；

所述逆变器，用于将太阳能极板输出的直流电逆变为交流电反馈给电网；

所述PWM调制器，用于在控制器的控制下输出PWM信号给逆变器中的开关管，控制开关管的开关状态；

所述控制器，用于监测电网的三相电压，判断电网电压是否发生不对称跌落，所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障；如果判断电网电压发生不对称跌落，则向

输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压以减少母线电容中点电流的波动,所述工频共模电压包括工频共模电压幅值和相位;所述控制器,还用于检测正母线电压和负母线电压;由所述正母线电压和负母线电压获得正负母线电压差;将所述正负母线电压差与参考电压进行比较,由比较结果确定所述工频共模电压的幅值和相位。

8.根据权利要求7所述的多电平逆变器低电压穿越控制系统,其特征在于,所述逆变器为三相多电平逆变器;

所述逆变器为至少两个并联运行。

一种多电平逆变器低电压穿越控制方法、设备及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子技术领域,特别涉及一种多电平逆变器低电压穿越控制方法、设备及系统。

背景技术

[0002] 随着能源的逐渐枯竭,现在越来越多地利用太阳能进行发电。但是,太阳能极板输出的为直流电,需要经过逆变器逆变为交流电以后反馈给电网或负载。因此,逆变器在太阳能光伏发电系统中起着关键作用。

[0003] 近年来,作为保障电网运行的一项重要指标,在光伏发电系统中逆变器的低电压穿越(LVRT,Low Voltage Ride Through)能力越来越被重视。

[0004] LVRT是指当电力系统事故或扰动引起光伏电站并网点的电压跌落时,在一定电压跌落范围和时间间隔内,光伏电站能够保证不脱网连续运行,避免电网故障的扩大化,同时光伏并网逆变器需要能够发出一定的有功功率和无功功率,以支撑电网恢复,从而“穿越”这个低电压时间(区域)。

[0005] LVRT分为对称跌落(三相短路故障)和不对称跌落(两相短路故障、单相接地短路故障)。

[0006] 下面介绍现有技术中LVRT技术。

[0007] 参见图1,该图为现有技术中具有LVRT功能的逆变器并网控制框图。

[0008] 在逆变器并网控制中,首先采集电网三相电压(e_a, e_b, e_c)和三相电流(i_a, i_b, i_c);通过坐标变换得到在dq坐标轴下的分量 i_d 和 i_q ;通过相角检测获取电网电压相位角 γ 。

[0009] 其中LVRT包括LVRT检测模块100和LVRT控制模块200两部分。LVRT检测模块100实现对电网电压幅值和相位的实时检测,返回检测结果给LVRT控制模块200,LVRT控制模块200实现LVRT过程中有功电流和无功电流的控制。

[0010] 虽然图1所示的控制框图能够控制逆变器完成低电压穿越,但是,在低电压穿越过程中,母线中点电流存在较大的波动。

[0011] 因此,本领域技术人员需要提供一种多电平逆变器低电压穿越的控制方法及设备,能够在电网电压发生不对称跌落时,顺利完成低电压穿越,并且降低母线中点电流的波动。

发明内容

[0012] 本发明实施例提供一种多电平逆变器低电压穿越控制方法、设备及系统,能够在电网电压发生不对称跌落时顺利地完成低电压穿越,并且降低母线中点电流的波动。

[0013] 第一方面,提供一种多电平逆变器低电压穿越控制方法,应用于光伏电站并网运行的逆变器中,光伏电站的太阳能极板的输出的直流电输入给逆变器,逆变器将直流电逆变为交流电后将交流电反馈给电网;包括以下步骤:

[0014] 监测电网的三相电压,判断电网电压是否发生不对称跌落;所述不对称跌落包括

两相短路故障和单相接地短路故障；

[0015] 如果电网电压发生不对称跌落，则向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压，所述PWM控制器根据所述给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态。

[0016] 在第一方面的第一种可能的实现方式中，所述向输入给PWM控制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压之前，还包括：

[0017] 检测电网三相电压的幅值和相位，以及不对称跌落过程中的三相无功电流和三相有功电流；

[0018] 根据所述电网三相电压的幅值和相位以及三相无功电流和三相有功电流确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0019] 结合第一方面及上述任一种可能的实现方式中，在第二种可能的实现方式中，所述向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压之前，还包括：

[0020] 检测正母线电压和负母线电压；

[0021] 由所述正母线电压和负母线电压获得正负母线电压差；

[0022] 将所述正负母线电压差与参考电压进行比较，由比较结果确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0023] 第二方面，提供一种多电平逆变器低电压穿越控制设备，应用于光伏电站并网运行的逆变器中，光伏电站的太阳能极板的输出的直流电输入给逆变器，逆变器将直流电逆变为交流电后将交流电反馈给电网；包括：判断单元和注入单元；

[0024] 所述判断单元，用于监测电网的三相电压，判断电网电压是否发生不对称跌落；所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障；

[0025] 所述注入单元，用于当判断单元判断电网电压发生不对称跌落时，向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压，所述PWM控制器根据所述给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态。

[0026] 在第二方面的第一种可能的实现方式中，还包括：第一检测单元和第一确定单元；

[0027] 所述第一检测单元，用于检测电网三相电压的幅值和相位，以及不对称跌落过程中的三相无功电流和三相有功电流；

[0028] 所述第一确定单元，用于根据所述电网三相电压的幅值和相位以及三相无功电流和三相有功电流确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0029] 结合第二方面及上述任一种可能的实现方式中，在第二种可能的实现方式中，还包括：第二检测单元、正负母线电压差获得单元和第二确定单元；

[0030] 所述第二检测单元，用于检测正母线电压和负母线电压；

[0031] 所述正负母线电压差获得单元，用于由所述正母线电压和负母线电压获得正负母线电压差；

[0032] 所述第二确定单元，用于将所述正负母线电压差与参考电压进行比较，由比较结果确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0033] 第三方面，提供一种多电平逆变器低电压穿越控制系统，包括：逆变器、PWM调制器和控制器；

[0034] 所述逆变器，用于将太阳能极板输出的直流电逆变为交流电反馈给电网；

[0035] 所述PWM调制器,用于在控制器的控制下输出PWM信号给逆变器中的开关管,控制开关管的开关状态;

[0036] 所述控制器,用于监测电网的三相电压,判断电网电压是否发生不对称跌落,所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障;如果判断电网电压发生不对称跌落,则向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压。

[0037] 在第三方面的第一种可能的实现方式中,所述控制器,还用于检测电网三相电压的幅值和相位,以及不对称跌落过程中的三相无功电流和三相有功电流;根据所述电网三相电压的幅值和相位以及三相无功电流和三相有功电流确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0038] 结合第三方面及上述任一种可能的实现方式中,在第二种可能的实现方式中,所述控制器,还用于检测正母线电压和负母线电压;由所述正母线电压和负母线电压获得正负母线电压差;将所述正负母线电压差与参考电压进行比较,由比较结果确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0039] 结合第三方面及上述任一种可能的实现方式中,在第三种可能的实现方式中,所述逆变器为三相多电平逆变器;

[0040] 所述逆变器为至少两个并联运行。

[0041] 以上技术方案提供的多电平逆变器低电压穿越控制方法、设备及系统,在判断电网电压发生不对称跌落故障时,向给定的三相并网电压中注入工频共模电压。因为电网电压发生不对称跌落故障时,母线中点电流会产生工频波动,为了减小母线中点电流的工频波动,因此,在PWM调制器之前就注入工频共模电压,这样PWM调制器输出的PWM信号就是注入工频共模电压以后的信号,由于PWM信号用来控制逆变器中开关管的开关状态,因此通过控制逆变器的工作来降低或减小母线中点电流的工频波动。当母线中点电流的工频波动被减小以后,逆变器中各个开关管承受的电压应力会降低,这样不会造成开关管损坏。

附图说明

[0042] 为了更清楚地说明本发明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发明的一些实施例,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。

[0043] 图1是现有技术中具有LVRT功能的逆变器并网控制框图;

[0044] 图2是本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制方法实施例一流程图;

[0045] 图3是电网电压以B相接地短路故障为例的逆变器母线中点电压波动图;

[0046] 图4是本发明提供的电网电压发生不对称跌落时的控制框图;

[0047] 图5是本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制方法实施例二流程图;

[0048] 图6是本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制方法实施例三流程图;

[0049] 图7是本发明提供的注入工频共模电压后B相对地短路时的波形图;

[0050] 图8是本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制设备实施例一示意图;

[0051] 图9是本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制设备实施例二示意图;

[0052] 图10是本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制设备实施例三示意图;

[0053] 图11是本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制系统实施例一示意图。

具体实施方式

[0054] 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,都属于本发明保护的范围。

[0055] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0056] 需要说明的是,本发明实施例提供一种多电平逆变器低电压穿越控制方法、设备及系统,当电网电压发生不对称跌落时,通过向给定的三相电压中注入工频共模电压来减小母线中点电流的波动,进而保护逆变器中的开关管。

[0057] 方法实施例一:

[0058] 参见图2,该图为本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制方法实施例一流程图。

[0059] 本实施例提供的多电平逆变器低电压穿越控制方法,应用于光伏电站并网运行的逆变器中,光伏电站的太阳能极板的输出的直流电输入给逆变器,逆变器将直流电逆变为交流电后将交流电反馈给电网;包括:

[0060] S201:监测电网的三相电压,判断电网电压是否发生不对称跌落;所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障;

[0061] 需要说明的是,本发明实施例提供的方法适用于在太阳能光伏发电系统中发送不对称跌落故障时。

[0062] 不对称跌落故障包括:两相短路故障、单相接地短路故障。例如,B相接地短路故障,或,A相和B相之间短路故障。

[0063] 可以理解的是,本方法不适用于对称跌落故障,即A相、B相和C相三相均发生短路故障。

[0064] 例如,对于三电平逆变器,母线电容中点电流由三相并网电流和三相PWM开关函数决定。当电网电压发生不对称跌落故障时,母线电容中点电流存在较大波动,引起上下母线电压的波动,具体可以参见图3,该图为电网电压以B相接地短路故障为例的逆变器母线中点电压波动图。

[0065] 从图3中可以看出,当B相发生接地短路故障时,将会在母线中点电流(图3中对应逆变器中点电流)上产生工频波动(中国的工频为50Hz);从而引起逆变器母线中点电压的工频波动。并且通过仿真和试验验证,当电网电压发生不对称跌落时,母线中点电压存在工频波动,当母线中点电压波动较大时会造成逆变器中的开关管承受的电压应力过大或实施保护导致LVRT失败,反过来如果增加母线电容的容量则会增加系统成本。

[0066] 本发明采取在电网电压发生不对称跌落时,注入工频共模电压,以减小母线中点电流的波动。由于母线中点电流的波动会产生母线中点电压的波动,因此,降低母线中点电流的波动进而可以降低母线中点电压的波动。

[0067] S202:如果电网电压发生不对称跌落,则向输入给PWM调制器的给定三相并网电压

中注入工频共模电压，所述PWM控制器根据所述给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态。

[0068] 可以理解的是，注入工频共模电压的目的是为了抵消母线中点电流的波动。

[0069] 具体可以参见图4，该图为本发明提供的电网电压发生不对称跌落时的控制框图。

[0070] 当判断发生不对称跌落时，需要在PWM调制器之前，向给定的三相并网电压中注入工频共模电压。如图4所示，给定的三相并网电压为 u_a^* 、 u_b^* 和 u_c^* ；需要说明的是，注入的工频共模电压是一个矢量，包括工频共模电压幅值和相位。注入的工频共模电压的幅值和相位是由电网电压的跌落深度来决定的。

[0071] 图4中所示的太阳能光伏发电系统中，包括两个逆变器，这两个逆变器并联运行。

[0072] 可以理解的是，在太阳能光伏发电系统中，可以仅包括一个逆变器，也可以包括多个并联运行的逆变器。

[0073] 本实施例提供的方法对于每个逆变器的控制相同，每个逆变器中都注入相同的工频共模电压。

[0074] 综上，本实施例提供的多电平逆变器低电压穿越控制方法，在判断电网电压发生不对称跌落故障时，向给定的三相并网电压中注入工频共模电压。因为电网电压发生不对称跌落故障时，母线中点电流会产生工频波动，为了减小母线中点电流的工频波动，因此，在PWM调制器之前就注入工频共模电压，这样PWM调制器输出的PWM信号就是注入工频共模电压以后的信号，由于PWM信号用来控制逆变器中开关管的开关状态，因此通过控制逆变器的工作来降低或减小母线中点电流的工频波动。当母线中点电流的工频波动被减小以后，逆变器中各个开关管承受的电压应力会降低，这样不会造成开关管损坏。

[0075] 本发明提供了两种工频共模电压的控制方式，一种是开环控制，另一种是闭环控制，下面结合具体实施例来详细介绍。

[0076] 方法实施例二：

[0077] 参见图5，该图为本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制方法实施例二流程图。

[0078] 本实施例中介绍以开环控制实现多电平逆变器低电压穿越的方法。

[0079] S501与S201相同，在此不再赘述。

[0080] S502：检测电网三相电压的幅值和相位，以及不对称跌落过程中的三相无功电流和三相有功电流；

[0081] 由于电网运行过程中，会采集电网的三相电压以及三相电流信息，因此，通过三相电压就可以判断是否发生不对称跌落。另外，通过电压和电流的信息可以确定需要注入的工频共模电压的幅值和相位。

[0082] S503：根据所述电网三相电压的幅值和相位以及三相无功电流和三相有功电流确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0083] S504：则向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压，所述PWM控制器根据所述给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态。

[0084] 需要说明的是，本实施例提供的方法，注入工频共模电压的位置是图4中PWM调制器之前，向给定的三相电压中注入工频共模电压。

[0085] 本实施例提供的方法，不需要将检测的电压或电流反馈到输入端与给定值或者预

定值进行比较,而是直接根据检测的电压和电流来确定注入的工频共模电压,属于开环控制,这种控制比较简单,实现方便。通过注入工频共模电压,可以减小母线中点电流的工频波动,从而降低逆变器中各个开关管承受的电压应力,保护开关管不受损害。

[0086] 方法实施例三:

[0087] 参见图6,该图为本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制方法实施例三流程图。

[0088] 本实施例中以闭环控制实现多电平逆变器低电压穿越的方法。

[0089] S601与S201相同,在此不再赘述。

[0090] S602:检测正母线电压和负母线电压;

[0091] S603:由所述正母线电压和负母线电压获得正负母线电压差;

[0092] 由于正母线电压和负母线电压的差可以代表母线中点电流的波动情况,因此,用正负母线电压差来作为反馈量,将该反馈量与参考电压进行比较判断母线中点电流的波动。

[0093] 可以理解的是,所述参考电压是预先设定的电压,为了方便计算,本发明实施例中可以设定参考电压为零。

[0094] S604:将所述正负母线电压差与参考电压进行比较,由比较结果确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0095] S605:则向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压,所述PWM控制器根据所述给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态。

[0096] 需要说明的是,本实施例中注入工频共模电压的位置也是图4中PWM调制器之前,向给定的三相电压中注入工频共模电压。

[0097] 本实施例中,采用闭环控制,通过采集的正母线电压和负母线电压来获得正负母线电压差,将正负母线电压差反馈到输入端与参考电压进行比较,由比较结果来确定注入的工频共模电压的幅值和相位。本实施例采用的闭环控制,可以通过反馈的正负母线电压差和预先设定的参考电压进行比较,这样可以更好地实现控制。

[0098] 为了更好地说明本发明以上实施例提供的方法的有益效果,下面结合附图来说明。

[0099] 参见图7,该图为本发明提供的注入工频共模电压后B相对地短路时的波形图。

[0100] 将图7和图3相比可以看出,通过本发明实施例提供的开环控制或者闭环控制,向给定的三相电压中注入工频共模电压以后,有效减小了不对称跌落时母线中点电压和电流的波动。

[0101] 从图3中可以看出,逆变器中点电流(母线中点电流)的标幺值大概为1,而在图7中,逆变器中点电流(母线中点电流)的标幺值大概为0.5。

[0102] 设备实施例一:

[0103] 基于以上实施例提供的多电平逆变器低电压穿越控制方法,本发明还提供了一种多电平逆变器低电压穿越控制设备,下面结合附图来详细介绍。

[0104] 参见图8,该图为本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制设备实施例一示意图。

[0105] 本实施例提供的多电平逆变器低电压穿越控制设备,应用于光伏电站并网运行的

逆变器中,光伏电站的太阳能极板的输出的直流电输入给逆变器,逆变器将直流电逆变为交流电后将交流电反馈给电网;包括:判断单元800和注入单元900;

[0106] 所述判断单元800,用于监测电网的三相电压,判断电网电压是否发生不对称跌落;所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障;

[0107] 需要说明的是,本发明实施例提供的控制设备适用于在太阳能光伏发电系统中发送不对称跌落故障时。

[0108] 不对称跌落故障包括:两相短路故障、单相接地短路故障。例如,B相接地短路故障,或,A相和B相之间短路故障。

[0109] 可以理解的是,本方法不适用于对称跌落故障,即A相、B相和C相三相均发生短路故障。

[0110] 例如,对于三电平逆变器,母线电容中点电流由三相并网电流和三相PWM开关函数决定。当电网电压发生不对称跌落故障时,母线电容中点电流存在较大波动,引起上下母线电压的波动,具体可以参见图3,该图为电网电压以B相接地短路故障为例的逆变器母线中点电压波动图。

[0111] 从图3中可以看出,当B相发生接地短路故障时,将会在母线中点电流(图3中对应逆变器中点电流)上产生工频波动(中国的工频为50Hz);从而引起逆变器母线中点电压的工频波动。并且通过仿真和试验验证,当电网电压发生不对称跌落时,母线中点电压存在工频波动,当母线中点电压波动较大时会造成逆变器中的开关管承受的电压应力过大或实施保护导致LVRT失败,反过来如果增加母线电容的容量则会增加系统成本。

[0112] 本发明采取在电网电压发生不对称跌落时,注入工频共模电压,以减小母线中点电流的波动。由于母线中点电流的波动会产生母线中点电压的波动,因此,降低母线中点电流的波动进而可以降低母线中点电压的波动。

[0113] 所述注入单元900,用于当判断单元判断电网电压发生不对称跌落时,向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压,所述PWM控制器根据所述给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态。

[0114] 需要说明的是,注入工频共模电压是为了抵消母线中点电流的波动。

[0115] 可以理解的是,在太阳能光伏发电系统中,可以仅包括一个逆变器,也可以包括多个并联运行的逆变器。

[0116] 本实施例提供的设备对于每个逆变器的控制相同,每个逆变器中都注入相同的工频共模电压。

[0117] 综上,本实施例提供的多电平逆变器低电压穿越控制设备,在判断电网电压发生不对称跌落故障时,向给定的三相并网电压中注入工频共模电压。因为电网电压发生不对称跌落故障时,母线中点电流会产生工频波动,为了减小母线中点电流的工频波动,因此,在PWM调制器之前就注入工频共模电压,这样PWM调制器输出的PWM信号就是注入工频共模电压以后的信号,由于PWM信号用来控制逆变器中开关管的开关状态,因此通过控制逆变器的工作来降低或减小母线中点电流的工频波动。当母线中点电流的工频波动被减小以后,逆变器中各个开关管承受的电压应力会降低,这样不会造成开关管损坏。

[0118] 设备实施例二:

[0119] 本发明实施例提供了两种不同的控制设备,一种是开环控制方式的控制设备,另

一种是闭环控制方式的控制设备,下面分别来介绍,首先介绍开环控制方式的控制设备。

[0120] 参见图9,该图为本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制设备实施例二示意图。

[0121] 本实施例提供的多电平逆变器低电压穿越控制设备,除了包括设备实施例一中的判断单元800和注入单元900以外,还包括:第一检测单元1000a和第一确定单元1000b;

[0122] 所述第一检测单元1000a,用于检测电网三相电压的幅值和相位,以及不对称跌落过程中的三相无功电流和三相有功电流;

[0123] 由于电网运行过程中,会采集电网的三相电压以及三相电流信息,因此,通过三相电压就可以判断是否发生不对称跌落。另外,通过电压和电流的信息可以确定需要注入的工频共模电压的幅值和相位。

[0124] 所述第一确定单元1000b,用于根据所述电网三相电压的幅值和相位以及三相无功电流和三相有功电流确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0125] 需要说明的是,本实施例提供的控制设备,注入工频共模电压的位置是图4中PWM调制器之前,向给定的三相电压中注入工频共模电压。

[0126] 本实施例提供的控制设备,不需要将检测的电压或电流反馈到输入端与给定值或者预定值进行比较,而是直接根据检测的电压和电流来确定注入的工频共模电压,属于开环控制,这种控制比较简单,实现方便。通过注入工频共模电压,可以减小母线中点电流的工频波动,从而降低逆变器中各个开关管承受的电压应力,保护开关管不受损害。

[0127] 设备实施例三:

[0128] 参见图10,该图为本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制设备实施例三示意图。

[0129] 下面介绍以闭环控制方式的控制设备。

[0130] 本实施例提供的多电平逆变器低电压穿越控制设备,除了包括设备实施例一中的判断单元800和注入单元900以外,还包括:第二检测单元1000c、正负母线电压差获得单元1000d和第二确定单元1000e;

[0131] 所述第二检测单元1000c,用于检测正母线电压和负母线电压;

[0132] 所述正负母线电压差获得单元1000d,用于由所述正母线电压和负母线电压获得正负母线电压差;

[0133] 由于正母线电压和负母线电压的差可以代表母线中点电流的波动情况,因此,用正负母线电压差来作为反馈量,将该反馈量与参考电压进行比较判断母线中点电流的波动。

[0134] 可以理解的是,所述参考电压是预先设定的电压,为了方便计算,本发明实施例中可以设定参考电压为零。

[0135] 所述第二确定单元1000e,用于将所述正负母线电压差与参考电压进行比较,由比较结果确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0136] 需要说明的是,本实施例中注入工频共模电压的位置也是图4中PWM调制器之前,向给定的三相电压中注入工频共模电压。

[0137] 本实施例中,采用闭环控制,通过采集的正母线电压和负母线电压来获得正负母线电压差,将正负母线电压差反馈到输入端与参考电压进行比较,由比较结果来确定注入

的工频共模电压的幅值和相位。本实施例采用的闭环控制,可以通过反馈的正负母线电压差和预先设定的参考电压进行比较,这样可以更好地实现控制。

[0138] 基于以上实施例提供的一种多电平逆变器低电压穿越控制方法及设备,本发明还提供了一种多电平逆变器低电压穿越控制系统,下面结合实施例来详细说明。

[0139] 系统实施例一:

[0140] 参见图11,该图为本发明提供的多电平逆变器低电压穿越控制系统实施例一示意图。

[0141] 本实施例提供的多电平逆变器低电压穿越控制系统,包括:逆变器1100、PWM调制器1200和控制器1300;

[0142] 所述逆变器1100,用于将太阳能极板输出的直流电逆变为交流电反馈给电网;

[0143] 所述PWM调制器1200,用于在控制器的控制下输出PWM信号给逆变器中的开关管,控制开关管的开关状态;

[0144] 所述控制器1300,用于监测电网的三相电压,判断电网电压是否发生不对称跌落,所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障;如果判断电网电压发生不对称跌落,则向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压。

[0145] 需要说明的是,本发明实施例提供的方法适用于在太阳能光伏发电系统中发送不对称跌落故障时。

[0146] 不对称跌落故障包括:两相短路故障、单相接地短路故障。例如,B相接地短路故障,或,A相和B相之间短路故障。

[0147] 可以理解的是,本方法不适用于对称跌落故障,即A相、B相和C相三相均发生短路故障。

[0148] 例如,对于三电平逆变器,母线电容中点电流由三相并网电流和三相PWM开关函数决定。当电网电压发生不对称跌落故障时,母线电容中点电流存在较大波动,引起上下母线电压的波动。

[0149] 当判断发生不对称跌落时,需要在PWM调制器之前,向给定的三相并网电压中注入工频共模电压。如图4所示,给定的三相并网电压为 u_a^* 、 u_b^* 和 u_c^* ;需要说明的是,注入的工频共模电压是一个矢量,包括工频共模电压幅值和相位。注入的工频共模电压的幅值和相位是由电网电压的跌落深度来决定的。

[0150] 图4中所示的太阳能光伏发电系统中,包括两个逆变器,这两个逆变器并联运行。

[0151] 可以理解的是,在太阳能光伏发电系统中,可以仅包括一个逆变器,也可以包括多个并联运行的逆变器。

[0152] 本实施例提供的控制系统对于每个逆变器的控制相同,每个逆变器中都注入相同的工频共模电压。可以理解的是,多个逆变器时可以共用同一个PWM调制器1200和同一个控制器1300。

[0153] 综上,本实施例提供的多电平逆变器低电压穿越控制系统,控制器1300在判断电网电压发生不对称跌落故障时,向给定的三相并网电压中注入工频共模电压。因为电网电压发生不对称跌落故障时,母线中点电流会产生工频波动,为了减小母线中点电流的工频波动,因此,在PWM调制器1200之前就注入工频共模电压,这样PWM调制器1200输出的PWM信号就是注入工频共模电压以后的信号,由于PWM信号用来控制逆变器1300中开关管的开关

状态,因此通过控制逆变器1300的工作来降低或减小母线中点电流的工频波动。当母线中点电流的工频波动被减小以后,逆变器1300中各个开关管承受的电压应力会降低,这样不会造成开关管损坏。

[0154] 本发明提供了两种工频共模电压的控制方式,一种是开环控制,另一种是闭环控制,下面结合具体实施例来详细介绍。

[0155] 系统实施例二:

[0156] 本实施例中介绍控制器以开环控制的方式来实现控制的工作原理。

[0157] 本实施例中控制器,还用于检测电网三相电压的幅值和相位,以及不对称跌落过程中的三相无功电流和三相有功电流;根据所述电网三相电压的幅值和相位以及三相无功电流和三相有功电流确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0158] 由于电网运行过程中,会采集电网的三相电压以及三相电流信息,因此,通过三相电压就可以判断是否发生不对称跌落。另外,通过电压和电流的信息可以确定需要注入的工频共模电压的幅值和相位。

[0159] 本实施例提供的控制系统,不需要将检测的电压或电流反馈到输入端与给定值或者预定值进行比较,而是直接根据检测的电压和电流来确定注入的工频共模电压,属于开环控制,这种控制比较简单,实现方便。通过注入工频共模电压,可以减小母线中点电流的工频波动,从而降低逆变器中各个开关管承受的电压应力,保护开关管不受损害。

[0160] 系统实施例三:

[0161] 本实施例中介绍控制器以闭环控制的方式来实现控制的工作原理。

[0162] 本实施例中控制器,还用于检测正母线电压和负母线电压;由所述正母线电压和负母线电压获得正负母线电压差;将所述正负母线电压差与参考电压进行比较,由比较结果确定所述工频共模电压的幅值和相位。

[0163] 由于正母线电压和负母线电压的差可以代表母线中点电流的波动情况,因此,用正负母线电压差来作为反馈量,将该反馈量与参考电压进行比较判断母线中点电流的波动。

[0164] 可以理解的是,所述参考电压是预先设定的电压,为了方便计算,本发明实施例中可以设定参考电压为零。

[0165] 本实施例中,采用闭环控制,通过采集的正母线电压和负母线电压来获得正负母线电压差,将正负母线电压差反馈到输入端与参考电压进行比较,由比较结果来确定注入的工频共模电压的幅值和相位。本实施例采用的闭环控制,可以通过反馈的正负母线电压差和预先设定的参考电压进行比较,这样可以更好地实现控制。

[0166] 需要说明的是,以上实施例提供的控制系统中的逆变器可以为三相多电平逆变器;例如为三电平逆变器,五电平逆变器等等。另外,所述逆变器也可以为一个逆变器,也可以为多个并联运行的逆变器,例如为两个逆变器并联运行。

[0167] 逆变器的拓扑可以为T型或I型。

[0168] 需要说明的是,本发明以上实施例提供的控制系统,由于降低了母线中点电流的波动,因此同时也降低了母线电容的容值。因为相同的母线中点电流波动情况下,母线电容的容值越大,母线中点电压的波动越小。以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制。虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本

发明。任何熟悉本领域的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围情况下，都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰，或修改为等同变化的等效实施例。因此，凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰，均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

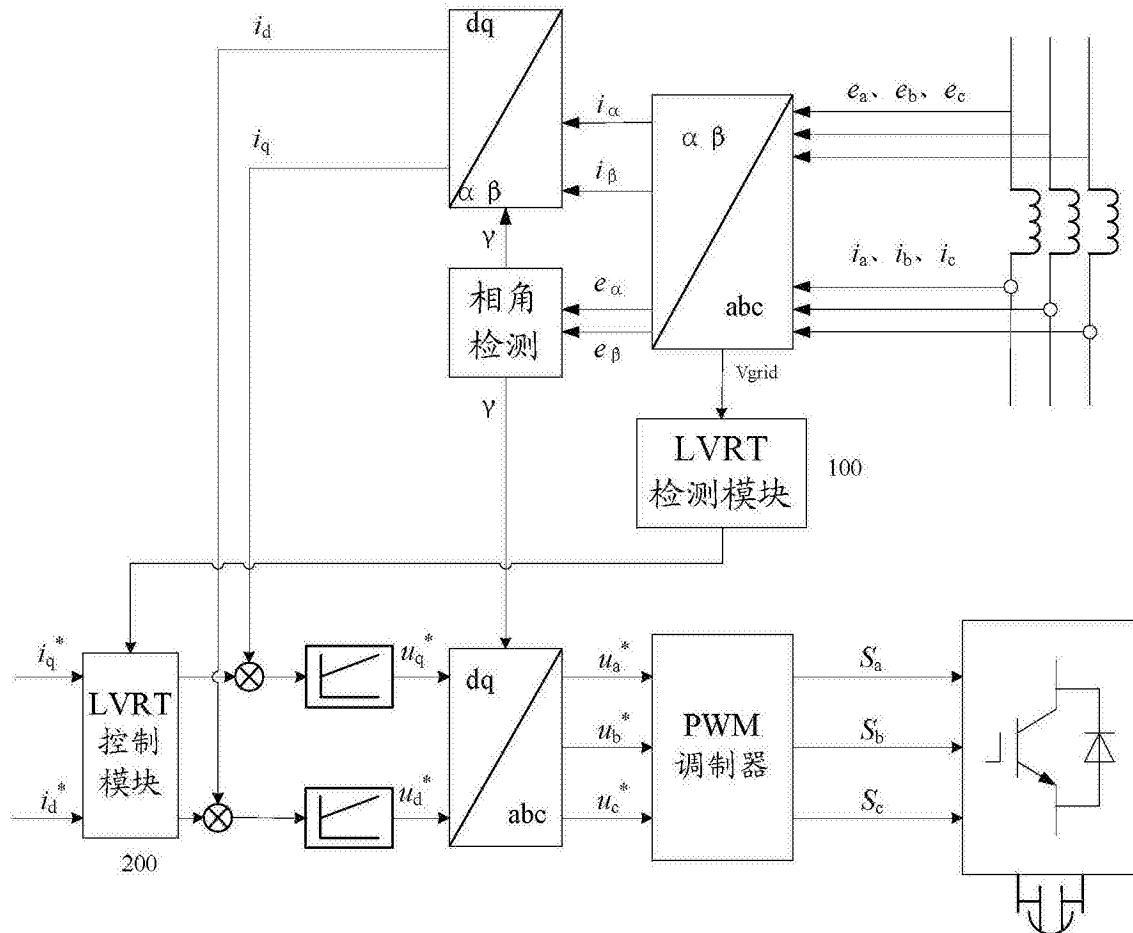


图1

监测电网的三相电压，判断电网电压是否发生不对称跌落；
所述不对称跌落包括两相短路故障和单相接地短路故障；

S201

如果电网电压发生不对称跌落，则向输入给PWM调制器的给定三相并网电压中注入工频共模电压，所述PWM控制器根据所述给定三相并网电压输出PWM信号以控制逆变器中开关管的开关状态

S202

图2

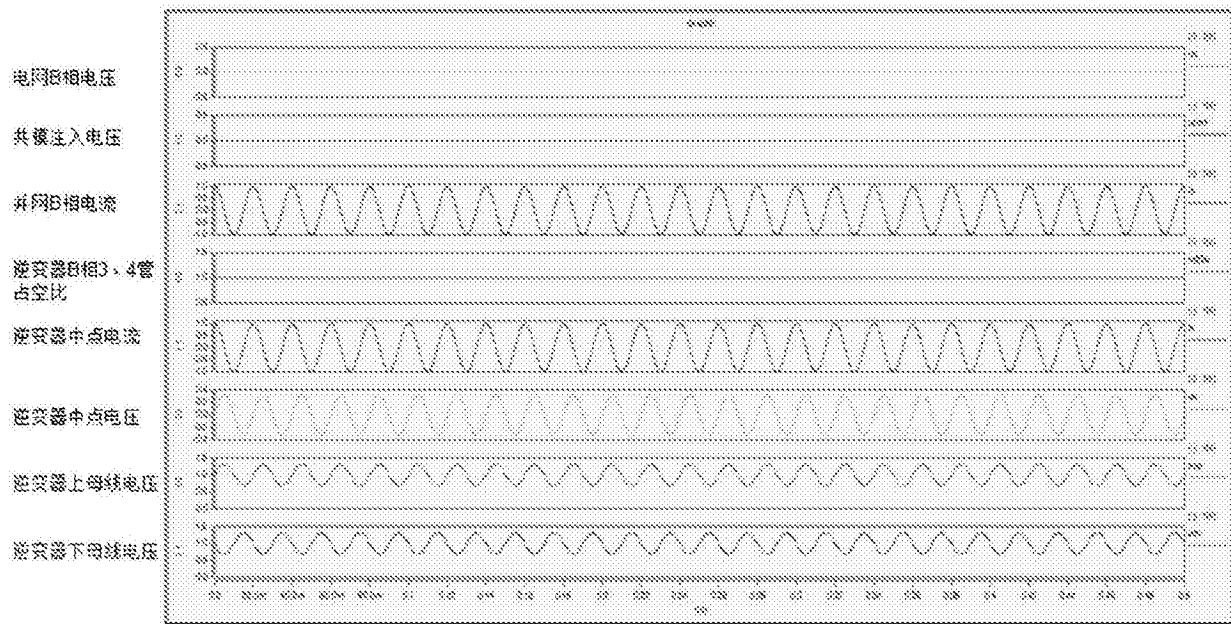


图3

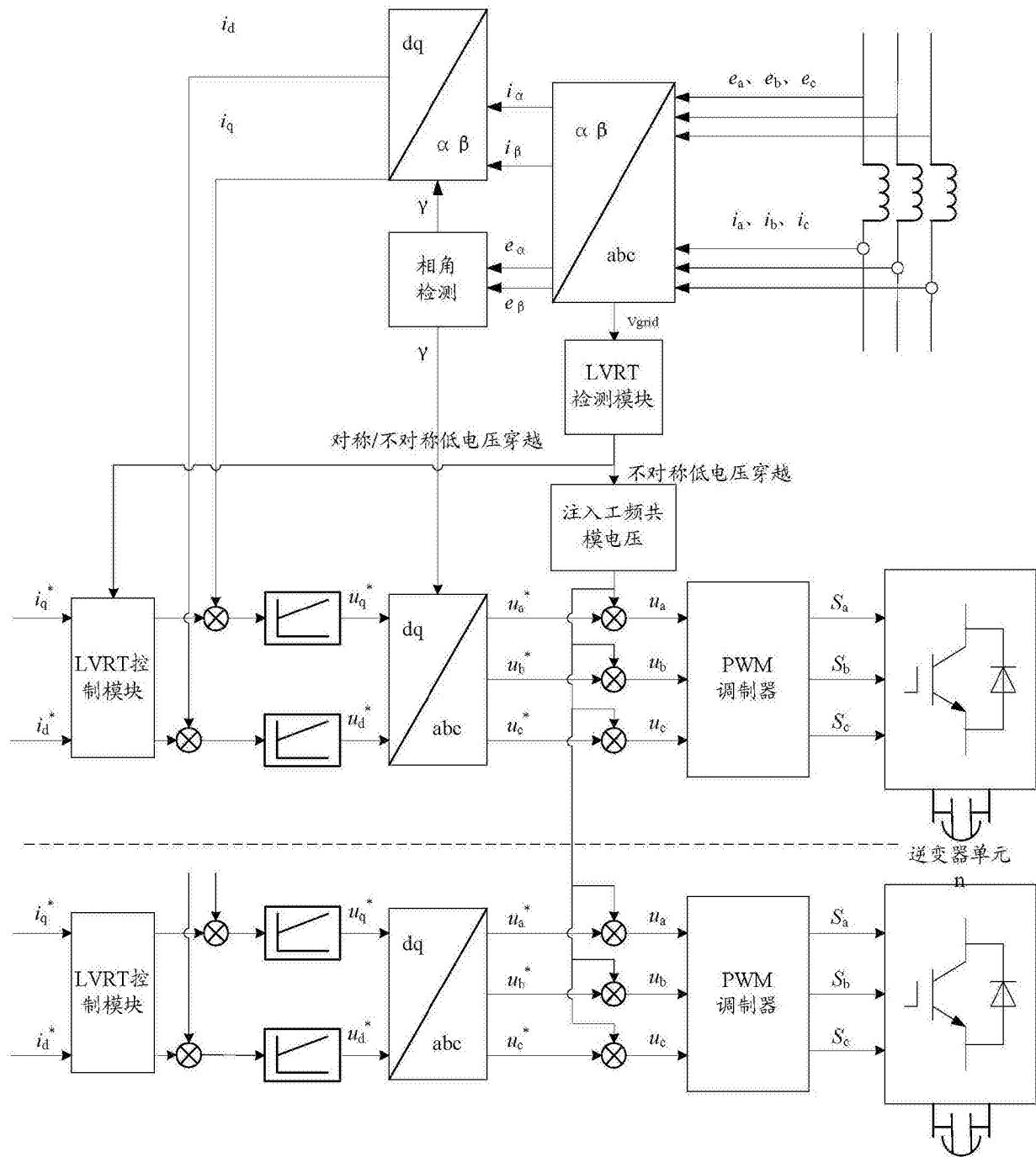


图4

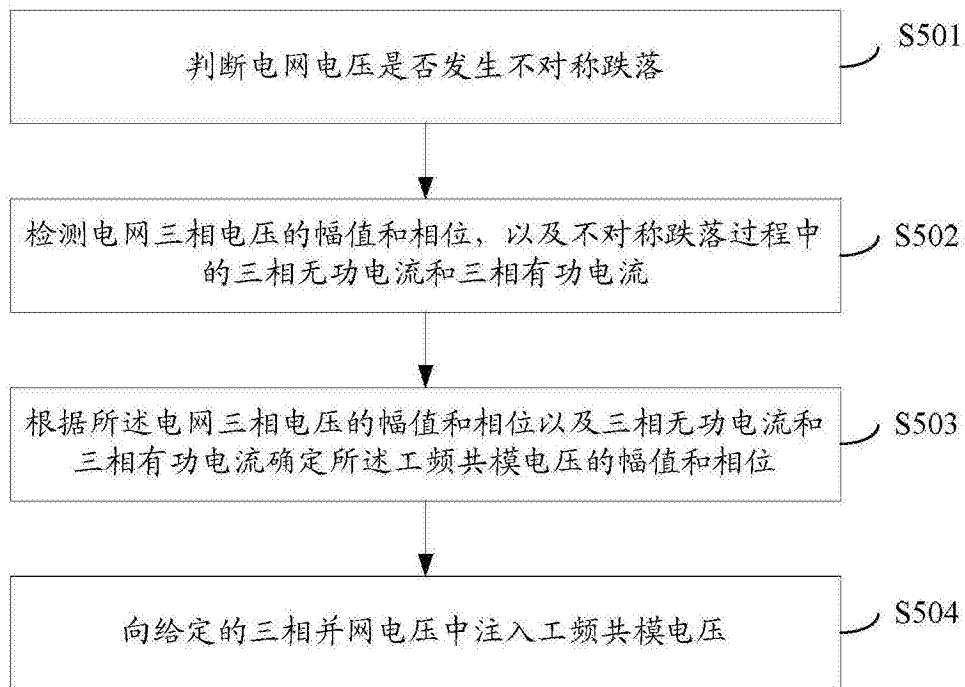


图5

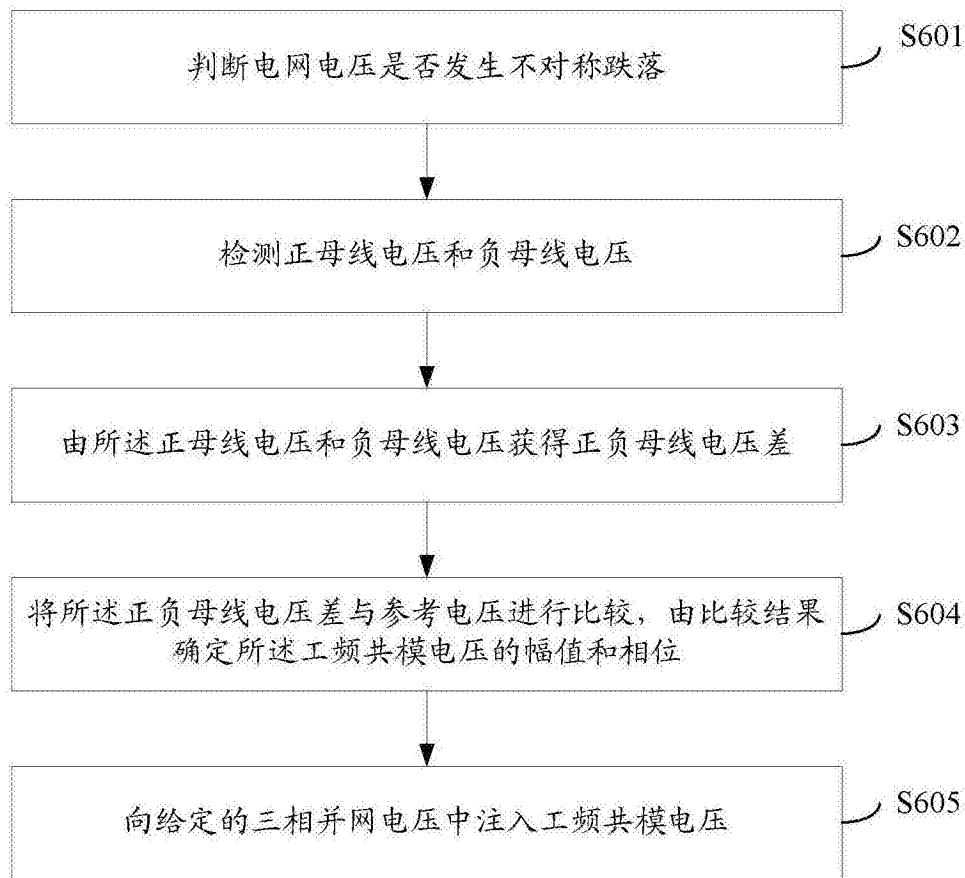


图6

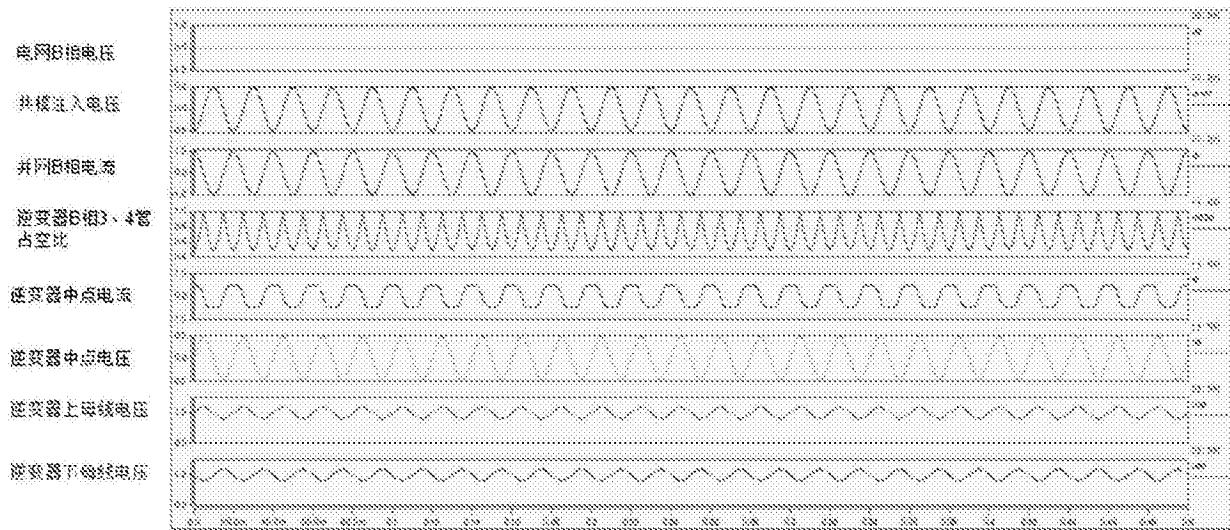


图7

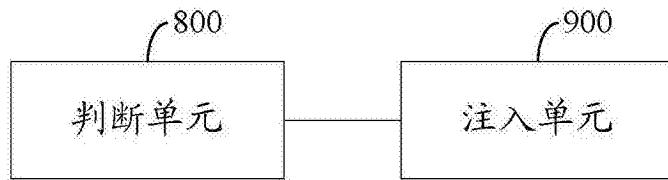


图8

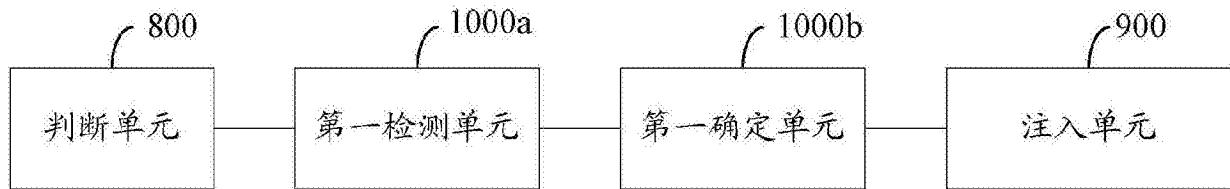


图9

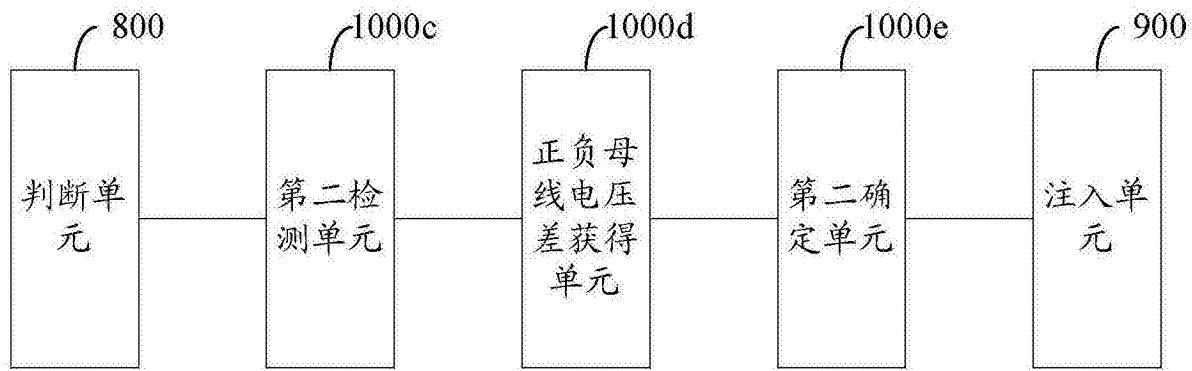


图10

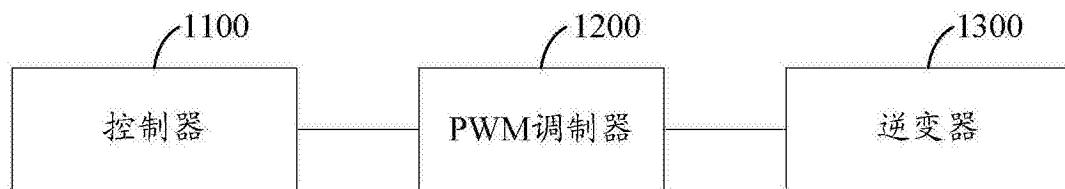


图11