



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104467654 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201410740921. 1

(22) 申请日 2014. 12. 05

(71) 申请人 天津电气科学研究院有限公司

地址 300180 天津市河东区津塘路 174 号

(72) 发明人 宋鹏 金雪峰 田凯 李钊 张策

刘洋

(74) 专利代理机构 天津盛理知识产权代理有限

公司 12209

代理人 王来佳

(51) Int. Cl.

H02S 40/32(2014. 01)

H02J 3/38(2006. 01)

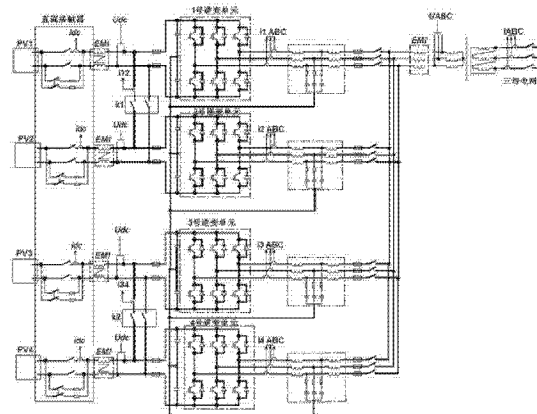
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统

(57) 摘要

本发明涉及一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统,其技术特点是:包括多个独立的光伏逆变单元,多个光伏组件分别通过直流接触器、EMI 滤波电路连接到多个光伏逆变单元上,多个光伏逆变单元分别经 LCL 滤波电路连接到三相电网上;每个光伏逆变单元采集各自的交流进线电流作为系统保护和死时补偿用,每个光伏逆变单元采集各自的直流电压、直流电流作为 MPPT 跟踪使用,电网电压被逆变器控制回路采集使用。本发明设计合理,其采用多个独立的逆变器单元,降低了各组逆变器之间的共模电压,提高了系统的稳定性和可靠性;同时直流侧中点通过短接线钳位进一步降低了流过 PV 阵列的共模电流,有利于提高电池板寿命,并且简单易行;同时提高系统发电量。



1. 一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统,其特征在于:包括多个独立的光伏逆变单元,多个光伏组件分别通过直流接触器、EMI 滤波电路连接到多个光伏逆变单元上,多个光伏逆变单元分别经 LCL 滤波电路连接到三相电网上;每个光伏逆变单元采集各自的交流进线电流作为系统保护和死时补偿用,每个光伏逆变单元采集各自的直流电压、直流电流作为 MPPT 跟踪使用,电网电压被逆变器控制回路采集使用。

2. 根据权利要求 1 所述的一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统,其特征在于:所述的光伏逆变单元为二个、三个、四个、六个或八个,所述的光伏组件为二个、三个、四个、六个或八个。

3. 根据权利要求 1 所述的一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统,其特征在于:在每两个光伏逆变单元之间连接有一个接触器。

4. 根据权利要求 1 至 3 任一项所述的一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统,其特征在于:所述 LCL 滤波电路的交流滤波电路电容中点引回至光伏逆变单元直流电容中点,并且各个光伏逆变单元的直流电容中点短接,使各组光伏逆变单元直流侧中点电位保持一致。

## 一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于光伏逆变技术领域,尤其是一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统。

### 背景技术

[0002] 光伏发电系统通常由电池板阵列和功率变换(逆变器)部分组成,通常要求在逆变器与电网之间放置低频变压器用于电网与 PV 阵列电气隔离。非隔离式逆变器由于效率高、成本低、体积小等优势越来越受到厂家的重视,但是,如果去掉变压器将使 PV 阵列与电网有了电气连接,共模电流会大幅增加,带来安全隐患,并对电池板也会产生不良的影响。目前,运用多 MPPT(Maximum Power Point Tracking, 最大功率点跟踪)用于提高逆变器发电量是各个厂家研究的热点,因此,多 MPPT 结构下消除流过 PV 阵列的共模电流也成了光伏并网的研究热点。文献“Transformerless single-phase multilevel-based photovoltaic inverter”针对单相桥式三电平并网逆变器建立共模等效模型,得出共模电压恒定结论,从而减小共模电流,但是,该结论在三相系统中并不成立。文献“NPC 三电平并网逆变器共模电流抑制技术研究”分析了三电平光伏逆变器共模特性,提出了增强三电平光伏逆变器共模抑制性能的补偿措施,但是,该方法实用性差,难以用于工程实践中。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种稳定性强、维护方便且能提高系统发电量的一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统。

[0004] 本发明解决现有的技术问题是采取以下技术方案实现的:

[0005] 一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统,包括多个独立的光伏逆变单元,多个光伏组件分别通过直流接触器、EMI 滤波电路连接到多个光伏逆变单元上,多个光伏逆变单元分别经 LCL 滤波电路连接到三相电网上;每个光伏逆变单元采集各自的交流进线电流作为系统保护和死时补偿用,每个光伏逆变单元采集各自的直流电压、直流电流作为 MPPT 跟踪使用,电网电压被逆变器控制回路采集使用。

[0006] 而且,所述的光伏逆变单元为二个、三个、四个、六个或八个,所述的光伏组件为二个、三个、四个、六个或八个。

[0007] 而且,在每两个光伏逆变单元之间连接有一个接触器。

[0008] 而且,所述 LCL 滤波电路的交流滤波电路电容中点引回至光伏逆变单元直流电容中点,并且各个光伏逆变单元的直流电容中点短接,使各组光伏逆变单元直流侧中点电位保持一致。

[0009] 本发明的优点和积极效果是:

[0010] 1、本系统采用多个独立的逆变器单元,降低了各组逆变器之间的共模电压,提高了系统的稳定性和可靠性;同时直流侧中点通过短接线钳位进一步降低了流过 PV 阵列的共模电流,有利于提高电池板寿命,并且简单易行。

[0011] 2、本系统在光伏板能量不足时自动并联光伏组件,增加发电时间和提高发电效

率,最终提高系统发电量。

### 附图说明

- [0012] 图 1 是本发明的一种实施例电路图 (包括四个光伏逆变单元);
- [0013] 图 2 是本发明的另一种实施例电路图 (包括三个光伏逆变单元);
- [0014] 图 3 是本发明采用的共模原理等效图;
- [0015] 图 4 是本发明与逆变器控制回路关系示意图;
- [0016] 图 5 是逆变器控制回路的电路方框图;
- [0017] 图 6 是主站控制系统的电路方框图;
- [0018] 图 7 是从站控制系统的电路方框图。

### 具体实施方式

[0019] 以下结合附图对本发明实施例做进一步详述。

[0020] 一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统,包括多个独立的光伏逆变单元,光伏逆变单元可以为二个、三个、四个、六个、八个等。图 1 给出了包括四个光伏逆变单元的电路图,光伏逆变主回路系统包括四个独立的光伏逆变单元,四个光伏组件 PV1、PV2、PV3、PV4 分别通过光伏逆变单元直流接触器、EMI 滤波电路连接到四个光伏逆变单元上,四个光伏逆变单元分别经 LCL 滤波电路连接到三相电网上。在第 1 光伏逆变单元和第 2 光伏逆变单元之间连接有第一接触器 K1,在第 3 光伏逆变单元和第 4 光伏逆变单元之间连接有第二接触器 K2。每个光伏逆变单元采集各自的交流进线电流  $i_{1ABC} \sim i_{4ABC}$  作为系统保护和死时补偿用,采集各自的直流电压  $u_{dc}$ 、直流电流  $i_{dc}$  作为 MPPT 跟踪使用,电网电压  $u_{ABC}$  由逆变器控制回路采集并使用。

[0021] 图 2 给出了包括三个光伏逆变单元的电路图,三路 MPPT 逆变系统与四路 MPPT 逆变系统工作原理相同。该光伏逆变主回路系统包括三个独立的光伏逆变单元,三个光伏组件 PV1、PV2 和 PV3 分别通过光伏逆变单元光伏逆变单元直流接触器、EMI 滤波电路连接到三个光伏逆变单元上,三个光伏逆变单元分别经 LCL 滤波电路连接到三相电网上。在第 1 光伏逆变单元和第 2 光伏逆变单元之间连接有第一接触器 K1,在第 2 光伏逆变单元和第 3 光伏逆变单元之间连接有第二接触器 K2。在逆变器控制回路中,当直流电压  $u_{dc}$  满足启动条件后,首先闭合光伏逆变单元光伏逆变单元直流接触器,且每次系统启动的时候接触器 K1、K2 都是闭合状态,通过接触器 K1、K2 使光伏组件 PV1、PV2 和 PV3 并联,然后使能第 1 光伏逆变单元并网发电,使光伏组件 PV1、PV2 和 PV3 合并为一组供第 1 光伏逆变单元工作;当检测到接触器 K1、K2 上流过的功率大于一定值后,启动第 2 逆变单元并网发电;当检测到接触器 K1、K2 上流过的功率大于更大设定值后,启动第 3 逆变单元并网发电。

[0022] 在使用 LCL 滤波电路的基础上,将交流滤波电路电容中点引回直流电容中点,并将各个逆变器的直流电容中点短接,使各组逆变器直流侧中点电位保持一致。其中直流电容中点短接可以用图 3 所示的等效原理进行说明:

[0023] 在图 3 所示,由 4 组光伏逆变单元 IGBT 模块产生的共模电压可以等效为  $U_{cm1} \sim U_{cm4}$ 。以  $U_{cm1}$  为例,它产生的共模电流路径有 2 条,1 条是经过  $L1 \rightarrow C1$ ,1 条是  $L1 \rightarrow L2 \rightarrow PCC$  公共点  $\rightarrow$  大地  $\rightarrow C_{pv1}$ 。首先,将 4 组光伏逆变单元的三角载波利用高速通讯同步,由于 4

组光伏逆变单元的锁相电压源自同一个电网电压,所以他们的输出电压给定也比较接近,因此与经过同步的三角载波比较产生 PWM 脉冲,他们的开关时刻也会相对接近,进而产生的共模电压也更接近,这样  $U_{cm1} \sim U_{cm4}$  之间大部分共模电压可以相互抵消;相较三角载波异步调制方法,大幅度降低了各个光伏逆变单元之间的共模电压。然后,各个直流电容中点用导线 R 短接,那么两组逆变器直流电容中点电压通过导线钳位,使 PV 阵列之间的共模电压几乎为零,从而进一步减少了 PV 阵列上的共模电流。

[0024] 本一种多路 MPPT 光伏逆变主回路系统与逆变器控制回路连接在一起可以构成多路 MPPT 光伏逆变系统,该系统的构成如图 4 所示,逆变器主回路产生的电流 ( $i_{dc}, i_{1_{ABC}} \sim i_{4_{ABC}}$ ) 信号、电压 ( $u_{dc}, u_{ABC}$ ) 信号被采样到逆变器控制回路中,在逆变器控制回路中经过运算处理,产生 PWM 脉冲给定信号以及接触器 K1、K2 的开关信号,再去控制逆变器主回路。

[0025] 如图 5、图 6、图 7 所示,逆变器控制回路包括一个主站控制系统和四个从站控制系统(设光伏逆变单元的数量为四个,因此,从站控制系统的数量也为四个),主站控制系统由主站高压采集板、高速通讯板、主站控制板、主站母板依次连接构成,从站控制系统包括从站高压采集板、从站 PWM 板、从站母板、电源板和驱动板组成,从站高压采集板、从站 PWM 板、从站母板依次相连接,电源板和驱动板与从站母板相连接,主站和从站之间的高速通讯采用 100M 光纤连接,以满足系统通讯的实时性。四个从站控制系统的板卡完全一样,可以相互替代且相互独立,有利于降低维护成本。

[0026] 下面对主站控制系统和从站控制系统分别进行说明:

[0027] 如图 6 所示,主站高压采集板:主要用来采样交流电压、接触器电流等信号,其中 X1 端口输入三相网侧电压  $u_{ABC}$ , X5 端子输入接触器 K1 电流  $i_{12}$  和接触器 K2 电流  $i_{34}$ , X3 端子将主站高压采集板采集的电压电流信号发送给高速通讯板。

[0028] 主站母板: X3 端子输入经霍尔电流传感器采样的电网侧交流电流  $I_{ABC}$ ,并在主站母板上进行信号处理,通过 X9 端子发送给主站控制板。

[0029] 高速通讯板:与从站控制系统的从站 PWM 板通过 100M 光纤连接,实现主站与从站之间的高速数据通讯; X3 端子的 1, 2 端口用来向从站 PWM 板发送数据,采用串行通讯方式,发送数据包括交流电压,载波同步信号,启停逻辑信号等; X3 端子的 3, 4 端口用来接收从站 PWM 板的数据,包括故障信号,逻辑控制信号等。

[0030] 主站控制板:主控芯片由 CPLD 和 ARM 组成, CPLD 负责启停逻辑、高速通讯等方面内容,同时对从站的 PWM 载波信号进行高速同步,使每组从站的 PWM 生成载波相位保持一致; ARM 主要负责人机界面、上位机通讯和相关计算。X5 端子的端口 5 外接急停按钮,用以紧急关机。X5 端子的端口 6 接绝缘故障检测,以检查系统绝缘情况。

[0031] 如图 7 所示,从站控制系统从站高压采集板、从站母板、电源板、驱动板和从站 PWM 板组成。

[0032] 从站高压采集板主要用来采样直流电流,判断接地故障。X5 端子输入直流电流  $i_{dc}$ ; X2 端口将直流侧正负极相对于大地 PE 的电势进行比较,以判断是否有接地故障; X3 端子将从站高压采集板采集的直流电流信号和接地故障信号发送给 PWM 板。

[0033] 从站母板: X3 端子输入经霍尔电流传感器采样的电网侧交流电流  $I_{ABC}$ ,并在从站母板上进行信号处理; X4 端子输入散热器温度信号; X9 端子与从站 PWM 板相连,向从站 PWM 板发送电流信号和散热器温度信号,并接收从站 PWM 发送的 PWM 脉冲信号; X5 端子与驱动

板的 X1 端子相连,用以将 PWM 脉冲信号发送给驱动板。

[0034] 驱动板:驱动板用来驱动功率开关器件动作,选用 CONCEPT 公司生产的 2SP0115T2Ax 系列驱动模块。

[0035] 电源板:电源板主要用来采集直流电压和负责给母板供电。

[0036] 从站 PWM 板:主控芯片由 DSP 和 FPGA 组成,其中 DSP 负责光伏逆变器相关算法,FPGA 负责采集交流电压、交流电流、直流电压和直流电流用于系统控制和保护,同时通过光纤高速通讯模块和主站进行数据传输,并控制 PWM 脉冲给定。

[0037] 在逆变器控制回路中,当直流电压  $u_{dc}$  满足启动条件后,首先闭合光伏逆变单元光伏逆变单元直流接触器,且每次系统启动的时候接触器 K1、K2 都是闭合状态,通过接触器 K1、K2 使光伏组件 PV1、PV2 和光伏组件 PV3、PV4 分别并联,然后使能第 1 光伏逆变单元和第 3 光伏逆变单元并网发电,使光伏组件 PV1、PV2 合并为一组供第 1 光伏逆变单元工作;光伏组件 PV3、PV4 合并为一组供第 3 光伏逆变单元工作;这种工作模式相当于增加了电池板容量,可以使早晨并网时间提前,使晚上离网时间滞后,增加了光伏组件使用时间,使系统总发电量增加,并且在阴天多云天气下采用这种工作模式,只有第 1 光伏逆变单元和第 3 光伏逆变单元工作,由于第 2 光伏逆变单元和第 4 光伏逆变单元没有工作,因此省掉了第 2 光伏逆变单元和第 4 光伏逆变单元里面 LCL 滤波器的损耗,提高了系统发电效率。

[0038] 当检测到接触器 K1、K2 上流过的功率大于一定值后,启动第 2、第 4 光伏逆变单元并网发电,因为接触器 K1 和第 2 光伏逆变单元输出功率之和等于第 2 光伏组件输出功率,接触器 K2 和第 4 光伏逆变单元输出功率之和等于第 4 光伏组件输出功率,因此随着第 2、第 4 光伏逆变单元并网后逐渐增加输出功率,K1、K2 上流过的电流会逐渐下降,直至 K1、K2 接触器上电流降为零后断开 K1、K2 接触器,此时由于断开时电流几乎为零,因此不会产生拉弧现象,K1、K2 断开后每组光伏逆变单元按各自的 MPPT 独立运行。

[0039] 由于接触器 K1、K2 闭合工作时光伏板能量相对不高,流过接触器 K1、K2 的最大电流小于额定值,所以此处选用的接触器容量可小于额定功率。

[0040] 需要强调的是,本发明所述的实施例是说明性的,而不是限定性的,因此本发明包括并不限于具体实施方式中所述的实施例,凡是由本领域技术人员根据本发明的技术方案得出的其他实施方式,同样属于本发明保护的范围。

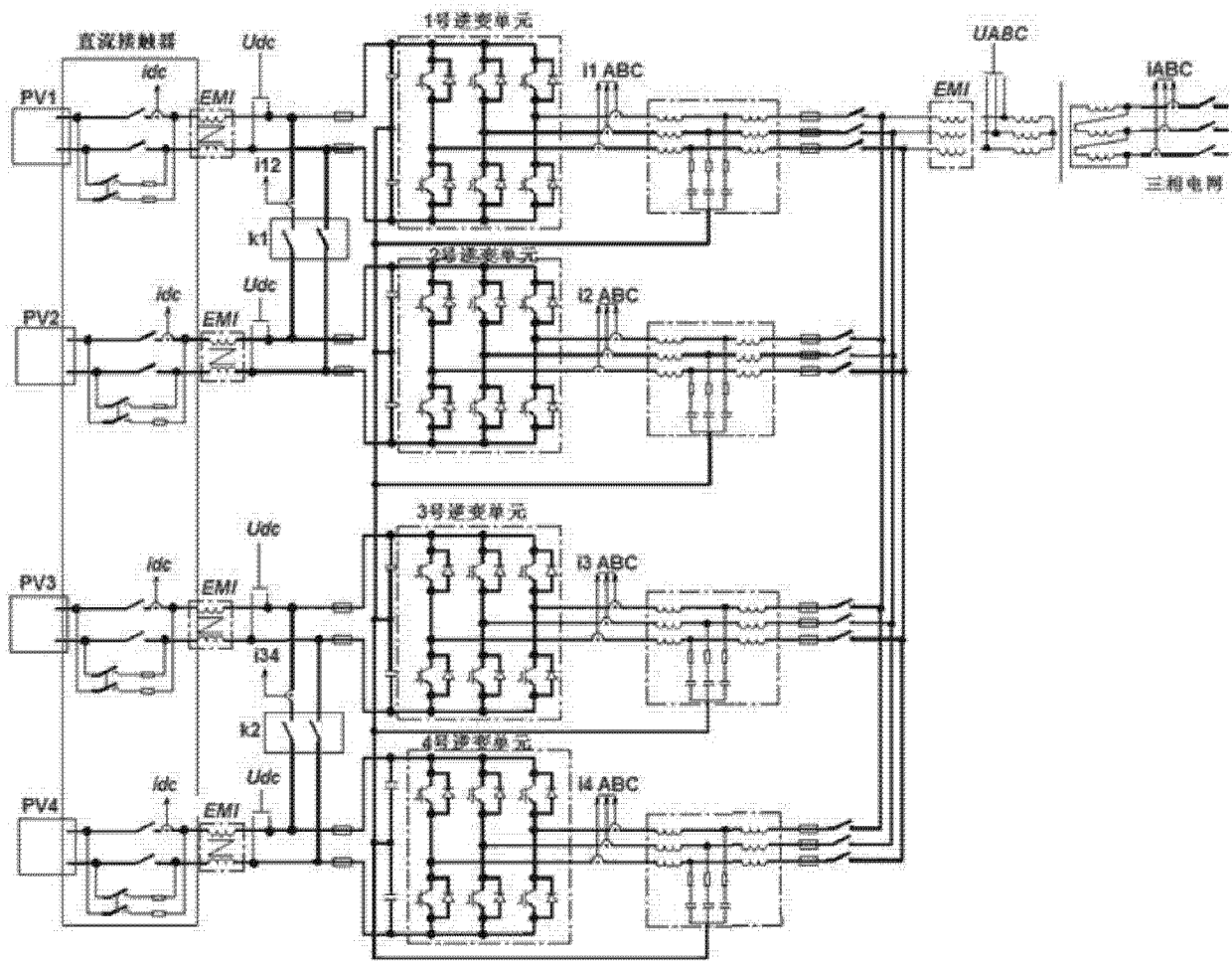


图 1

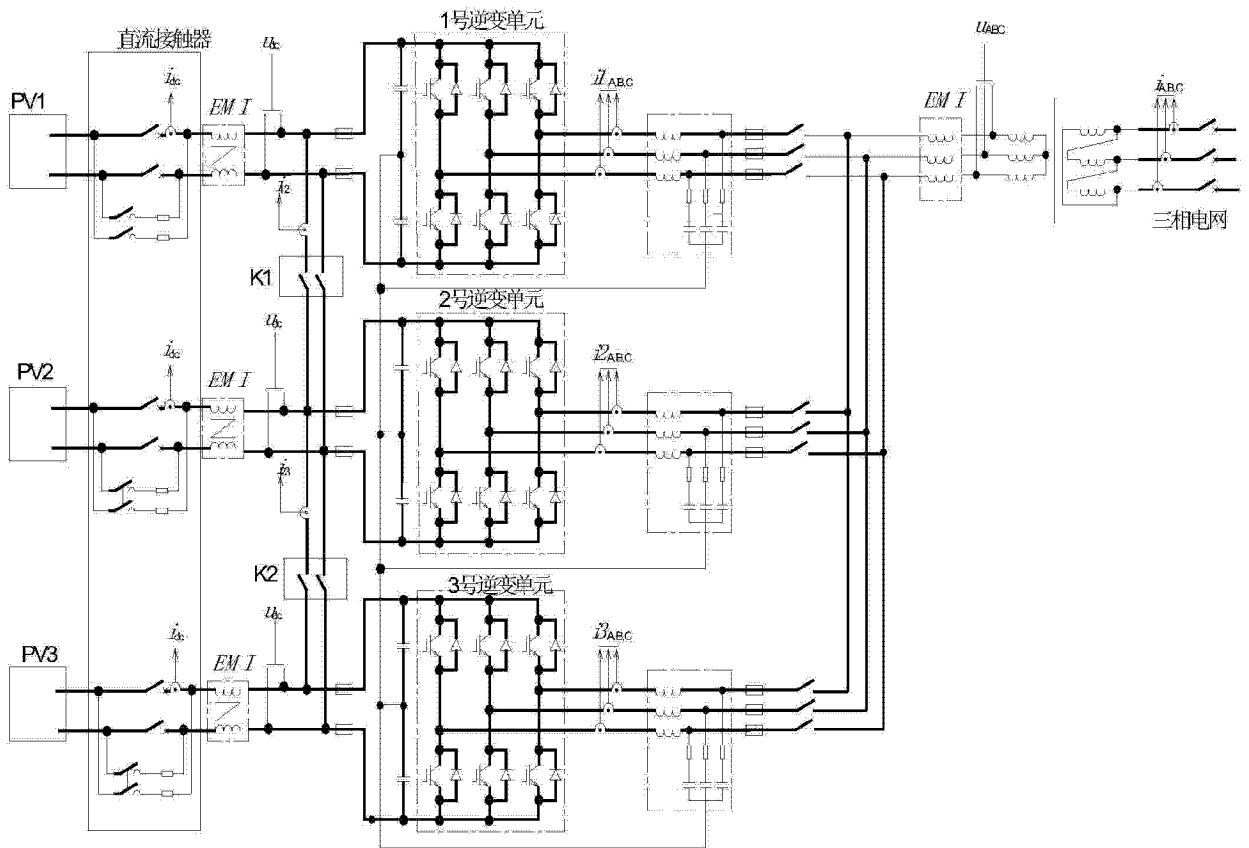


图 2



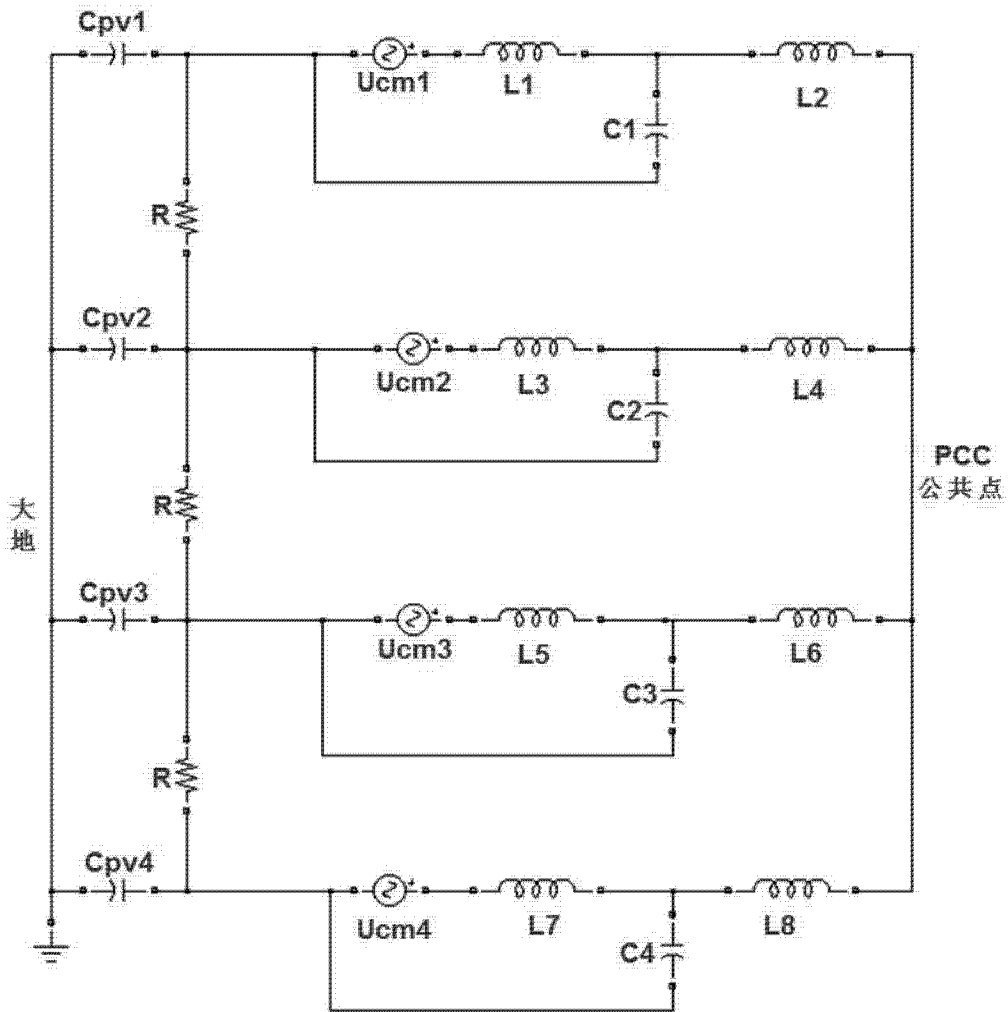


图 3

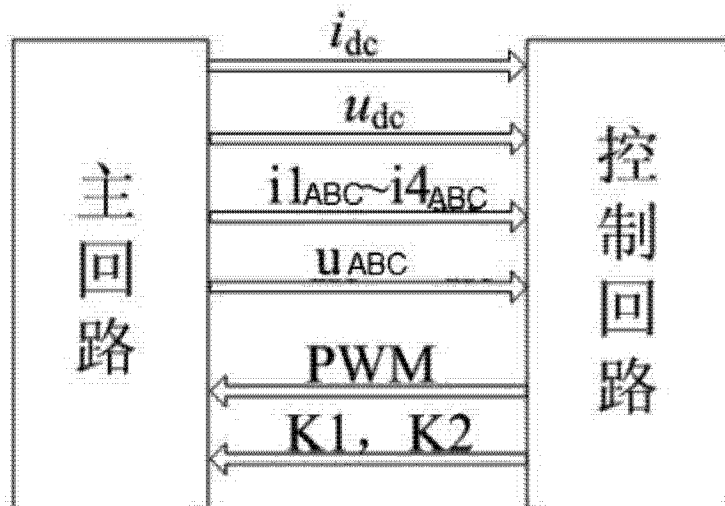


图 4

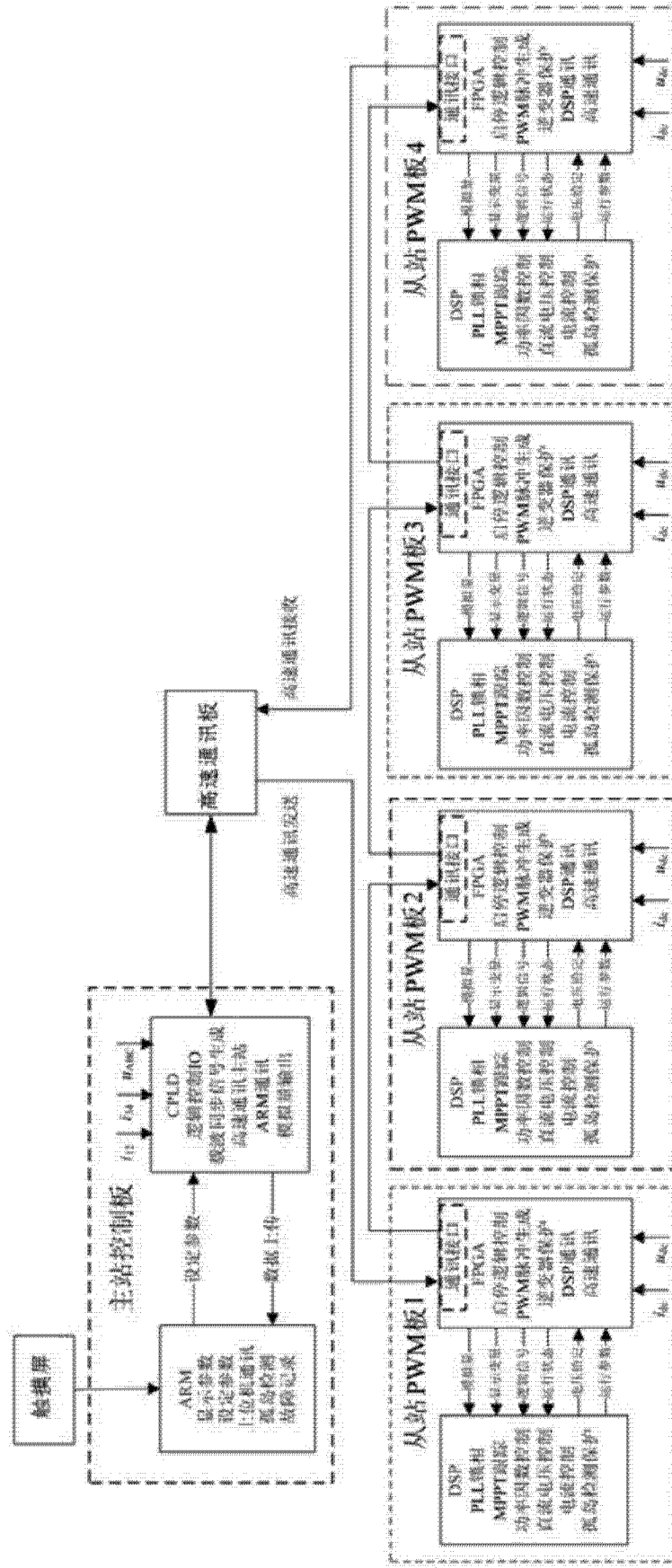


图 5

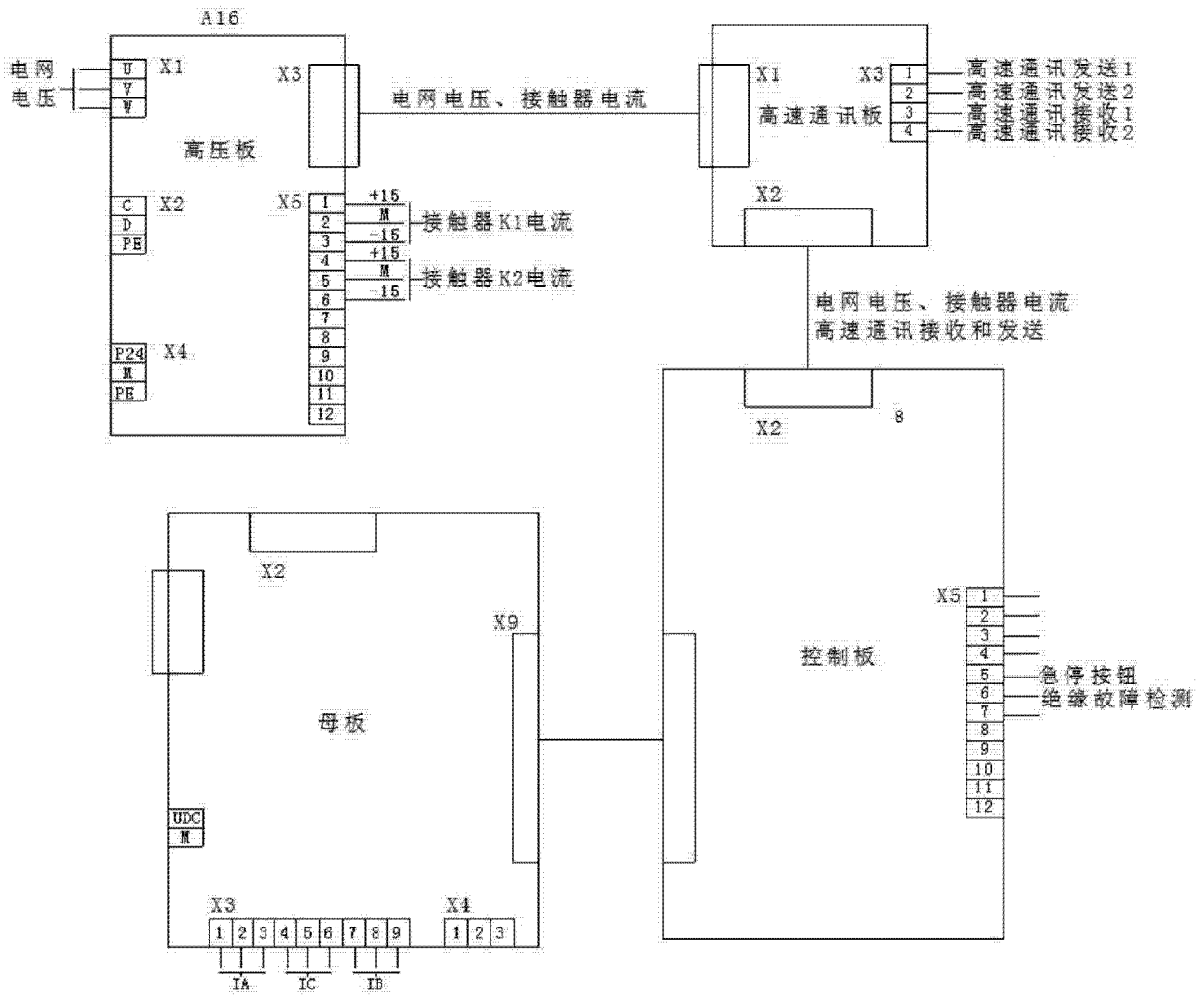


图 6

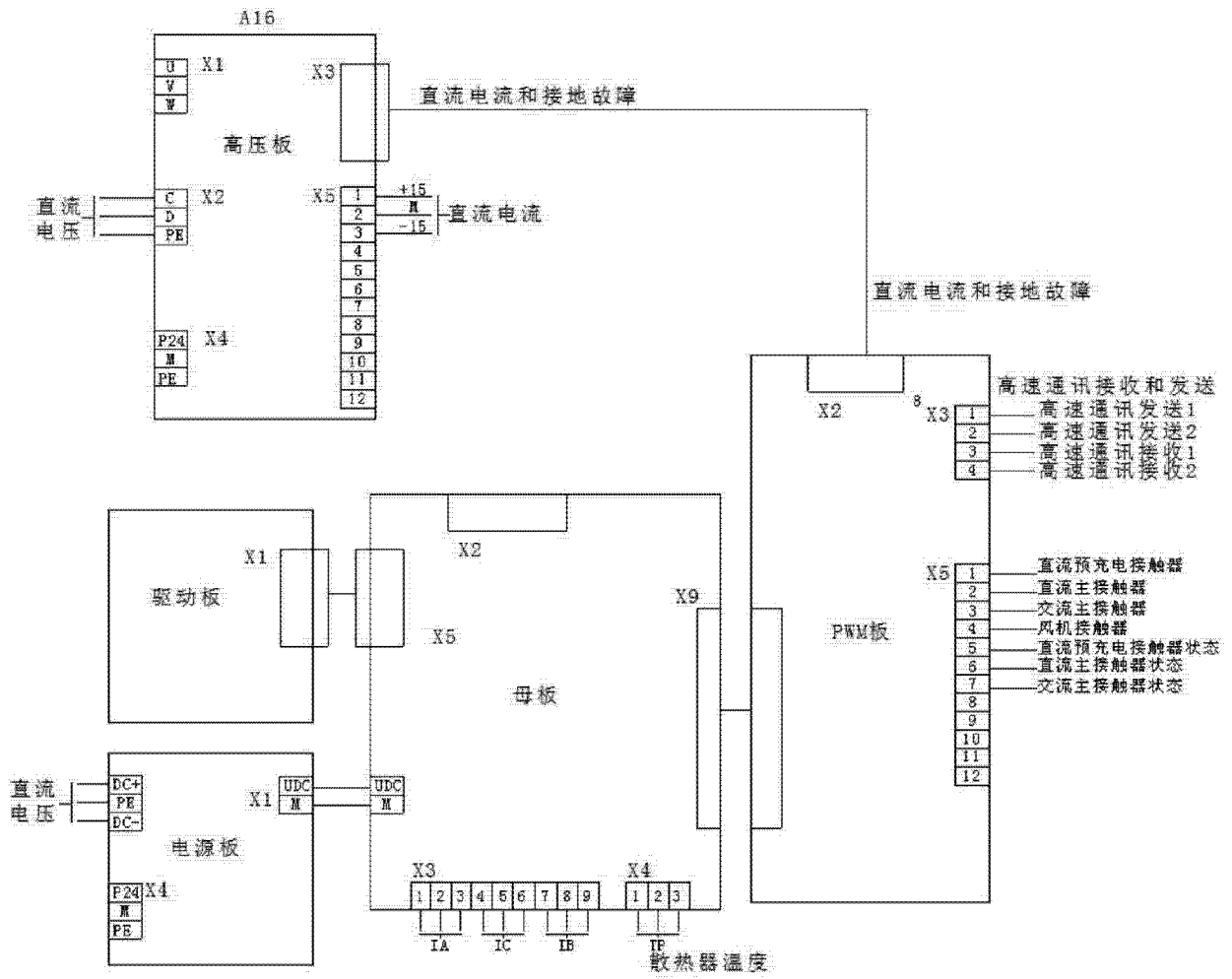


图 7