



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102624018 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 01

(21) 申请号 201210094291. 6

(22) 申请日 2012. 03. 31

(71) 申请人 东北大学

地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

(72) 发明人 孙秋野 张化光 何志强 滕菲  
郭靖 梁军胜 李玉帅 李昕同  
崔瑾

(74) 专利代理机构 沈阳东大专利代理有限公司  
21109

代理人 梁焱

(51) Int. Cl.

H02J 3/32(2006. 01)

H02J 3/30(2006. 01)

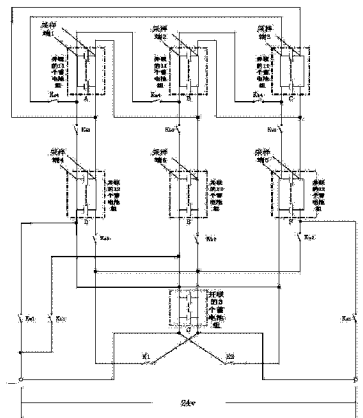
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 14 页

(54) 发明名称

分布式混合供电型智能电网系统及控制方法

(57) 摘要

分布式混合供电型智能电网系统及控制方法,属于新能源发电与电气技术领域。利用飞轮装置对系统并网逆变电能进行调频,使得电能频率波动范围相比于其他逆变并网发电系统减小了 10%。通过合理安排蓄电池的组合,实现的蓄电池的恒充与浮充的转换控制,延长蓄电池使用寿命 20%。保护系统控制提升了系统故障恢复和故障检测的能力,系统使用寿命相比于没有保护控制系统而言多了 1000h。系统的黑启动控制实现了系统在完全停运后能顺利安全的恢复运行,系统的故障恢复能力进一步得到了提升,并且降低了由于系统开始启动造成的过电压、过电流对系统负载和电网的冲击。



1. 一种分布式混合供电型智能电网系统,包括:发电单元、直流汇流单元、储能单元、逆变单元、并网控制单元、本地交、直流负载,其特征在于:所述的储能单元还包括:蓄电池储能装置;

所述的蓄电池储能装置包括三层结构,第一层包括至少两个蓄电池组,以其中一个蓄电池组为首,其余蓄电池组横向排列,构成第一层结构,连接规则为:

(1) 首端蓄电池组的正极输入端与末端蓄电池组的正极输出端连接;首端蓄电池组的负极输入端与末端蓄电池组的负极输出端连接,且在其连接导线上设置有开关;

(2) 位于首端和末端中间的蓄电池组,其连接方式为:前一个蓄电池组的正极输出端连接后一个蓄电池组的正极输入端;前一个蓄电池组的负极输出端连接后一个蓄电池组的负极输入端,且在其连接导线上设置有开关;

第二层包括至少两个蓄电池组,且该层蓄电池组的数目与第一层中蓄电池组的数目相同,以其中一个蓄电池组为首,其余蓄电池组横向排列,并依次与第一层中的蓄电池组纵向对齐,构成第二层结构,连接规则为:

(3) 首端蓄电池组的负极输入端连接充电电源的负极,且在连接导线上设置有开关;末端蓄电池组的正极输入端连接充电电源的正极,且在连接导线上设置有开关;

(4) 位于首段和末端中间的蓄电池组,如果数量是奇数,则蓄电池组的负极输入端连接充电电源的负极,且在连接导线上设置有开关;如果数量是偶数,则蓄电池组的正极输入端连接充电电源的正极,且在连接导线上设置有开关;

对于第二层中所有的蓄电池组,均满足如下连接方式:蓄电池组的正极输出端连接第一层中与它纵向对齐的蓄电池组的正极输入端;蓄电池组的负极输出端连接第一层中与它纵向对齐的蓄电池组的负极输入端,且在连接导线上设置有开关;

第三层包括至少一个蓄电池组,连接规则为:

(5) 蓄电池组的负极输入端连接充电电源的负极;蓄电池组的正极输入端连接充电电源的正极;

(6) 该层蓄电池组的正极输入端依次连接第二层中蓄电池组的正极输入端,且在干路导线上设置一个总开关,在各支路导线上分别设置有分开关;该层蓄电池组的负极输入端依次连接第二层中蓄电池组的负极输入端,且在干路导线上设置一个总开关;

该层蓄电池组的正极输出端依次连接第二层中蓄电池组的正极输入端,且在连接导线上设置有开关;该层蓄电池组的负极输出端依次连接第二层中蓄电池组的负极输入端。

2. 采用权利要求 1 所述的分布式混合供电型智能电网系统的控制方法,其特征在于:包括蓄电池充电控制方法、过电流过电压过欠频保护方法和黑启动方法。

3. 根据权利要求 2 所述的分布式混合供电型智能电网系统的控制方法,其特征在于:所述蓄电池充电控制方法,过程如下:

步骤 1-1:电压互感器采集蓄电池储能装置的电压信息;

步骤 1-2:采集的电压信息通过信号调制电路转换为电信号,送入 DSP 的 A/D 转化器进行模数转换,记录每一个采样端的电压值,保存在数据储存器中;

步骤 1-3: DSP 将 A/D 转换后的电压值传输到单片机中;

步骤 1-4:采样端的电压与电压值 13.6V 进行比较,若采样端电压大于 13.6V,则采用恒压法对蓄电池组进行充电,执行步骤 1-5;若采样端电压小于 13.6V,则采用浮充法对蓄电

池组进行充电,执行步骤 1-6;

步骤 1-5:采用恒压法对蓄电池组进行充电,过程为:将第一层、第二层纵向对齐的两个蓄电池组作为一个充电单元,将需要充电的充电单元接入充电电源,进行恒压充电,其余的充电单元不接入;

步骤 1-6:采用浮充法对蓄电池组进行充电,过程是:将第一层、第二层纵向对齐的两个蓄电池组和第三层中的蓄电池组作为一个充电单元,将需要充电的充电单元接入充电电源,进行浮充充电,其余的充电单元不接入;

步骤 1-7:结束。

4. 根据权利要求 2 所述的分布式混合供电型智能电网系统的控制方法,其特征在于:所述的过电流过电压过欠频保护方法,过程如下:

步骤 2-1:输入保护系统的整定值,包括:过电流的整定值范围、过电流延时、步进、过电压的整定值范围、过电压延时、步进、过欠频的整定值范围、延时、整定级差;

步骤 2-2:系统中的电压、电流互感器采集电压、电流信号;

步骤 2-3:互感器采集的信号送入信号调制电路转换为可被 DSP 接收的电信号;

步骤 2-4:将逆变器输出端的某一相电压信号送入同步信号的过零检测电路,将电压正弦波转换为方波信号;

步骤 2-5:转换后的信号送入 DSP 的 A/D 转换器进行 A/D 转换,其中,相电压的方波信号送入 DSP 的计数单元,测量逆变电能的频率,并将转换和测量的数据存入数据存储器;

步骤 2-6: DSP 将采样得到的系统运行的电压、电流、频率信号通过液晶显示器显示;

步骤 2-7:将 DSP 的储存数据通过串口传输到单片机中;

步骤 2-8:进行过电流保护、过电压保护和过欠频保护,所述的过电流保护过程如下:单片机对接收到的数据进行处理,判断采集到的数据是否在过电流保护整定值的范围内,若是,则单片机发出的信号,通过光电耦合器后加在继电器上,控制断路器跳闸,完成继电保护;若否,则不进行操作,执行步骤 2-9;

过电压保护过程如下:单片机对接收到数据进行处理,判断采集到的数据是否在过电压保护整定值范围内,若是,单片机发出的信号通过光电耦合器后加在继电器上,控制断路器跳闸,完成继电保护;若否,则不进任何操作,执行步骤 2-9;

过欠频保护过程如下:一个采样周期后,单片机对新的采样数据进行处理,判断采集到的数据是否在过欠频保护整定值的范围内,若是,单片机发出 PWM 波控制储能单元控制器,使得飞轮储能装置接入系统进行放电,调整并网电能的频率;若否,则不进任何操作,执行步骤 2-9;

再经过一个采样周期后,单片机对新的采样数据进行处理,判断采集到的数据是否在过欠频保护整定值的围内,若否,则不进任何操作,执行步骤 2-9;若是,单片机发出的信号通过光电耦合器后加在继电器上,控制断路器断开,完成继电保护;

步骤 2-9:单片机将各继电器的状态通过串口传输到 DSP 中;

步骤 2-10:判断继电器的状态是否发生了变化,若没发生变化,则执行步骤 2-11,否则,执行步骤 2-12;

步骤 2-11:继电器状态参数,通过液晶显示模块进行状态显示;

步骤 2-12: DSP 通过通讯模块与上位机进行远程通讯,告知调度人员系统的故障状态

和故障状态参数；

步骤 2-13 :结束。

5. 根据权利要求 2 所述的分布式混合供电型智能电网系统的控制方法,其特征在于:所述的黑启动方法,过程如下:

步骤 3-1 :确定系统的黑启动电源:当风速大于 5m/s 时,选取发电单元中的风力发电机作为黑启动电源;当光照强度大于 200lux 时,选取发电单元中的光伏电池板作为黑启动电源;如果上述条件均不能满足,则不能进行黑启动;

步骤 3-2 :黑启动电源向主控单元的 DSP 和单片机供电;

步骤 3-3 :判断 DSP 和单片机的工作状态是否正常,若正常,则执行步骤 3-4,否则;执行步骤 3-12;

步骤 3-4 :首先启动直流汇流单元和储能单元,黑启动电源向分布式混合供电型智能电网系统输出电能;

步骤 3-5 :时刻监控黑启动电源的电压值,判断该电压值是否超出规定范围,若是,则执行步骤 3-6 ;若否,则执行步骤 3-7 ;

步骤 3-6 :启动剩余的风力发电机和光伏电池板,维持黑启动电源的电压值稳定在规定的范围之内;

步骤 3-7 :启动逆变单元,对输出的直流电能进行逆变,并执行过电流过电压过欠频保护方法监控系统的安全状态;

步骤 3-8 :判断系统安全状态是否符合要求,若符合,则执行步骤 3-10 ;否则,执行步骤 3-9 ;

步骤 3-9 :通过控制储能单元,对各互感器采集点的电压、电流和逆变电能的频率进行调节,执行步骤 3-10 ;

步骤 3-10 :对本地直流负载和交流负载,进行供电;

步骤 3-11 :启动并网控制单元,使得系统与电网连接,实现系统并网输电,执行步骤 3-13 ;

步骤 3-12 :黑启动电源停止供电,系统进行全面检修;

步骤 3-13 :结束。

## 分布式混合供电型智能电网系统及控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于新能源发电与电气技术领域,具体涉及一种分布式混合供电型智能电网系统及控制方法。

### 背景技术

[0002] 随着能源危机日益严重,环境问题日益突出,清洁、可再生的新能源发电技术成为人们关注的热点,作为利用新能源方式的一种——新能源分布式发电系统的发展是热点中的热点。新能源分布式发电系统的特点就是系统自身发出的电能容量很小,分布于负荷附近,主要是满足周边负荷用电为目的的发电系统。不同于传统集中式发电、输电和配电的用电方式,分布式发电系统由于就地发电、就地消纳,大大降低了电能输送带来的损耗和环境问题,解决为了满足负荷增长进行电力网升级产生的架线走廊紧缺的问题。此外,分布式发电系统的加入提升了供电网络的可靠性。

[0003] 新能源分布式发电作为新一代发电技术,涉及的相关技术具体有:最大功率跟踪技术、电能质量治理技术、孤岛检测技术和相关保护系统的构建技术等等。虽然传统的电力系统对上述的问题做出了深远的研究,但是新能源作为分布式发电系统的原动力,自身的间歇性、波动性和随机性等特点,输出的电能的性质与传统的以‘大火电、大水电’作为电能原动力输出的电能会有本质的区别。这样就要求电力研究人员在传统电力发展的基础之上,结合新能源分布式并网发电系统的独特性做出技术革新。

[0004] 目前,分布式发电系统的主要新能源是风能和太阳能,这是由于风能、太阳能资源储量丰富、而且相关的发电设备——风力发电机和光伏电池板,都已经相当成熟。但是现在的技术主要是集中在大容量的风能和太阳能发电系统的方面。关于风光互补型分布式并网发电系统的技术还处于研究阶段,逆变输出电能的质量差、功率波动大和电能频率不稳定等问题,一直是阻碍风光互补型分布式并网发电系统发展的主要因素。

### 发明内容

[0005] 针对现有装置存在的不足,本发明提出一种分布式混合供电型智能电网系统,以达到提高能源利用效率、提高逆变电能质量和使系统运行稳定性的目的。

[0006] 本发明的技术方案是这样实现的:一种分布式混合供电型智能电网系统,包括:发电单元、直流汇流单元、储能单元、逆变单元、并网控制单元、本地交、直流负载,其中,所述的储能单元还包括:蓄电池储能装置;

[0007] 所述的蓄电池储能装置包括三层结构,第一层包括至少两个蓄电池组,以其中一个蓄电池组为首,其余蓄电池组横向排列,构成第一层结构,连接规则为:

[0008] (1) 首端蓄电池组的正极输入端与末端蓄电池组的正极输出端连接;首端蓄电池组的负极输入端与末端蓄电池组的负极输出端连接,且在其连接导线上设置有开关;

[0009] (2) 位于首端和末端中间的蓄电池组,其连接方式为:前一个蓄电池组的正极输出端连接后一个蓄电池组的正极输入端;前一个蓄电池组的负极输出端连接后一个蓄电池

组的负极输入端,且在其连接导线上设置有开关;

[0010] 第二层包括至少两个蓄电池组,且该层蓄电池组的数目与第一层中蓄电池组的数目相同,以其中一个蓄电池组为首,其余蓄电池组横向排列,并依次与第一层中的蓄电池组纵向对齐,构成第二层结构,连接规则为:

[0011] (3) 首端蓄电池组的负极输入端连接充电电源的负极,且在连接导线上设置有开关;末端蓄电池组的正极输入端连接充电电源的正极,且在连接导线上设置有开关;

[0012] (4) 位于首段和末端中间的蓄电池组,如果数量是奇数,则蓄电池组的负极输入端连接充电电源的负极,且在连接导线上设置有开关;如果数量是偶数,则蓄电池组的正极输入端连接充电电源的正极,且在连接导线上设置有开关;

[0013] 对于第二层中所有的蓄电池组,均满足如下连接方式:蓄电池组的正极输出端连接第一层中与它纵向对齐的蓄电池组的正极输入端;蓄电池组的负极输出端连接第一层中与它纵向对齐的蓄电池组的负极输入端,且在连接导线上设置有开关;

[0014] 第三层包括至少一个蓄电池组,连接规则为:

[0015] (5) 蓄电池组的负极输入端连接充电电源的负极;蓄电池组的正极输入端连接充电电源的正极;

[0016] (6) 该层蓄电池组的正极输入端依次连接第二层中蓄电池组的正极输入端,且在干路导线上设置一个总开关,在各支路导线上分别设置有分开关;该层蓄电池组的负极输入端依次连接第二层中蓄电池组的负极输入端,且在干路导线上设置一个总开关;

[0017] 该层蓄电池组的正极输出端依次连接第二层中蓄电池组的正极输入端,且在连接导线上设置有开关;该层蓄电池组的负极输出端依次连接第二层中蓄电池组的负极输入端;

[0018] 分布式混合供电型智能电网系统的控制方法,包括蓄电池充电控制方法、过电流过电压过欠频保护方法和黑启动方法;

[0019] 其中,所述的蓄电池充电控制方法,包括以下步骤:

[0020] 步骤 1-1:电压互感器采集蓄电池储能装置的电压信息;

[0021] 步骤 1-2:采集的电压信息通过信号调制电路转换为电信号,送入 DSP 的 A/D 转换器进行模数转换,记录每一个采样端的电压值,保存在数据储存器中;

[0022] 步骤 1-3: DSP 将 A/D 转换后的电压值传输到单片机中;

[0023] 步骤 1-4:采样端的电压与电压值 13.6V 进行比较,若采样端电压大于 13.6V,则采用恒压法对蓄电池组进行充电,执行步骤 1-5;若采样端电压小于 13.6V,则采用浮充法对蓄电池组进行充电,执行步骤 1-6;

[0024] 步骤 1-5:采用恒压法对蓄电池组进行充电,过程为:将第一层、第二层纵向对齐的两个蓄电池组作为一个充电单元,将需要充电的充电单元接入充电电源,进行恒压充电,其余的充电单元不接入;

[0025] 步骤 1-6:采用浮充法对蓄电池组进行充电,过程是:将第一层、第二层纵向对齐的两个蓄电池组和第三层中的蓄电池组作为一个充电单元,将需要充电的充电单元接入充电电源,进行浮充充电,其余的充电单元不接入;

[0026] 步骤 1-7:结束。

[0027] 过电流过电压过欠频保护方法,包括以下步骤:

[0028] 步骤 2-1 :输入保护系统的整定值,包括:过电流的整定值范围、过电流延时、步进、过电压的整定值范围、过电压延时、步进、过欠频的整定值范围、延时、整定级差;

[0029] 步骤 2-2 :系统中的电压、电流互感器采集电压、电流信号;

[0030] 步骤 2-3 :互感器采集的信号送入信号调制电路转换为可被 DSP 接收的电信号;

[0031] 步骤 2-4 :将逆变器输出端的某一相电压信号送入同步信号的过零检测电路,将电压正弦波转换为方波信号;

[0032] 步骤 2-5 :转换后的信号送入 DSP 的 A/D 转换器进行 A/D 转换,其中,相电压的方波信号送入 DSP 的计数单元,测量逆变电能的频率,并将转换和测量的数据存入数据存储器;

[0033] 步骤 2-6 :DSP 将采样得到的系统运行的电压、电流、频率信号通过液晶显示器显示;

[0034] 步骤 2-7 :将 DSP 的储存数据通过串口传输到单片机中;

[0035] 步骤 2-8 :进行过电流保护、过电压保护和过欠频保护,所述的过电流保护过程如下:单片机对接收到的数据进行处理,判断采集到的数据是否在过电流保护整定值的范围内,若是,则单片机发出的信号,通过光电耦合器后加在继电器上,控制断路器跳闸,完成继电保护;若否,则不进行操作,执行步骤 2-9;

[0036] 过电压保护过程如下:单片机对接收到数据进行处理,判断采集到的数据是否在过电压保护整定值范围内,若是,单片机发出的信号通过光电耦合器后加在继电器上,控制断路器跳闸,完成继电保护;若否,则不进任何操作,执行步骤 2-9;

[0037] 过欠频保护过程如下:一个采样周期后,单片机对新的采样数据进行处理,判断采集到的数据是否在过欠频保护整定值的范围内,若是,单片机发出 PWM 波控制储能单元控制器,使得飞轮储能装置接入系统进行放电,调整并网电能的频率;若否,则不进任何操作,执行步骤 2-9; ;

[0038] 再经过一个采样周期后,单片机对新的采样数据数据进行处理,判断采集到的数据是否在过欠频保护整定值的围内,若否,则不进任何操作,执行步骤 2-9; ,若是,单片机发出的信号通过光电耦合器后加在继电器上,控制断路器断开,完成继电保护;

[0039] 步骤 2-9 :单片机将各继电器的状态通过串口传输到 DSP 中;

[0040] 步骤 2-10 :判断继电器的状态是否发生了变化,若没发生变化,则执行步骤 2-11,否则,执行步骤 2-12;

[0041] 步骤 2-11 :继电器状态参数,通过液晶显示进行状态显示;

[0042] 步骤 2-12 :DSP 通过通讯模块与上位机进行远程通讯,告知调度人员系统的故障状态和故障状态参数;

[0043] 步骤 2-13 :结束。

[0044] 黑启动方法,包括以下步骤:

[0045] 步骤 3-1 :确定系统的黑启动电源:当风速大于 5m/s 时,选取发电单元中的风力发电机作为黑启动电源;当光照强度大于 200lux 时,选取发电单元中的光伏电池板作为黑启动电源;如果上述条件均不能满足,则不能进行黑启动;

[0046] 步骤 3-2 :黑启动电源向主控单元的 DSP 和单片机供电;

[0047] 步骤 3-3 :判断 DSP 和单片机的工作状态是否正常,若正常,则执行步骤 3-4,否则;执行步骤 3-12;

[0048] 步骤 3-4 :首先启动直流汇流单元和储能单元,黑启动电源向分布式混合供电型智能电网系统输出电能;

[0049] 步骤 3-5 :时刻监控黑启动电源的电压值,判断该电压值是否超出规定范围,若是,则执行步骤 3-6 ;若否,则执行步骤 3-7 ;

[0050] 步骤 3-6 :启动剩余的风力发电机和光伏电池板,维持黑启动电源的电压值稳定的范围之内;

[0051] 步骤 3-7 :启动逆变单元,对输出的直流电能进行逆变,并执行过电流过电压过欠频保护方法监控系统的安全状态;

[0052] 步骤 3-8 :判断系统安全状态是否符合要求,若符合,则执行步骤 3-10 ;否则,执行步骤 3-9 ;

[0053] 步骤 3-9 :通过控制储能单元,对各互感器采集点的电压、电流和逆变电能的频率进行调节,执行步骤 3-10 ;

[0054] 步骤 3-10 :对本地直流负载和交流负载进行供电;

[0055] 步骤 3-11 :启动并网控制单元,使得系统与电网连接,实现系统并网输电,执行步骤 3-13 ;

[0056] 步骤 3-12 :黑启动电源停止供电,系统进行全面检修;

[0057] 步骤 3-13 :结束。

[0058] 本发明的有益效果:本发明的分布式混合供电型智能电网系统具有能源利用效率高、逆变电能质量好、系统运行稳定的特点。由于系统采用三级储能方式,储能的容量大了,储能方式灵活,提高了能源的利用效率,通过对储能单元的充放电控制,可以平衡各单元节点的电压、电流,各点的电压、电流值在额定值小范围波动。此外,利用飞轮装置对系统并网逆变电能进行调频,使得电能频率波动范围相比于其他逆变并网发电系统减小了 10%。通过合理安排蓄电池的组合,实现的蓄电池的恒充与浮充的转换控制,延长蓄电池使用寿命 20%。保护系统控制、提升了系统故障恢复和故障检测的能力,系统使用寿命相比于没有保护控制系统而言多了 1000h。系统的黑启动控制使系统在完全停运后能顺利安全的恢复运行,使系统的故障恢复能力进一步得到了提升,并且降低了由于系统开始启动造成的过电压、过电流对系统负载和电网的冲击。

#### 附图说明

[0059] 图 1 为本发明的一种实施方式分布式混合供电型智能电网系统结构框图;

[0060] 图 2 为本发明的一种实施方式滤波电路原理图;

[0061] 图 3 为本发明的一种实施方式放大电路原理图;

[0062] 图 4 为本发明的一种实施方式过零检测电路原理图;

[0063] 图 5 为本发明的一种实施方式跳合闸回路的结构图;

[0064] 图 6 为本发明的一种实施方式数据存储器的电路原理图;

[0065] 图 7 为本发明的一种实施方式液晶显示器的电路原理图;

[0066] 图 8 为本发明的一种实施方式通讯模块的电路原理图;

[0067] 图 9 为本发明的一种实施方式蓄电池储能装置的电路原理图;

[0068] 图 10 为本发明的一种实施方式储能单元控制器结构图;

- [0069] 图 11 为本发明的一种实施方式蓄电池充电控制方法流程图；
- [0070] 图 12 为本发明的一种实施方式恒压充电法流程图；
- [0071] 图 13 为本发明的一种实施方式浮充充电法流程图；
- [0072] 图 14 为本发明的一种实施方式过电流过电压过欠频保护方法的流程图；
- [0073] 图 15 为本发明的一种实施方式过电流保护方法流程图；
- [0074] 图 16 为本发明的一种实施方式过电压保护方法流程图；
- [0075] 图 17 为本发明的一种实施方式过欠频保护方法流程图；
- [0076] 图 18 为本发明的一种实施方式黑启动方法流程图。

### 具体实施方式

[0077] 下面结合附图对本发明的实施方式做进一步详细的说明。

[0078] 本发明的一种实施方式给出分布式混合供电型智能电网系统的结构图,如图 1 所示。包括:(1)发电单元:由风力发电机(例如装机容量为 3000w)和光伏电池板阵列组成(例如装机容量为 3000w),用于为发电系统进行供电。

[0079] (2)直流汇流单元:用于对发电单元(1)输出的直流电能进行升压处理,本实施方式中采用 Boost 电路结构(直流升压电路)进行升压,经处理后的直流电能的电压值为 24V。

[0080] (3)储能单元:用于储存直流回流单元(2)输出的直流电能,包括飞轮储能装置、抽水蓄能装置和蓄电池储能装置,上述三个装置使储能单元具有三级储能结构,储能装置的储能优先级依次是:飞轮储能装置、抽水蓄能装置和蓄电池储能装置,从而实现电能利用效率的最优化。另外利用飞轮具有的调频功能,实现对逆变单元(4)输出电能的频率调节,从而提高逆变其输出电能的质量。

[0081] (4)逆变单元:用于将直流汇流单元(2)输出的直流电能逆变为交流电。逆变单元采用逆变器实现逆变。逆变器利用 SVPWM 控制算法,产生控制脉冲对逆变器的 IGBT 的开断频率和时刻进行控制,将直流汇流单元(2)输出的直流电能逆变成工频为 50Hz、幅值为 220V 的交流电,供给本地交流负载和输送到电网,实现并网发电。

[0082] (5)并网控制单元:用于对孤岛状态进行检测,并能快速、有效的执行切除并网控制单元的操作,包括并网控制器和电压前置补偿装置。

[0083] (6)本地交、直流负载:分为:

[0084] 本地直流负载:由系统中的直流用电设备组成;

[0085] 本地交流负载:由系统中的交流用电设备组成。

[0086] 除上述装置外,本实施方式中还包括保护系统。保护系统包括:电压电流信号采集单元、过电流、过电压、过欠频保护单元和主控单元。

[0087] 其中,(7)电压、电流信号采集单元:由电压互感器和电流互感器组成,用于采集系统运行的电压、电流信号,经过信号调制电路的处理,将信号转换为幅值为 3.3V 可供主控单元处理的电信号。

[0088] (8)过电流、过电压、过欠频保护单元:用于监视系统的运行状态,对系统的异常和事故做出快速反应,保护系统安全,本实施方式,利用跳合闸回路中的继电器实现上述功能,所述的跳合闸回路包括光电耦合器及继电器,所述的继电器还包括:过电压保护继电

器、过电流保护继电器、过欠频保护继电器。

[0089] (9) 主控单元：用于对电压、电流信号采集单元 (7) 采集的电信号进行运算和判断，向各部分功能单元（如并网控制单元、储能单元、逆变单元、通讯单元、数据存储单元、液晶显示）发出控制信号。此外对系统的运行状态的异常数据（异常数据是指系统非正常状态运行的电压、电流和频率的数值，如孤岛状态的数据、系统短路状况下的数据）进行储存和液晶显示，特殊情况（指系统发生故障）下通过通讯单元与上位机进行远程通讯。

[0090] 本发明的实施方式中构建分布式混合供电型智能电网系统如下：

[0091] 本实施方式中，采用的风力发电机的型号是 SKYWING1000W，光伏电池的型号是 SN-150W-单晶；蓄电池的型号是 24V/2-10PZS180-1400AH，恒充电电压 14.8V，浮充电电压是 13.6V；抽水蓄能装置的电机选用的是 1000W 的三相凸极同步电机；逆变单元中的逆变器装机型号为 FGY-880，储能单元控制器的 PLC 的型号是西门子 S7-200；直流电压互感器的型号为 BLZ-1K；直流电流互感器的型号为 CT-PTA；三相交流电流互感器的型号为 TR1102-2C/5A3.53V；三相交流电压互感器的型号为 TV52-100V/3.53V；光电耦合器的型号是 TLP521-1；过电压保护继电器的型号是 DJ-131；过电流保护继电器的型号是 DJ-122；过欠频保护继电器的型号是 S2FMR1；主控单元采用的 DSP 芯片的型号是 TMS320F2812，单片机的型号是 Atmel189C51；数据存储器的型号为 CY7C1041BV；液晶显示器的型号为 LCM12864ZK。

[0092] 具体的电路连接如下：

[0093] 本实施方式构建的分布式混合供电型智能电网系统，利用 3 个直流电压互感器（包括 CT1、CT2 和 CT3）和 3 个直流电压互感器（包括 PT1、PT2 和 PT3）采集系统的直流电压和直流电流值。其中，PT1、PT2、CT1 和 CT2 设置在发电单元 (1) 与直流汇流单元 (2) 之间，用于采集发电单元 (1) 的输出端的直流电压和直流电流值。PT3 和 CT3 设置在直流汇流单元 (2) 与逆变单元 (4) 之间，用于采集直流汇流单元 (2) 的输出端的直流电压值和直流电流值。

[0094] 利用 3 个交流电流互感器（包括 CT4、CT5 和 CT6）和 3 个交流电压互感器（包括 PT4、PT5 和 PT6）采集系统的交流电压和交流电流值，CT4、CT5、CT6、PT4、PT5 和 PT6 设置在逆变单元 (4) 与并网控制单元 (5) 之间，用于采集逆变器 (4) 输出端的交流电流和交流电压值。

[0095] 上述互感器采集到的信号送入信号调制电路进行滤波、放大处理后，转换为幅值 3.3V 的电信号。本实施方式中的信号调理电路由滤波电路、放大电路和过零检测电路组成，如图 2、图 3 和图 4 所示。互感器的输出端连接滤波电路的采样信号端，滤波信号（由于三相电是同频的，因此只需测量一相电压的频率即可，例如 A 相的电压信号）分为 2 路：一路经放大电路转换为幅值 3.3V 的电信号，送入 DSP 的 A/D 转换器进行模数转换，另一路通过同步信号的过零检测电路转换为方波信号，送入 DSP 的计数器，用于测量逆变电能的频率。

[0096] 信号调制电路的输出端依次连接 DSP 的 ADCINA0 引脚～ADCINA7 引脚、ADCINB0 引脚～ADCINA3 引脚，单片机的 P3.0 引脚连接 DSP 的 SCITXDA 引脚，单片机的 P3.1 引脚连接 DSP 的 SCIRXDA 引脚，单片机的 P1.0 引脚～P1.7 引脚、P2.0 引脚依次与 9 路并联的光电耦合器连接，光电耦合器的输出端依次连接继电器，继电器输出的跳合闸信号施加到相应位置的断路器上，控制断路器 (QF1～QF6) 的关断，如图 5 所示。

[0097] 数据存储器的 D0 引脚~ D15 引脚依次连接 DSP 的 XD0 引脚~ XD15 引脚, A0 引脚~ A17 引脚依次连接 DSP 的 XA0 引脚~ XA17 引脚, 如图 6 所示。

[0098] 液晶显示器的 RS 引脚连接 DSP 的 IOPF4 引脚, 液晶显示器的 R/W 引脚连接 DSP 的 IOPF5 引脚, 液晶显示器的 E 引脚连接 DSP 的 IOPF6 引脚, 液晶显示器的 D0 ~ D7 引脚连接 DSP 的 IOPB1 ~ IOPB7 引脚, 液晶显示器的 /RST 引脚连接 DSP 的 IOPC1 引脚, 如图 7 所示。

[0099] 通讯单元采用 MAX232 驱动芯片, 其 R1OUT 引脚和 T1IN 引脚依次连接 DSP 的 SCIRXDB 引脚和 SCITXDB 引脚, 如图 8 所示。

[0100] 本实施方式中的蓄电池储能装置如图 9 所示。该装置包括三层结构, 第一层结构由 3 个蓄电池组构成, 分别为蓄电池组 A、蓄电池组 B 和蓄电池组 C。蓄电池组 A 或 B 或 C 均由并联的 11 个蓄电池组成, 且以蓄电池组 A 为开头, 以蓄电池组 C 为结尾横向排列。蓄电池组 A 的正极输入端连接蓄电池组 C 的正极输出端, 蓄电池组 A 的负极输入端连接蓄电池组 C 的负极输出端, 且在其连接导线上设置有开关  $K_{c4}$ , 蓄电池组 A 的正极输出端连接蓄电池组 B 的正极输入端, 蓄电池组 A 的负极输出端连接蓄电池组 B 的负极输入端, 且在其连接导线上设置有开关  $K_{a4}$ , 蓄电池组 B 的正极输出端连接蓄电池组 C 的正极输入端, 蓄电池组 B 的负极输出端连接蓄电池组 C 的负极输入端, 且在其连接导线上设置有开关  $K_{b4}$ 。

[0101] 在第二层结构, 也由 3 个蓄电池组构成, 分别为蓄电池组 D、蓄电池组 E 和蓄电池组 F。蓄电池组 D 或 E 或 F 均由并联的 12 个蓄电池组成, 且以蓄电池组 D 开头, 以蓄电池组 F 为结尾横向排列。蓄电池组 D 的负极输入端连接充电电源的负极, 在其连接导线上设置有开关  $K_{a1}$ , 蓄电池组 E 的负极输入端连接充电电源的负极, 在其连接导线上设置有开关  $K_{b1}$ , 蓄电池组 F 的正极输入端连接充电电源的正极, 且在其连接导线上设置有开关  $K_{c1}$ 。蓄电池组 D 的正极输出端连接第一层中蓄电池组 A 的正极输入端, 蓄电池组 D 的负极输出端连接第一层中蓄电池组 A 的负极输入端, 且在其连接导线上设置有开关  $K_{a3}$ , 蓄电池组 E 的正极输出端连接第一层中蓄电池组 B 的正极输入端, 蓄电池组 E 的负极输出端连接第一层中蓄电池组 B 的负极输入端, 且在其连接导线上设置有开关  $K_{b3}$ , 蓄电池组 C 的正极输出端连接第一层中蓄电池组 F 的正极输入端, 蓄电池组 C 的负极输出端连接第一层中蓄电池组 F 的负极输入端, 且在其连接导线上设置有开关  $K_{c3}$ 。

[0102] 在第三层结构, 由蓄电池组 G 构成, 其中, 蓄电池组 G 由并联的 3 个蓄电池组成。蓄电池组 G 的正极输入端连接充电电源的正极, 蓄电池组 G 的负极输入端连接充电电源的负极, 蓄电池组 G 的负极输入端依次连接第二层中蓄电池组的负极输入端, 且在干路导线上设置一个总开关  $K_2$ , 蓄电池组 G 的正极输入端依次连接第二层中蓄电池组的正极输入端, 且在干路导线上设置一个总开关  $K_1$ , 且在 D 组蓄电池支路导线上设置有开关  $K_{a2}$ , E 组蓄电池支路导线上设置有开关  $K_{b2}$ , F 组蓄电池支路导线上设置有开关  $K_{c2}$ 。蓄电池组 G 的负极输出端连接蓄电池组 D 的负极输入端, 蓄电池组 G 的正极输出端连接蓄电池组 D 的正极输入端, 且在连接导线上设置有开关  $K_{a2}$ , 蓄电池组 G 的负极输出端连接蓄电池组 E 的负极输入端, 蓄电池组 G 的正极输出端连接蓄电池组 E 的正极输入端, 且在连接导线上设置有开关  $K_{b2}$ , 蓄电池组 G 的负极输出端连接蓄电池组 F 的负极输入端, 蓄电池组 G 的正极输出端连接蓄电池组 F 的正极输入端, 且在连接导线上设置有开关  $K_{c2}$ 。

[0103] 实现分布式混合供电型智能电网系统的控制方法, 包括蓄电池充电控制方法、过电流过电压欠频保护方法及黑启动方法。

[0104] 其中,所述的蓄电池充电控制方法,如图 11 所示。该流程开始于 1101。在步骤 1102,电压互感器采集蓄电池储能装置的电压信息,具体是指图 9 中的采样端 1 到采样端 6 的电压信息。

[0105] 在步骤 1103,采集的电压信息通过信号调制电路转换为幅值为 3.3V 的电信号,送入 DSP 的 A/D 转化器进行 A/D 转换,记录每一个采样端的电压值,并保存到数据储存器中。

[0106] 在步骤 1104, DSP 将 A/D 转换后的电压值传输到单片机中。

[0107] 在步骤 1105,采样端电压值与 13.6V 进行比较,若采样端电压大于 13.6V,则采用恒压法对蓄电池组进行充电,执行步骤 1106;若采样段端电压小于 13.6V,则采用浮充法对蓄电池组进行充电,执行步骤 1107。

[0108] 在步骤 1106,采用恒压法对蓄电池组进行充电,其流程如图 12 所示。该流程开始于步骤 1201。在步骤 1202,判断采样端 1 或采样端 4 的电压是否大于 13.6V,若是,则单片机发出 PWM 波驱动蓄电池组控制器,执行步骤 1203;若否,则执行步骤 1204。

[0109] 在步骤 1203,蓄电池组控制器内 PLC 发出信号,使开关  $k_{a1}$ 、 $K_{a3}$ 、 $K_1$ 、 $K_{b2}$ 、 $K_{b3}$ 、 $K_{b4}$  闭合其他开关断开,实现对蓄电池组 A、蓄电池组 D 的恒压充电,执行步骤 1208。

[0110] 在步骤 1204,判断采样端 2 或采样端 5 的电压是否大于 13.6V,若是,则单片机发出 PWM 波驱动蓄电池组控制器,执行步骤 1205;若否,则执行步骤 1206;

[0111] 在步骤 1205,蓄电池组控制器内 PLC 发出信号,使开关  $K_{b1}$ 、 $K_{b3}$ 、 $K_2$ 、 $K_{c2}$ 、 $K_{c3}$ 、 $K_{c4}$  闭合,其他开关断开,实现对蓄电池组 B、蓄电池组 E 的恒压充电,执行步骤 1208。

[0112] 在步骤 1206,判断采样端 3 或采样端 6 的电压是否大于 13.6V,若是,则单片机发出 PWM 波驱动蓄电池组控制器,执行步骤 1207,否则,执行步骤 1208。

[0113] 在步骤 1207,蓄电池组控制器内 PLC 发出信号,使开关  $K_{c1}$ 、 $K_{c3}$ 、 $K_1$ 、 $K_{a2}$ 、 $K_{a3}$ 、 $K_{a4}$  闭合,其他开关断开,实现对 C、F 组蓄电池进行恒压充电。

[0114] 在步骤 1208,结束恒压充电。

[0115] 在步骤 1107,采用浮充法对蓄电池组进行充电,流程如图 13 所示。该流程开始于步骤 1301。在步骤 1302,判断采样端 1 或 4 端电压是否小于 13.6V,若是,则单片机发出 PWM 波驱动蓄电池组控制器,执行步骤 1303;若否,则执行步骤 1304。

[0116] 在步骤 1303,蓄电池组控制器内 PLC 发出信号,使开关  $K_1$ 、 $K_{a2}$ 、 $K_{a3}$ 、 $K_{a1}$ 、 $K_{b3}$ 、 $K_{b4}$  闭合,其他开关断开,实现对蓄电池组 A、蓄电池组 D 和蓄电池组 G 进行浮充充电,执行步骤 1307。

[0117] 在步骤 1304,判断采样端 2 或采样端 5 的电压是否小于 13.6V,若是,则单片机发出 PWM 波驱动蓄电池组控制器,执行步骤 1305;若否,则执行步骤 1306。

[0118] 在步骤 1305,蓄电池组控制器内 PLC 发出信号,使开关  $K_1$ 、 $K_{b2}$ 、 $K_{b3}$ 、 $K_{c1}$ 、 $K_{c3}$ 、 $K_{v4}$  闭合其他断开,实现对蓄电池组 B、蓄电池组 E 和蓄电池组 G 蓄电池进行浮充充电,执行步骤 1308。

[0119] 在步骤 1306,判断采样端 3 或采样端 6 的电压是否小于 13.6V,若是,则单片机发出 PWM 波驱动蓄电池组控制器,执行步骤 1307;若否,则执行步骤 1308。

[0120] 在步骤 1307,则单片机发出 PWM 波驱动蓄电池组控制器,蓄电池组控制器内 PLC 发出信号,使开关  $K_2$ 、 $K_{c2}$ 、 $K_{c3}$ 、 $K_{a1}$ 、 $K_{s3}$ 、 $K_{a4}$  闭合其他断开,此时可实现对蓄电池组 C、蓄电池组 F 和蓄电池组 G 进行浮充充电。

[0121] 在步骤 1308,结束浮充充电。

- [0122] 在步骤 1108,结束蓄电池组充电方法。
- [0123] 过电流过欠频过电压保护方法的流程如图 14 所示,该流程开始于 1401。在步骤 1402,输入保护系统的整定值,其中,过电流的整定值范围为 0 ~ 50A,过流延时 0.1 ~ 20s,步进 :0.1s ;过电压的整定值范围为 0 ~ 200V,欠压延时为 0.1 ~ 20s,步进 :0.1s ;过欠频整定值范围为 39.1 ~ 49.5Hz,延时定值整定范围为 0 ~ 99.9s,整定级差为 0.1s。
- [0124] 在步骤 1403,系统中的电压、电流互感器采集电压、电流信号。
- [0125] 在步骤 1404,互感器采集的信号送入信号调制电路转换为幅值 3.3V 的电信号。
- [0126] 在步骤 1405,将逆变器输出端的 (A 相或 B 相或 C 相) 电压信号送入同步信号的过零检测电路,将 (A 相或 B 相或 C 相) 电压正弦波转换为幅值 3.3V 的方波信号。
- [0127] 在步骤 1406,转换后的信号送入 DSP 的 A/D 转换器进行 A/D 转换,其中, (A 或 B 或 C) 相电压的方波信号送入 DSP 的计数单元,测量逆变电能的频率,并将转换和测量的数据存入数据存储器。
- [0128] 在步骤 1407, DSP 将采样得到的系统运行的电压、电流、频率信号通过液晶显示器显示。
- [0129] 在步骤 1408,将 DSP 储存的数据通过串口传输到单片机中。
- [0130] 在步骤 1409,进行过电流保护、过电压保护和过欠频保护。所述的过电流保护,如图 15 所示,该流程开始于 1501。在步骤 1502,单片机对接收到的数据进行处理。
- [0131] 在步骤 1503,判断采集到的数据是否在过电流保护整定值的围内,若是,则执行步骤 1504,若否,则不进行操作,执行步骤 1505 ;
- [0132] 在步骤 1504,单片机发出的信号,通过光电耦合器后加在继电器上,控制断路器跳闸,完成继电保护 ;
- [0133] 在步骤 1505,结束。
- [0134] 过电压保护,如图 16 所示。该流程开始于步骤 1601。在步骤 1602,单片机对接收到数据进行处理 ;
- [0135] 在步骤 1603,判断采集到的数据是否在过电压保护整定值范围内,若是,则执行步骤 1604 ;若否,则不进任何操作,执行步骤 1605 ;
- [0136] 在步骤 1604,单片机发出的信号通过光电耦合器后加在继电器上,控制断路器跳闸,完成继电保护 ;
- [0137] 在步骤 1605,结束。
- [0138] 过欠频保护流程如图 17 所示。该流程开始于步骤 1701。在步骤 1702,一个采样周期后,单片机对新的采样数据数据进行处理。
- [0139] 在步骤 1703 :判断采集到的数据是否在过欠频保护整定值的范围内,若是,则执行步骤 1704 ;若否,则执行步骤 1707。
- [0140] 在步骤 1704,单片机发出 PWM 波控制储能单元控制器,使得飞轮储能装置接入系统进行放电,调整并网电能的频率。
- [0141] 在步骤 1705,一个采样周期后,单片机对新的采样数据数据进行处理,判断采集到的数据是否在过欠频保护整定值的围内,若否,则不进行下一步动作,执行步骤 1707,若是,则执行步骤 1706。
- [0142] 在步骤 1706,数据处理单片机发出的信号通过光电耦合器后加在继电器上,控制

断路器断开,完成继电保护。

[0143] 在步骤 1707,结束。

[0144] 在步骤 1410,单片机将各继电器的状态通过串口传输到 DSP 中。

[0145] 在步骤 1411,判断继电器的状态是否发生了变化,若没发生变化,则执行步骤 1412,否则,执行步骤 1413。

[0146] 在步骤 1412,继电器状态参数,通过液晶显示电路进行状态显示。

[0147] 在步骤 1413, DSP 通过通讯模块与上位机进行远程通讯,告知调度人员系统的故障状态和相关的故障状态参数。

[0148] 在步骤 1414,结束过电流过欠频过电压保护方法。

[0149] 本实施方式中的黑启动方法流程图,如图 18 所示。该方法开始于 1801。在步骤 1802,确定系统的黑启动电源。当风速大于 5m/s 时,选取发电单元 (1) 中的风力发电机 (如 500W) 作为黑启动电源;当光照强度大于 200lux 时,选取发电单元中的光伏电池板 (如 1000W) 作为黑启动电源;如果上述条件均不能满足,则不能进行黑启动。

[0150] 在步骤 1803,黑启动电源向主控单元 (9) 的 DSP 和单片机供电。

[0151] 在步骤 1804,判断 DSP 和单片机的工作状态是否正常,若正常,则执行步骤 1805,否则;执行步骤 1813。

[0152] 在步骤 1805,首先启动 Boost 和储能单元,黑启动电源向分布式混合供电型智能电网系统输出电能。

[0153] 在步骤 1806,时刻监控黑启动电源的电压值,判断该电压值是否超出规定范围,若是,则执行第 1807;若否,则执行步骤 1808。

[0154] 在步骤 1807,启动剩余的风力发电机和光伏电池板,维持黑启动电源的电压值稳定在规定的范围之内。

[0155] 在步骤 1808,启动逆变单元,对输出的直流电能进行逆变,并执行过流欠频欠电压保护方法监控系统的安全状态。

[0156] 在步骤 1809,判断系统安全状态是否符合要求,若符合,则执行步骤 1811;否则,执行步骤 1810。

[0157] 在步骤 1810,通过控制储能单元,对各互感器 (CT1 ~ CT6 及 PT1 ~ PT6) 采集点的电压、电流和逆变电能的频率进行调节,执行步骤 1811。

[0158] 在步骤 1811,对本地直流负载和交流负载进行供电。

[0159] 在步骤 1812,启动并网控制单元,使得分布式混合供电型智能电网系统与电网连接,实现系统并网输电,执行步骤 1814。

[0160] 在步骤 1813,黑启动电源停止供电,分布式混合供电型智能电网系统进行全面检修。

[0161] 在步骤 1814,结束黑启动控制。

[0162] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式,但是本领域内的熟练技术人员应当理解,这些仅仅是举例说明,本领域技术人员可由这些实施方式做出多种变更或修改,而不背离本发明的原理和实质。本发明的范围仅由所附权利要求书限定。

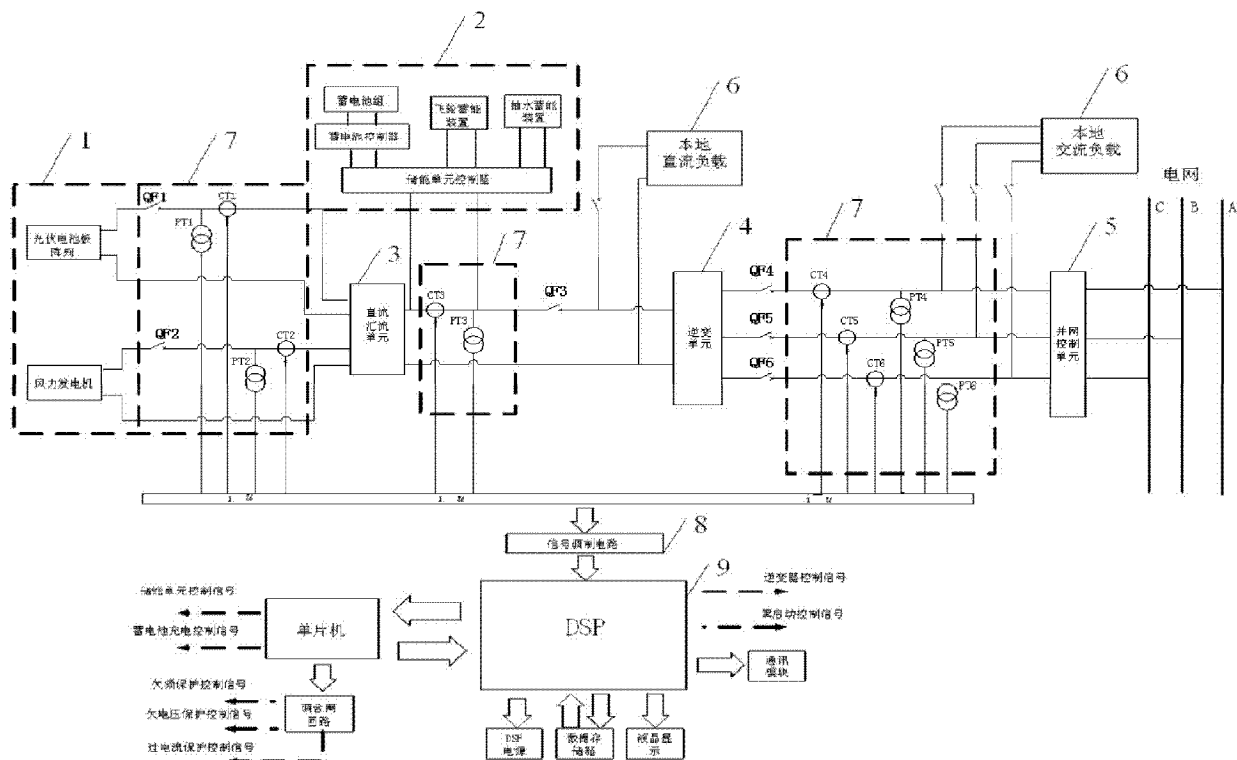


图 1

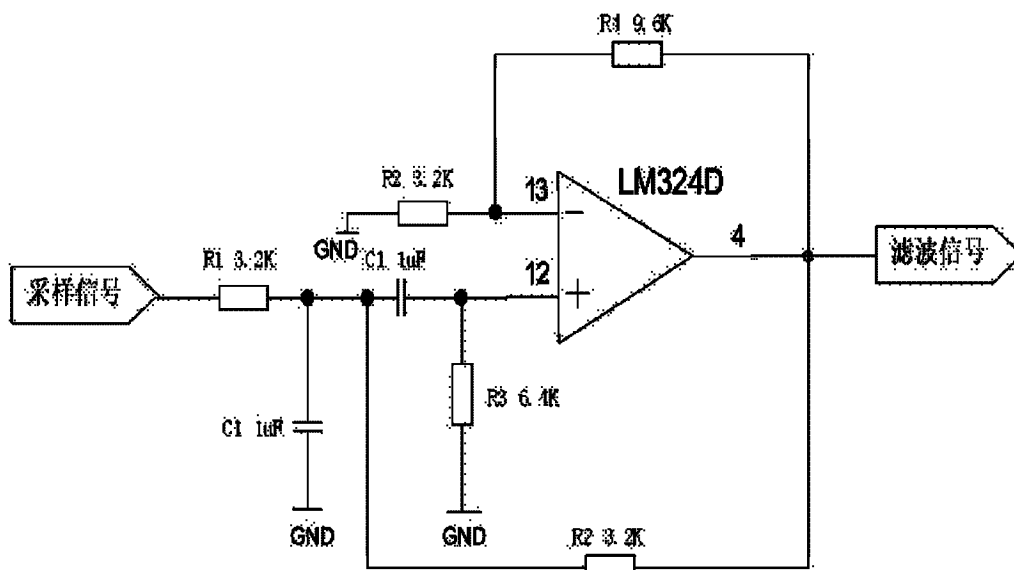


图 2

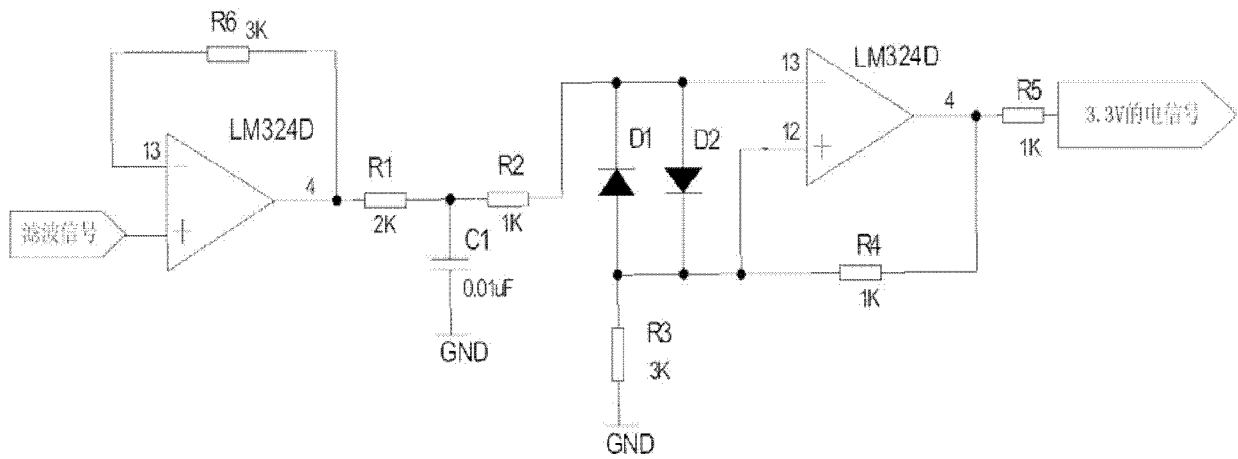


图 3

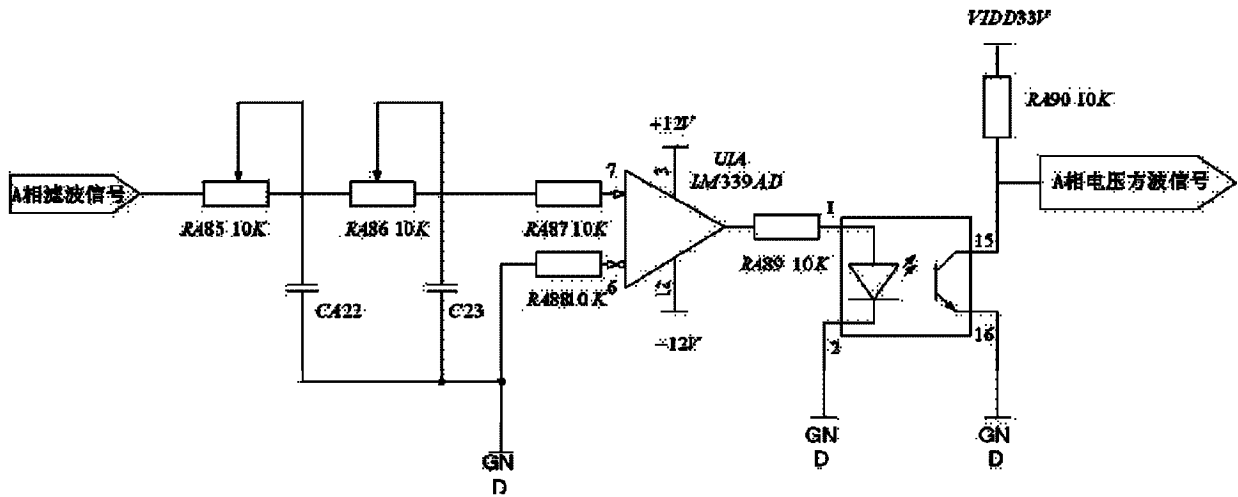


图 4

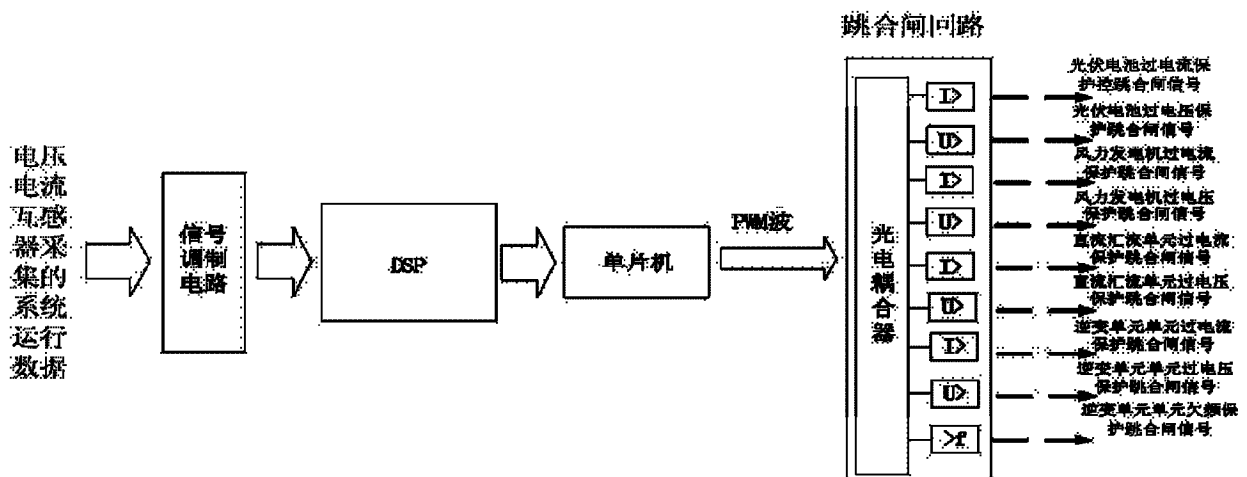


图 5

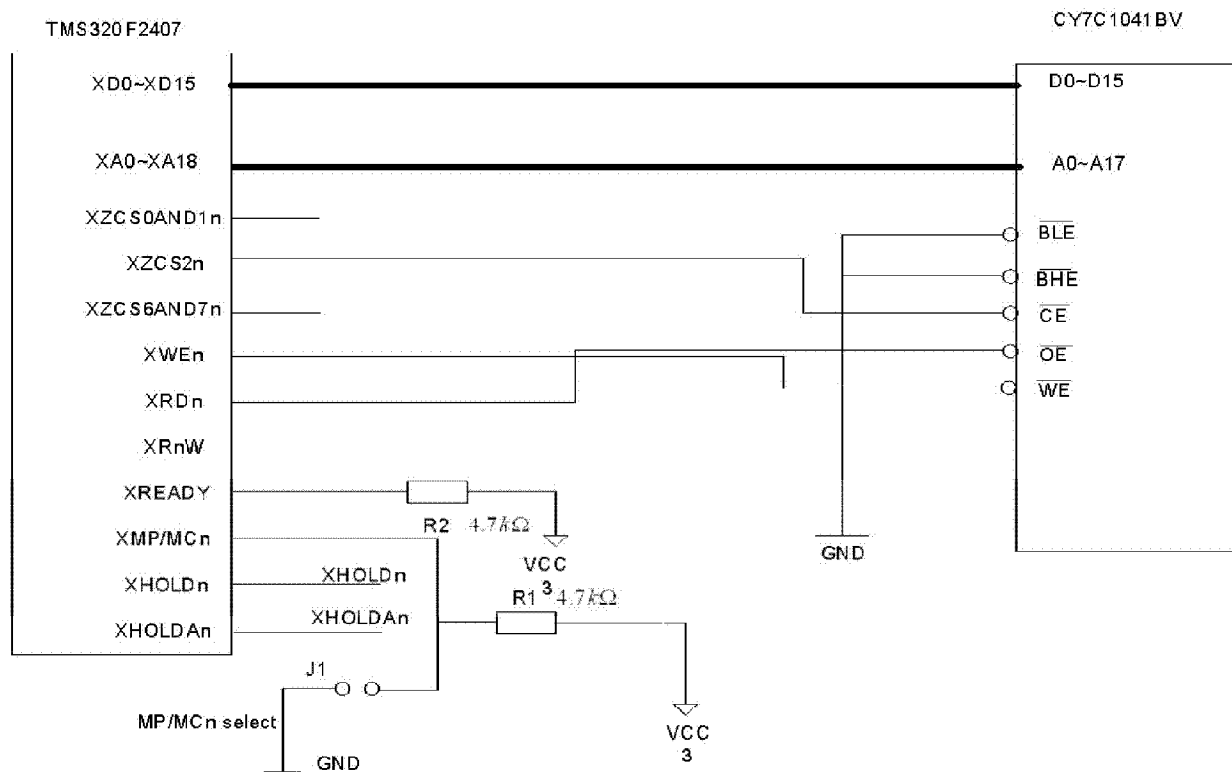


图 6

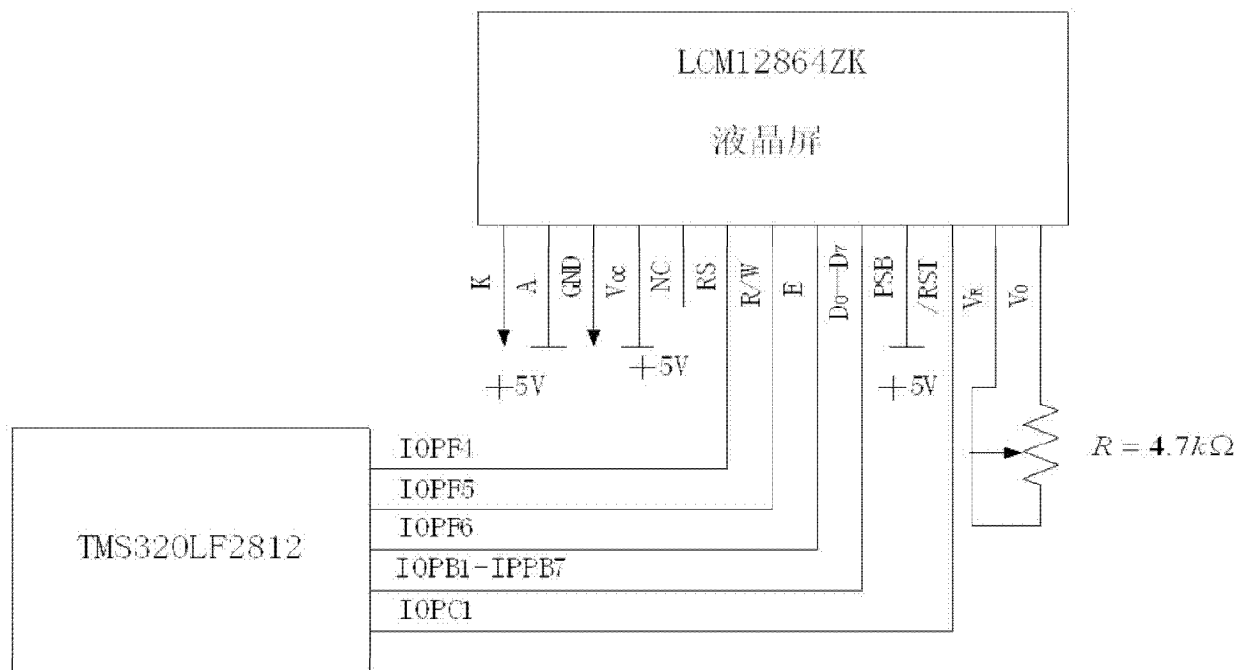


图 7

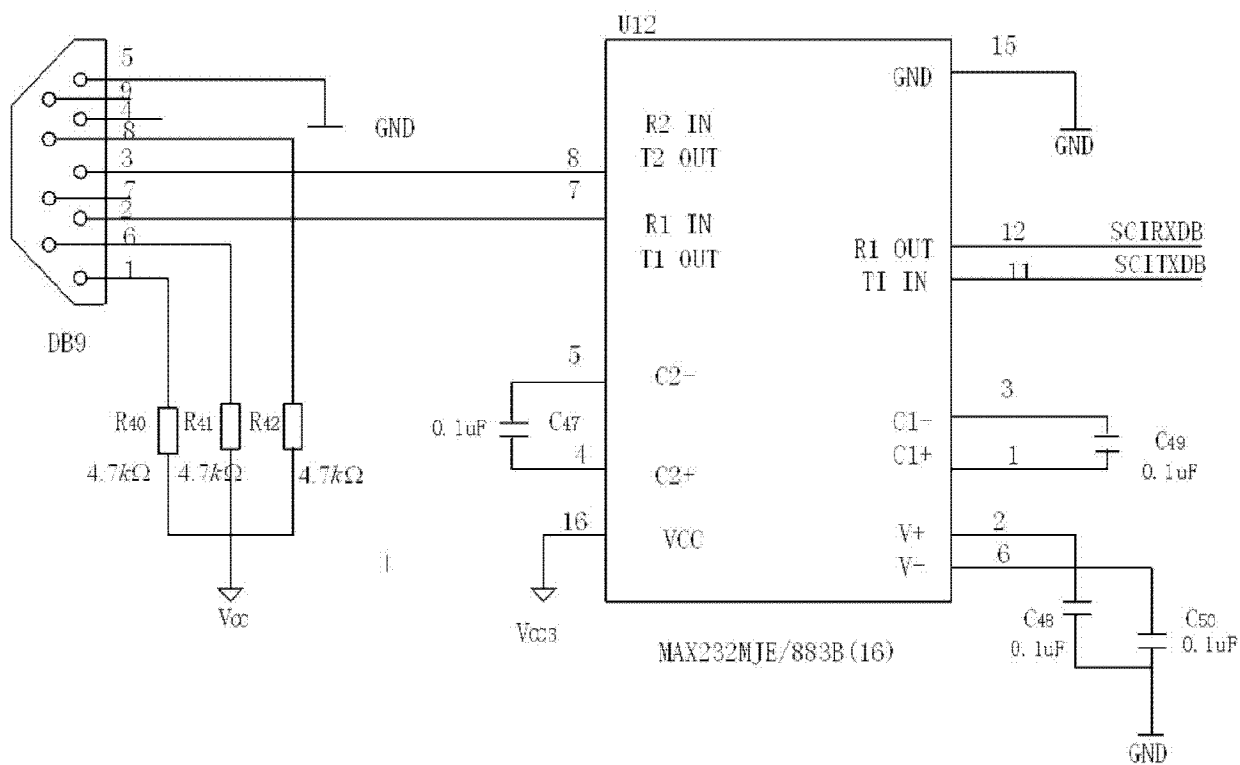


图 8

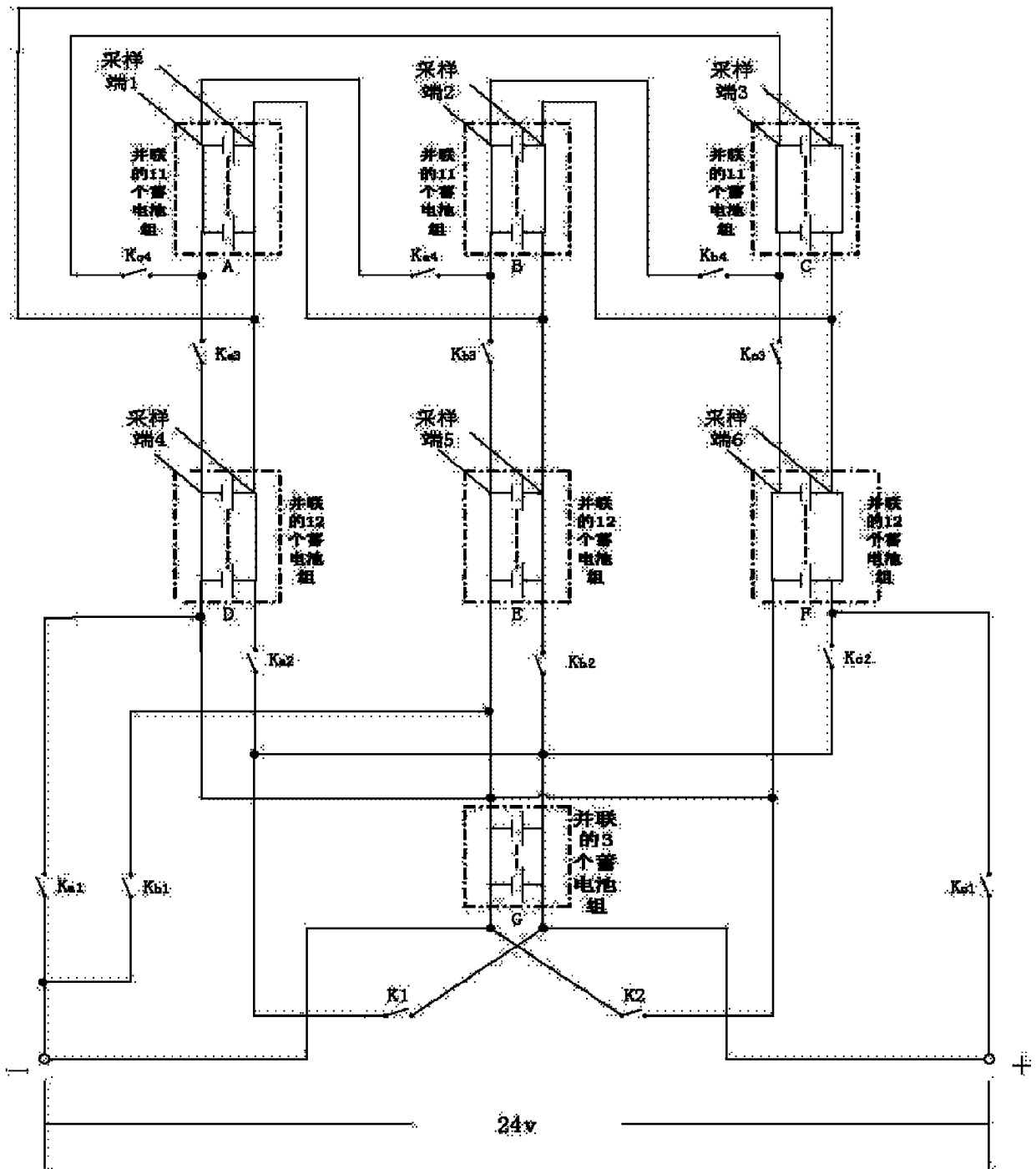


图 9

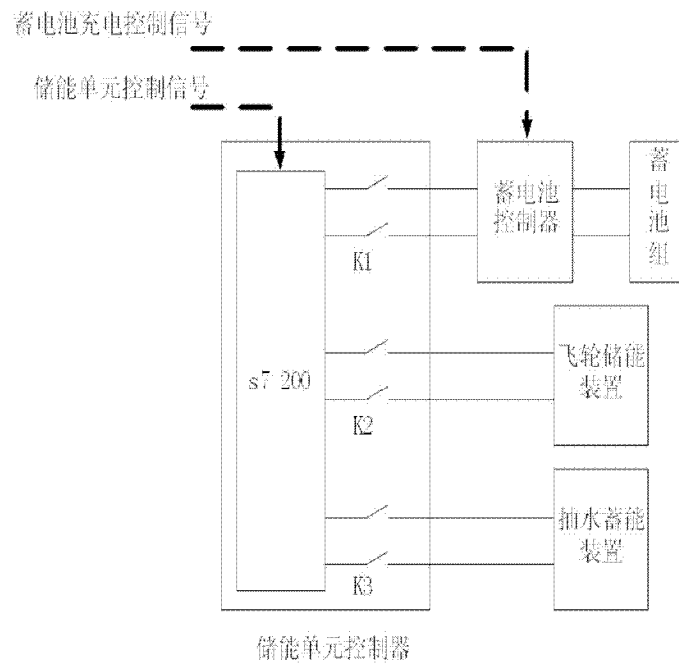


图 10

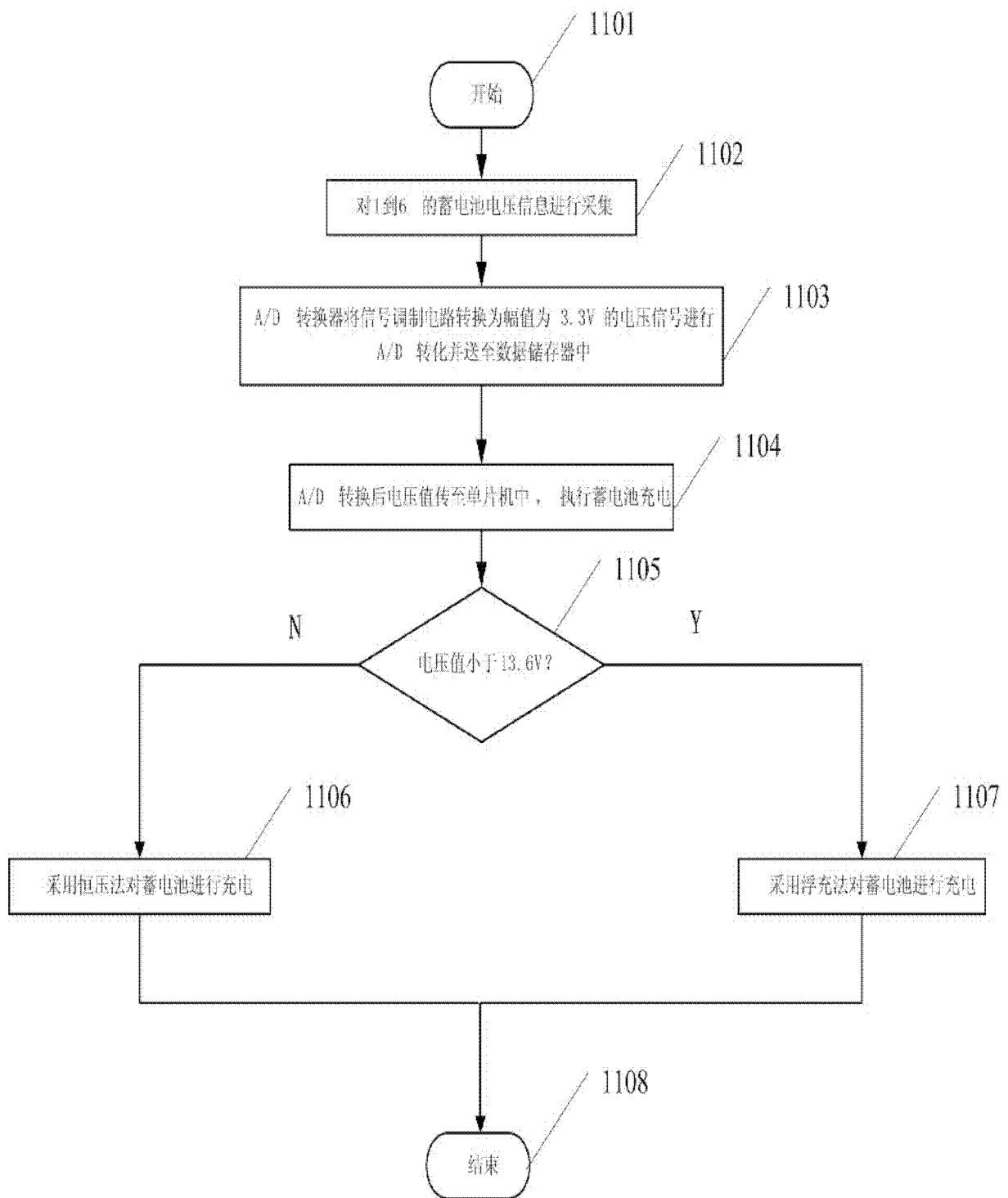


图 11

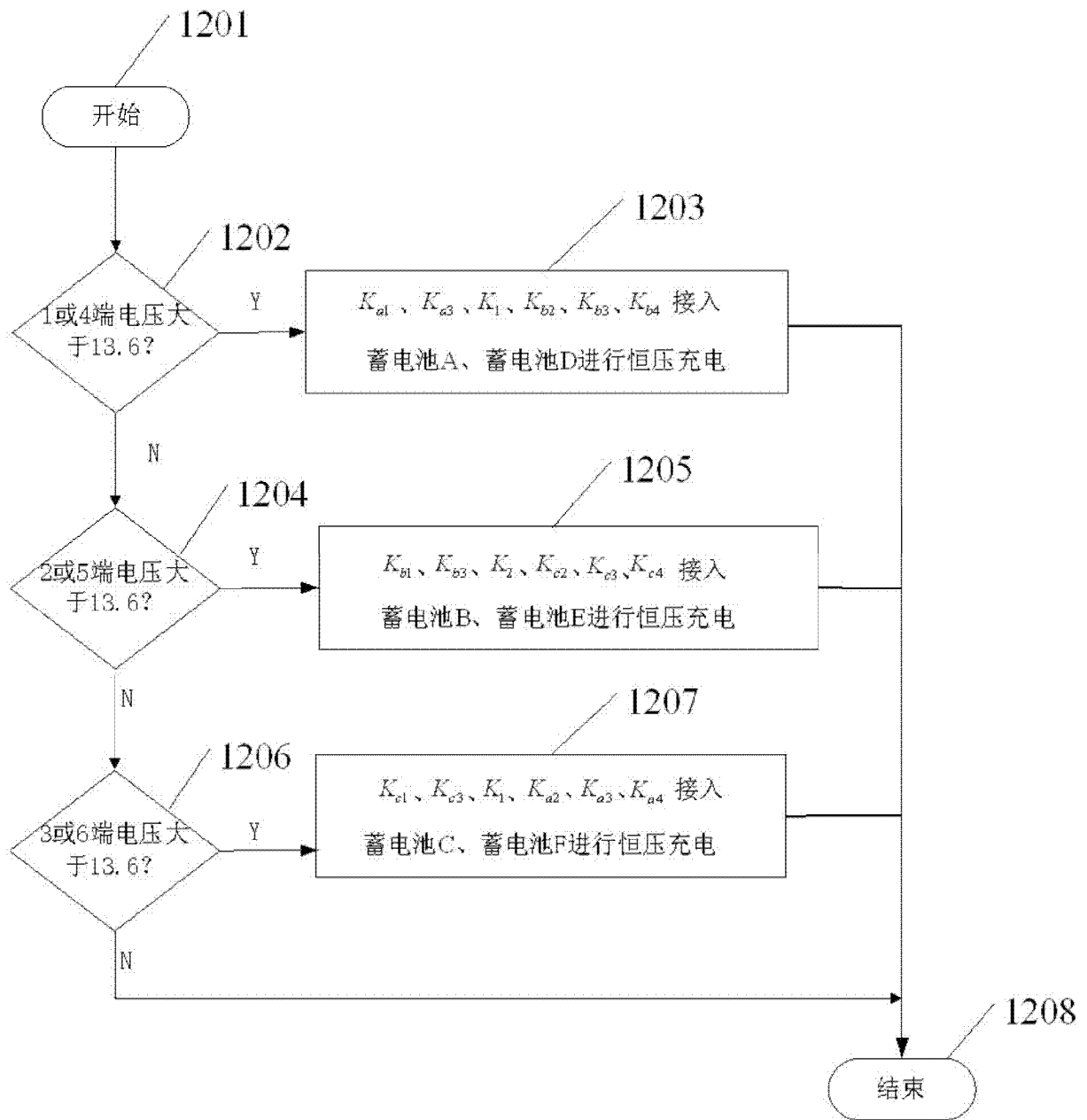


图 12

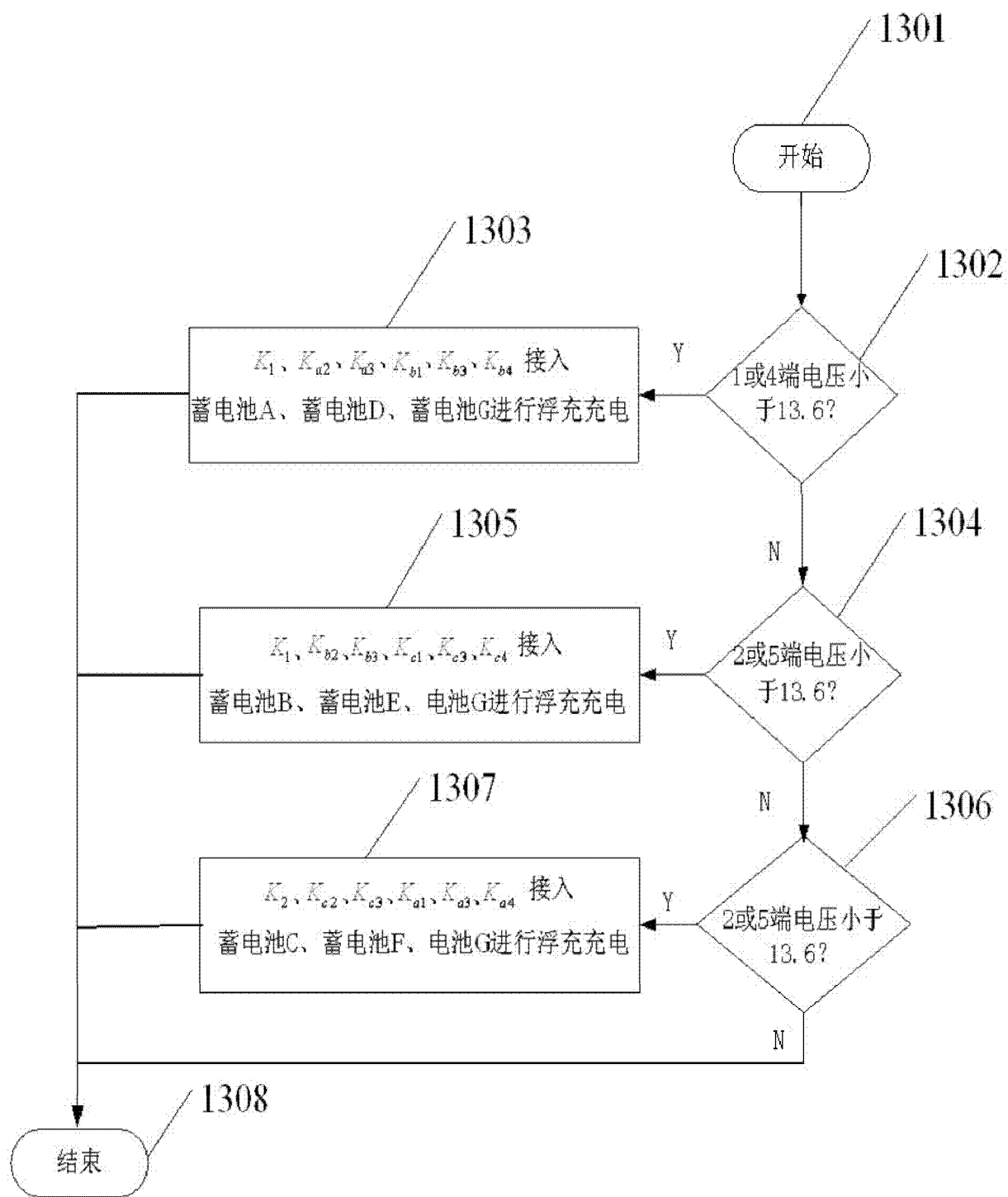


图 13

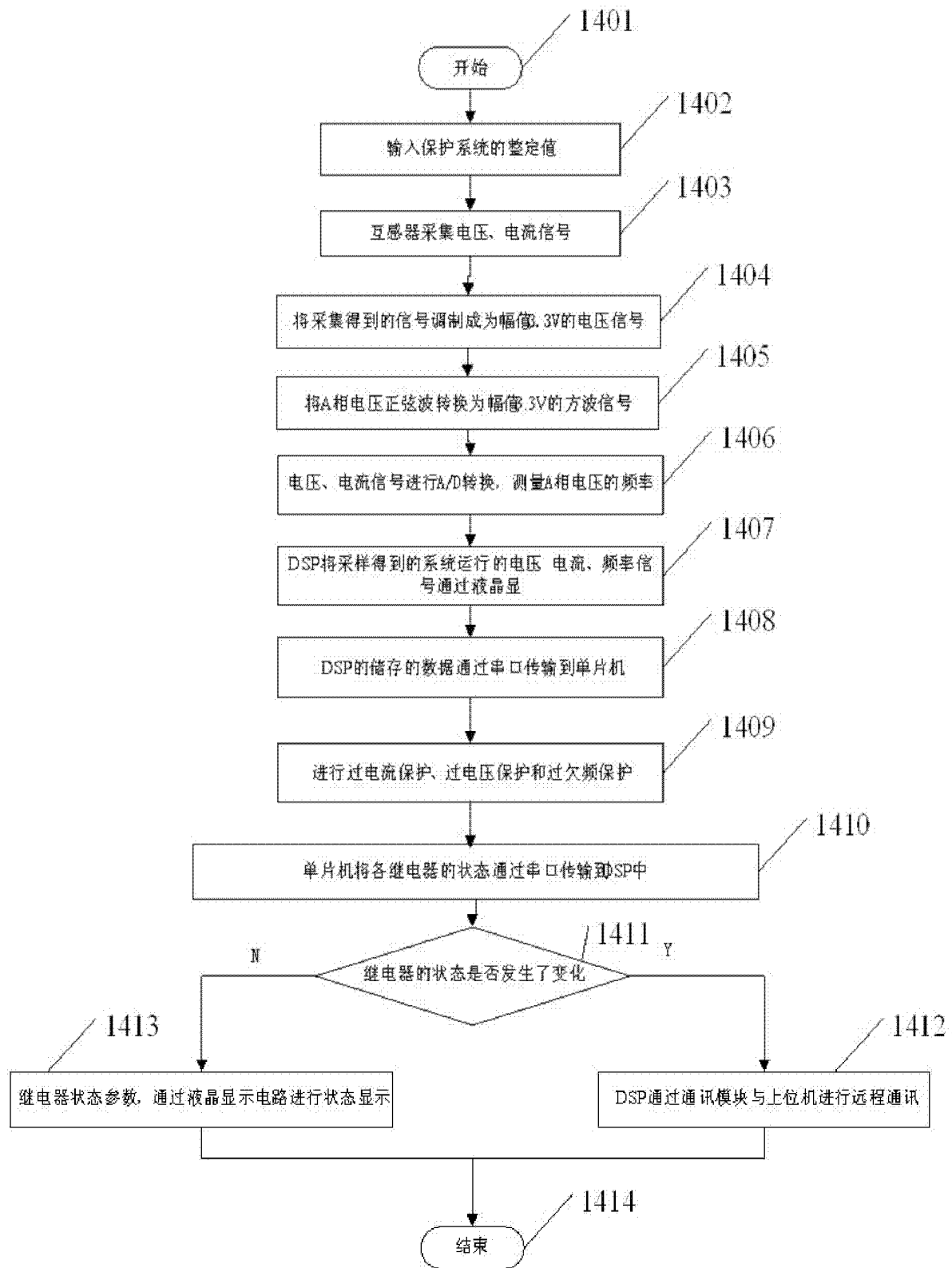


图 14

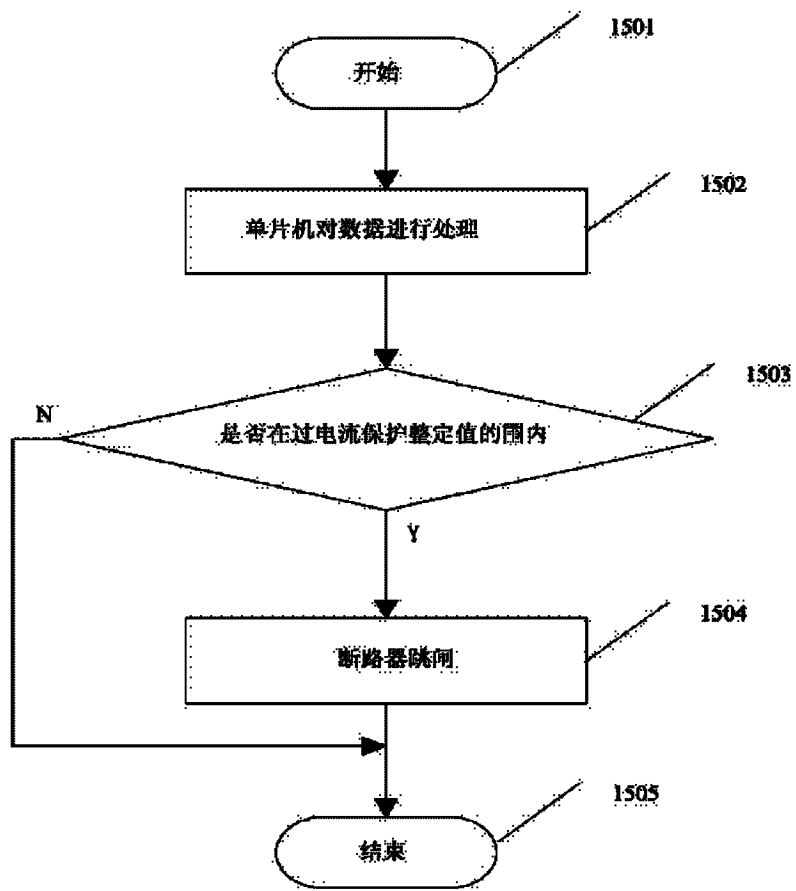


图 15

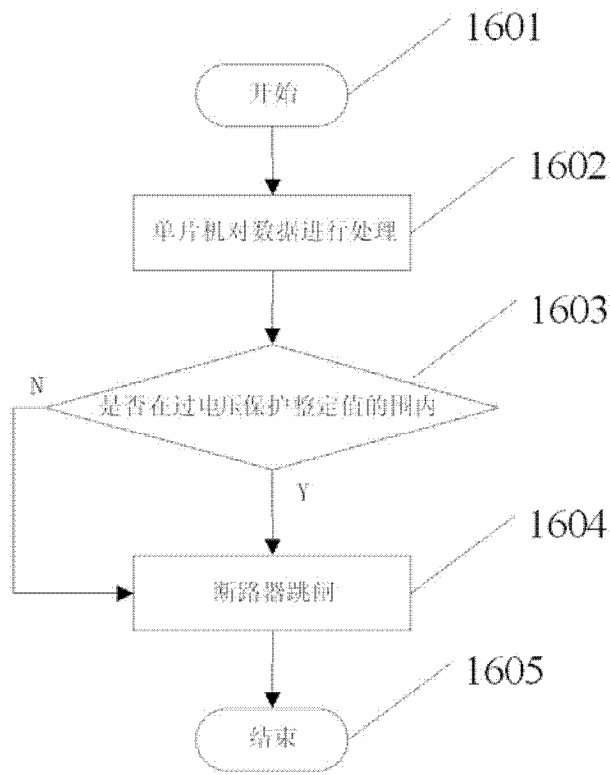


图 16

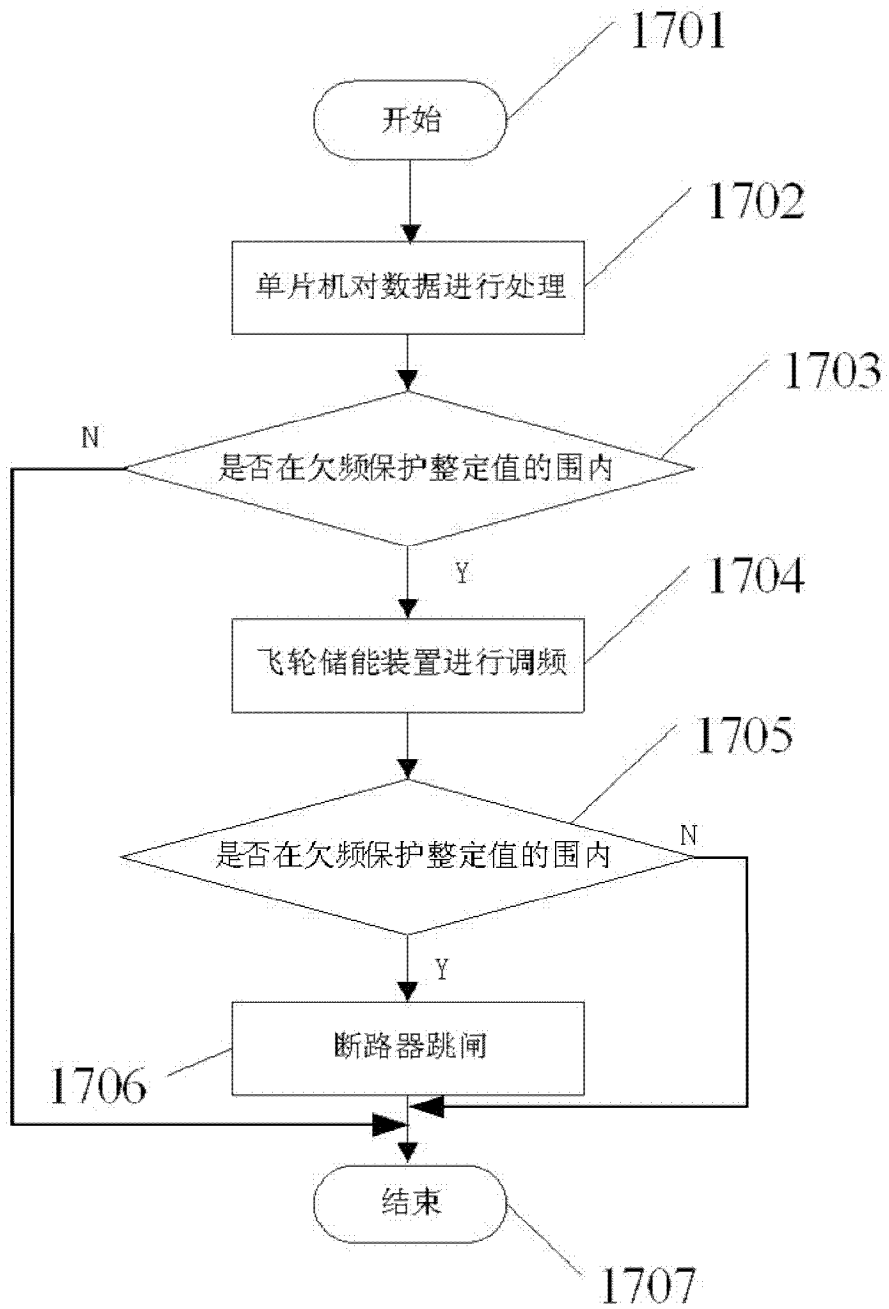


图 17

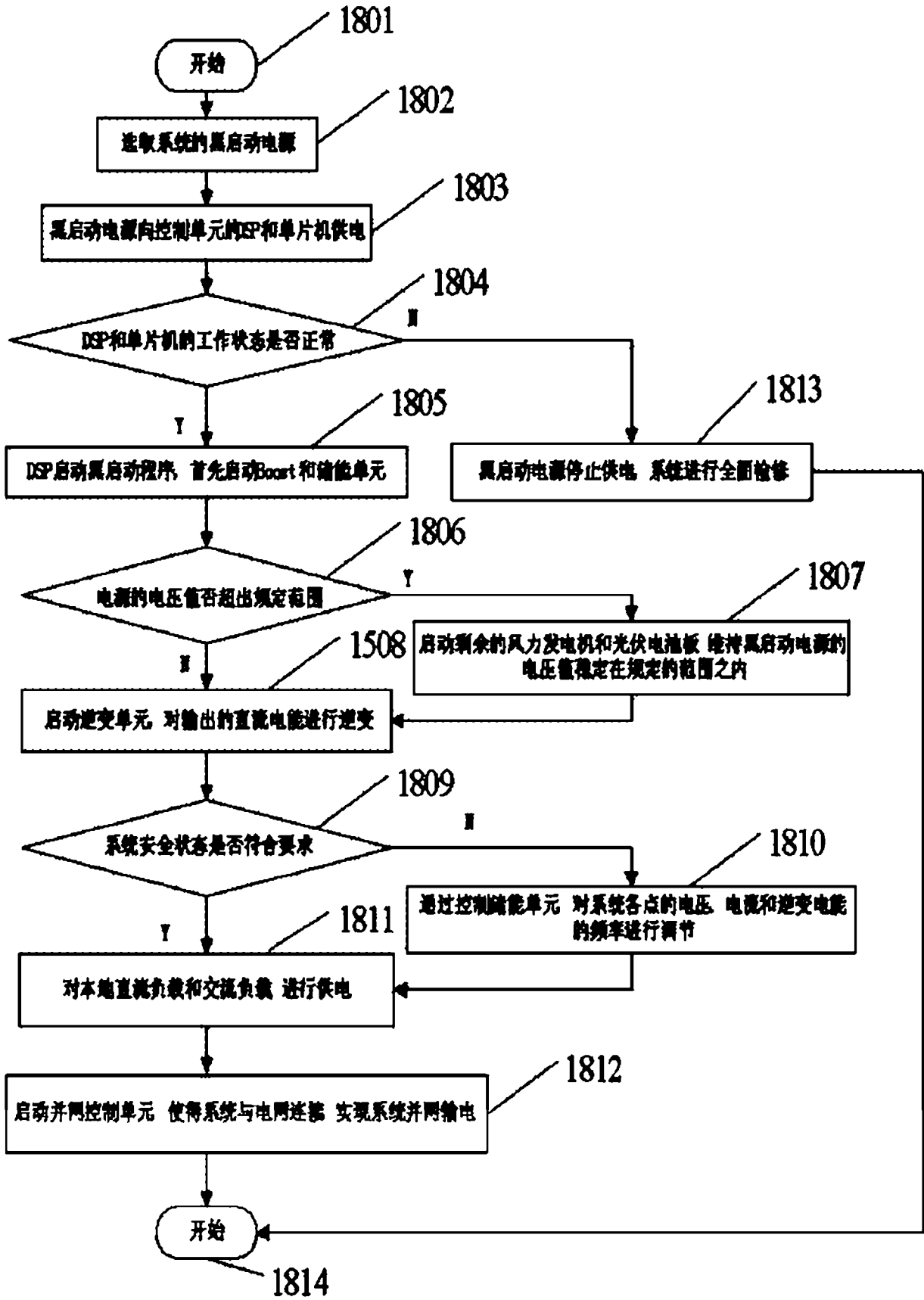


图 18