



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102270878 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 25

(21) 申请号 201110208988. 7

(22) 申请日 2011. 07. 25

(73) 专利权人 国网电力科学研究院武汉南瑞有
限责任公司

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞瑜路
143 号

(72) 发明人 张良华 刘亮 刘飞 李爱魁

(74) 专利代理机构 武汉帅丞知识产权代理有限
公司 42220

代理人 朱必武 周瑾

(51) Int. Cl.

H02J 11/00(2006. 01)

H02J 7/34(2006. 01)

H02J 7/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 202197148 U, 2012. 04. 18,

CN 102088203 A, 2011. 06. 08,

JP 特开 2007-202362 A, 2007. 08. 09,

谢伟东. “变电站站用电源系统关键技术研究”.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息
科技辑》. 2011, (第 06 期),

审查员 韩菲

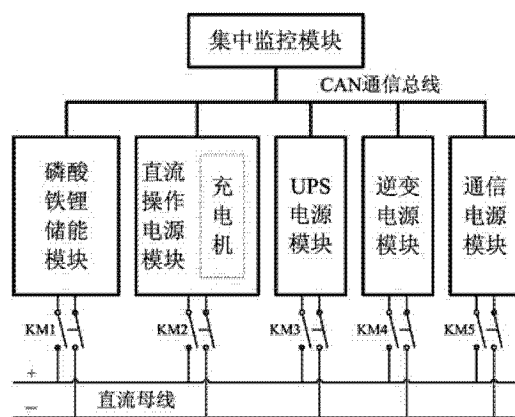
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种变电站用直流电源系统及其控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种变电站用直流电源系统及其控制方法,系统包括集中监控模块、直流操作电源模块、UPS 电源模块、逆变电源模块、通信电源模块和磷酸铁锂储能模块。直流电源系统的各个模块通过继电器接入公共直流母线,并每种模块采用多子模块并联到公共直流母线的方式实现冗余备份。直流电源系统的模块都通过 CAN 通信总线与集中监控模块相连,集中监控模块收集每个模块的运行状态信息,并对系统的各个模块进行统一管理,通过智能的协调控制对电池实现浅充浅放,并实现电池的在线自动维护。本发明的优点:系统可靠性高、抗冲击负荷能力强、免维护、占地面积小、节能环保,智能协调控制方法提高了电池的使用寿命和性能。



1. 一种变电站用直流电源系统,包括直流操作电源模块、UPS 电源模块、逆变电源模块、通信电源模块、磷酸铁锂储能模块和集中监控模块,其特征在于:

所述磷酸铁锂储能模块通过第一继电开关 KM1 连接在直流母线上,所述直流操作电源模块、UPS 电源模块、逆变电源模块、通信电源模块分别通过第二继电开关 KM2、第三继电开关 KM3、第四继电开关 KM4、第五继电开关 KM5 连接在直流母线上,并共用磷酸铁锂储能模块;所述集中监控模块通过 CAN 通信总线与各个模块实现信息通信,并通过直流母线供电;直流电源系统中的每种模块均可通过增加并联到直流母线的模块数量实现系统的冗余备份;

所述磷酸铁锂储能模块是由磷酸铁锂电池组与电池管理系统并联构成,磷酸铁锂电池组是由多个磷酸铁锂电池先并后串组成的电池组;

所述集中监控模块,由微控制器、存储器、智能变电站以太网通信接口、工控触摸屏和多路 CAN 总线、RS485 总线和无线通信总线组成,微控制器通过并行总线、SPI 总线和 I2C 总线与存储器实现互联;工控触摸屏通过以太网或 CAN 总线接口实现与微控制器的通信连接;微控制器通过以太网接口与变电站远程监控系统实现通信连接,并符合 IEC61850 通信规约;直流电源系统各个模块连接到一路 CAN 总线上;集中监控模块通过 GPRS、CDMA、射频或 WIFI 无线通信方式与变电站的无线移动终端实现信息互联;微控制器通过 RS485 接口实现与外部设备的信息互联;集中监控模块通过 CAN 总线收集每个模块的状态信息和工控触摸屏设定的保护参数信息,并将其保存到存储器中,集中监控模块根据负荷运行电流和设定的磷酸铁锂电池组工作电流,采用智能控制方法计算出实时控制的充电机电流,并将控制指令发送至直流操作电源模块中的充电机模块,从而实现磷酸铁锂电池组的浮充管理。

2. 根据权利要求 1 所述的变电站用直流电源系统,其特征在于,所述直流电源系统采用公共直流母线连接方式,各个模块均可实现在线运行的即插即用,系统可自动切除存在故障的功能模块,并在不影响系统正常运行的情况下对故障模块进行在线更换。

3. 根据权利要求 1 所述的变电站用直流电源系统,其特征在于,所述电池管理系统由液晶屏、主控模块及多个采集/均衡模块组成,电池管理系统直接与磷酸铁锂电池组相连,采集模块采集单体电池的电压和电池组的电压、电流及温度信息,主控模块将采集的数据进行一些预定的算法处理,判断出电池工作状况,电池工作状况通过电池管理系统上的液晶屏实时显示,并通过 CAN 总线传给集中监控模块,集中监控模块再控制直流操作电源模块的充电机。

4. 一种变电站用直流电源系统的控制方法,采用如权利要求 1 所述的直流电源系统,由集中监控模块实现浅充浅放控制方法、自动维护控制方法和故障放电控制方法,其特征在于:集中监控模块根据系统运行状态或者磷酸铁锂电池组发送的指令请求判断选择是否采用磷酸铁锂电池组的浅充浅放控制方法、自动维护控制方法或者故障放电控制方法中的一种,实现对电源系统的智能控制,具体步骤如下:

1) 集中监控模块通过 CAN 总线获取直流母线上各个模块的运行状态信息,并显示在工控触摸屏上;

2) 如果监测到供电故障,则通过集中监控模块执行故障放电控制方法,故障放电控制方法的步骤如下:首先判断磷酸铁锂电池组容量是否小于保护设定值或磷酸铁锂电池组电压是否小于保护设定值,如果没达到保护设定值,磷酸铁锂电池组执行正常放电指令;如果

达到了保护设定值,则指令与磷酸铁锂电池组配接且控制磷酸铁锂电池组工作的第一继电器开关 KM1 关断,所述第一继电器开关关断之后判断后备磷酸铁锂电池组是否工作正常,如果后备磷酸铁锂电池组工作正常则合闸开通与后备磷酸铁锂电池组相连接的继电器开关,启动后备磷酸铁锂电池组供电;

3) 如果电源系统供电正常,则判断磷酸铁锂电池组是否达到自动维护周期,如果达到自动维护周期,则通过集中监控模块实施自动维护控制方法;

4) 如果电源系统供电正常,且磷酸铁锂电池组无需自动维护,则通过集中监控模块实施浅充浅放控制方法。

5. 根据权利要求 4 所述的变电站用直流电源系统的控制方法,其特征在于,所述浅充浅放控制方法如下:当集中监控模块通过 CAN 总线监测到电源系统各个模块工作在正常状态,没有达到磷酸铁锂电池组自动维护的条件,且磷酸铁锂电池组工作于可放电状态,集中监控模块通过 CAN 总线向充电机发送控制指令,控制磷酸铁锂电池组以小倍率电流放电,直到磷酸铁锂电池组的容量小于设定的浅充浅放下限容量 SOC_{MIN} ;之后磷酸铁锂电池组工作于可充电状态;当磷酸铁锂电池组工作于可充电状态,电源系统自动切换到高倍率电流充电状态,实现磷酸铁锂电池组的快速均充,该运行状态一直持续到设定的浅充浅放上限容量 SOC_{MAX} ;电源系统按上述浅充浅放控制方法如此循环往复。

6. 根据权利要求 4 所述的变电站用直流电源系统的控制方法,其特征在于,所述自动维护控制方法如下:

1) 磷酸铁锂电池组放电:当监测到电源系统各个模块工作在正常状态,并且磷酸铁锂电池组自动维护时间小于设定值,而且磷酸铁锂电池组工作于自动维护放电状态,集中监控模块通过 CAN 总线控制充电机,调节输出电流为零,磷酸铁锂电池组以直流电源系统的正常负荷进行深度放电;

2) 磷酸铁锂电池组终止放电:当磷酸铁锂电池组的输出电压 U_{BAT} 小于磷酸铁锂电池组的放电终止电压 U_0 时,磷酸铁锂电池组深度放电过程结束,其自动维护标识位设定到充电状态;

3) 磷酸铁锂电池组充电:当自动维护标识位设定到充电状态之后,集中监控模块控制充电机以设定的快充电流倍率对磷酸铁锂电池组进行快速均充,直到磷酸铁锂电池组的容量达到设定的浅充浅放上限容量 SOC_{MAX} 或电压幅值达到设定的充电最大电压 U_{MAX} ,此时磷酸铁锂电池组的自动维护标识位被设定为放电状态,磷酸铁锂电池组的维护计时时间清零;电源系统的自动维护控制按上述自动维护控制方法如此循环往复。

一种变电站用直流电源系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电力电源系统及其控制方法,特别是基于磷酸铁锂电池的变电站用直流电源系统及其控制方法,其适用于变电站用直流电源系统的在线自动免维护控制,该系统主要用于发电厂、水电站和工业企业配电等各类变电站或开关站,也可扩展应用于通信基站或建筑楼宇的直流电源系统。

背景技术

[0002] 现有的站用直流电源系统中的直流操作电源、UPS 电源、逆变电源、通信电源都配备各自的后备蓄电池,蓄电池基本都采用阀控铅酸电池,虽然使用性能较普通的铅酸电池已有了显著提高,但仍存在能量密度和功率密度低、工作温度范围窄、充放电效率低、使用寿命短等缺陷。况且铅已被列入六种有害物质限制范围,现在所面临的实际情况是,无论是密封式铅酸电池还是阀控式铅酸电池,均存在严重的酸污染和铅污染。随着无人值守变电站和城市化变电站的普及,以及变电站直流系统的智能化、数字化和自动化水平的大幅提高,对变电站用直流系统电池的体积、性能、安全性和免维护性提出了更高的要求。

[0003] 据申请人所知,磷酸铁锂电池循环寿命长、抗冲击负荷能力强、比能量高、充放电倍率高、工作温度范围宽、无记忆效应、免维护、长寿命以及绿色环保等特点,目前被广泛应用于电动汽车、电动自行车、电动工具等领域。但是,在变电站直流电源系统中,由于不间断供电的工作要求,致使电池长期处于浮充状态,导致电池的使用寿命明显缩短。同时,传统铅酸电池的维护仍然采用人工干预的方式进行,需要改造才能适应先行的工作环境和要求。

[0004] 中国专利文献(公开号 CN101752616 A)公开的《变电站直流操作电源蓄电池容量的在线维护方法》,其由检测、更换、补水和充电等步骤:先检测出并更换保有容量低的蓄电池,将换下的蓄电池补充水到极板高度后,再根据其结构容量按 500ml/500Ah ~ 1500ml/500Ah 的比例加水,然后向蓄电池充电,调节并校准浮充电压到额定电压的 98.18% ~ 101.82%,使蓄电池最终的保有容量不低于结构容量的 80%。中国专利文献(CN1588255 A)公开的《直流电源屏智能监控器及控制方法》,其用于变电站、发电厂、工厂及机场等一切都要使用直流屏的地方,用于 10KV 以上变电站和任何容量发电厂的成套设备,要解决直流屏系统对直流电源柜进行集中控制、检测、保护、报警及显示等装置。该方法包括:电池组的单体电池电压检测、绝缘监测技术及多串口扩展技术等技术领域。申请人认为:前述的《变电站直流操作电源蓄电池容量的在线维护方法》和《直流电源屏智能监控器及控制方法》均存在维护自动化程度低的问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的是:本发明将磷酸铁锂电池应用于变电站用直流电源系统中,解决了现有变电站用直流电源系统中蓄电池占地面积大、废弃污染严重等问题,同时采用智能协调控制算法解决磷酸铁锂电池长期浮充缩短使用寿命和真正自动在线维护等问题。

[0006] 本发明所采用的技术方案是：一种变电站用直流电源系统，包括直流操作电源模块、UPS 电源模块、逆变电源模块、通信电源模块、磷酸铁锂储能模块和集中监控模块，其特征在于：

[0007] 所述磷酸铁锂储能模块通过第一继电开关 KM1 连接在直流母线上，所述直流操作电源模块、UPS 电源模块、逆变电源模块、通信电源模块分别通过第二继电开关 KM2、第三继电开关 KM3、第四继电开关 KM4、第五继电开关 KM5 连接在直流母线上，并共用磷酸铁锂储能模块；所述集中监控模块通过 CAN 通信总线与各个模块实现信息通信，并通过直流母线供电；直流电源系统中的每种模块均可通过增加并联到直流母线的模块数量实现系统的冗余备份；

[0008] 所述磷酸铁锂储能模块是由磷酸铁锂电池组与电池管理系统并联构成，磷酸铁锂电池组是由多个磷酸铁锂电池先并后串组成的电池组。

[0009] 如上所述的变电站用直流电源系统，其特征在于，所述直流电源系统采用公共直流母线连接方式，各个模块均可实现在线运行的即插即用，系统可自动切除存在故障的功能模块，并在不影响系统正常运行的情况下对故障模块进行在线更换。

[0010] 如上所述的变电站用直流电源系统，其特征在于，所述电池管理系统由液晶屏、主控模块及多个采集 / 均衡模块组成，电池管理系统直接与磷酸铁锂电池组相连，采集模块采集单体电池的电压和电池组的电压、电流及温度信息，主控模块将采集的数据进行一些预定的算法处理，判断出电池工作状况，电池工作状况通过电池管理系统上的液晶屏实时显示，并通过 CAN 总线传给集中监控系统，集中监控系统再控制直流操作电源模块的充电机。

[0011] 如上所述的变电站用直流电源系统，其特征在于，所述集中监控模块，由微控制器、存储器、智能变电站以太网通信接口、工控触摸屏和多路 CAN 总线、RS485 总线和无线通信总线组成，微控制器通过并行总线、SPI 总线和 I2C 总线与存储器实现互联；工控触摸屏通过以太网或 CAN 总线接口实现与微控制器的通信连接；微控制器通过以太网接口与变电站远程监控系统实现通信连接，并符合 IEC61850 通信规约；直流电源系统每种模块的各个子模块连接到一路 CAN 总线上；集中监控模块通过 GPRS、CDMA、射频或 WIFI 无线通信方式与变电站的无线移动终端实现信息互联；微控制器通过 RS485 接口实现与外部设备的信息互联；集中监控模块通过 CAN 总线收集每个模块的状态信息和工控触摸屏设定的保护参数信息，并将其保存到存储器中，集中监控模块根据负荷运行电流和设定的磷酸铁锂电池工作电流，采用智能控制方法计算出实时控制的充电机电流，并将控制指令发送至直流操作电源中的充电机模块，从而实现磷酸铁锂电池的浮充管理。

[0012] 本发明还提供一种变电站用直流电源系统的控制方法，采用如上所述的直流电源系统，由集中监控模块实现浅充浅放控制方法、自动维护控制方法和故障放电控制方法，其特征在于：集中监控模块根据系统运行状态或者磷酸铁锂电池发送的指令请求判断选择是否采用磷酸铁锂电池的浅充浅放控制方法、自动维护控制方法或者故障放电控制方法中的一种，实现对电源系统的智能控制，具体步骤如下：

[0013] 1) 集中监控模块通过 CAN 总线获取直流母线上各个模块的运行状态信息，并显示在监控面板上；

[0014] 2) 如果监测到供电故障，则通过集中监控模块执行故障放电控制方法，故障放电

控制方法的步骤如下：首先判断电池容量是否小于保护设定值或电池电压是否小于保护设定值，如果没达到保护设定值，电池执行正常放电指令；如果达到了保护设定值，则指令与磷酸铁锂电池配接且控制磷酸铁锂电池工作的第一继电器 KM1 关断，所述第一继电器关断之后判断后备电池是否工作正常，如果后备电池工作正常则合闸开通与后备电池相连接的继电器开关，启动后备电池供电；

[0015] 3) 如果电源系统供电正常，则判断电池是否达到自动维护周期，如果达到自动维护周期，则通过集中监控模块实施自动维护控制方法；

[0016] 4) 如果电源系统供电正常，且磷酸铁锂电池无需自动维护，则通过集中监控模块实施浅充浅放控制方法。

[0017] 如上所述的变电站用直流电源系统的控制方法，其特征在于，所述浅充浅放控制方法如下：当集中监控模块通过 CAN 总线监测到电源系统各个模块工作在正常状态，没有达到电池自动维护的条件，且电池工作于可放电状态，集中监控模块通过 CAN 总线向充电机发送控制指令，控制电池以小倍率电流放电，直到电池的容量小于设定的浅充浅放下限容量 SOC_{MIN} ；之后电池工作于可充电状态；当电池工作于可充电状态，电源系统自动切换到高倍率电流充电状态，实现电池的快速均充，该运行状态一直持续到设定的浅充浅放上限容量 SOC_{MAX} ；电源系统按上述模式如此循环往复。

[0018] 如上所述的变电站用直流电源系统的控制方法，其特征在于，所述自动维护控制方法如下：

[0019] 1) 电池放电：当监测到电源系统各个模块工作在正常状态，并且电池自动维护时间小于设定值，而且电池工作于自动维护放电状态，监控系统通过 CAN 总线控制充电机，调节输出电流为零，电池以直流电源系统的正常负荷进行深度放电；

[0020] 2) 电池终止放电：当电池的输出电压 U_{BAT} 小于电池的放电终止电压 U_0 时，电池深度放电过程结束，其自动维护标识位设定到充电状态；

[0021] 3) 电池充电：当自动维护标识位设定到充电状态之后，集中监控模块控制充电机以设定的快充电流倍率对电池进行快速均充，直到电池的容量达到设定的浅充浅放上限容量 SOC_{MAX} 或电压幅值达到设定的充电最大电压 U_{MAX} ，此时电池的自动维护标识位被设定为放电状态，电池的维护计时时间清零；电源系统的自动维护控制按上述模式如此循环往复。

[0022] 本发明的优点在于，构思新颖，结构合理，方法简便，便于实施。本发明的系统具有优异的性能，电池的充放电效率高、漏电流小、充放电倍率大，电源系统抗负载冲击能力强，宽的工作温度范围。本发明的系统可靠性高，各个模块通过继电器连接在直流母线上，并通过 CAN 总线与几种监控模块相联；当某一模块出现故障时，可及时切断该模块，不会影响整个系统的正常工作。运用本发明的控制方法可实现电池的在线维护，无需人工干预；还能避免电池长期工作于浮充状态，有效地延长电池的使用寿命。

[0023] 本发明的有益效果还有：1) 绿色环保：磷酸铁锂电池在生产环节、使用环节和报废处理环节均不存在环境污染的问题。2) 节省资源：磷酸铁锂电池的体积小重量轻，与铅酸电池相比，同等容量的电池，磷酸铁锂电池的体积只有铅酸电池的三分之一，且重量只有铅酸电池的一半。

附图说明

- [0024] 图 1 是本发明的变电站用直流电源系统的结构示意图。
- [0025] 图 2 是本发明的磷酸铁锂电池的储能模块冗余备份方法示意图。
- [0026] 图 3 是本发明的磷酸铁锂电池储能模块示意图。
- [0027] 图 4 是本发明的变电站用直流电源系统集中监控模块结构图。
- [0028] 图 5 是本发明的变电站用直流电源系统的智能控制方法的流程图。

具体实施方式

[0029] 以下通过具体实施方式,结合附图对本发明作进一步说明。

[0030] 参见图 1,本实施例中,整个系统采用了集中管理分布式控制的思想,直流操作电源模块、UPS 电源模块、逆变电源模块、通信电源模块和磷酸铁锂储能模块,通过 CAN 总线连接在集中监控模块上。磷酸铁锂储能模块通过第一继电开关 KM1 连接在直流母线上;各电源模块通过第二至第五继电开关 KM2 ~ KM5 连接在直流母线上,各个电源模块都使用磷酸铁锂电池作为后备电池。

[0031] 直流电源系统中的每种模块均可通过增加并联到直流母线的模块数量实现系统的冗余备份,如图 2 所示,为磷酸铁锂储能模块冗余备份方法示意图。

[0032] 与传统的变电站直流电源系统所采用的双独立电源系统冗余备份相比,本电源系统结构的技术特点在于,每个模块通过多个小容量模块并联构成,系统故障后只对产生故障的子模块进行切除,并投入后备的子模块,不会对其它正常的功能模块产生影响,提高了系统的运行稳定性和可靠性。同时,这些子模块不会同时出现故障,因此冗余备份的子模块数量可显著减少,从而降低系统造价。

[0033] 本实施例中,集中监控模块采用嵌入式微控制器,集中监控模块集中采集来自各子电源模块和电池管理系统的数据,并对整个系统的数据进行数据融合,判断系统的工作状况,若发现有异常工作情况,可通过控制继电开关 KM1 ~ KM5 将故障模块从直流母线上切除,保证整个系统的安全。

[0034] 参见图 3,本实施例中,磷酸铁锂电池储能模块由电池管理系统和磷酸铁锂电池组并联组成。电池管理系统由液晶屏、主控模块、采集 / 均衡模块组成。磷酸铁锂电池管理系统直接与磷酸铁锂电池组相连,采集模块采集单体电池的电压和电池组的电压、电流、温度,主控模块将采集的数据进行一些预定的算法处理,判断出电池工作状况,电池工作状况通过电池管理系统上的液晶屏实时显示,并通过 CAN 总线传给集中监控系统,集中监控系统再控制充电机。

[0035] 参见图 4,本实施例中,变电站直流电源系统的集中监控模块由微控制器、存储器、智能变电站以太网通信接口、工控触摸屏和多路 CAN、RS485 和 GPRS 或射频无线接口组成。微控制器通过 CAN 总线接口采集各个电源模块、检测设备和储能设备的运行状态信息,通过 RS485 接口采集系统外部连接设备的运行状态,并将状态信息保存在存储器中。微控制器执行系统级的智能控制算法,向各个子模块发送控制指令,实现各个电源模块、储能模块之间的协调控制。存储器由 RAM、ROM、Flash 等存储介质构成。工控触摸屏通过以太网或 RS485 接口实现与微控制器的通信,并显示由微控制器采集的系统运行状态信息,包括各个模块的运行电压、电流、温度、交流频率、功率、故障状态等;同时工控触摸屏通过人机界面设定系统运行的参数,并保存在存储器的 Flash 介质中。微控制器提供满足 IEC61850 通信

协议的以太网通信接口,实现智能变电站的远程监控。微控制器接收来自远程监控的指令后,对指令信息进行分析,并向对应的系统模块发送控制指令,实现目标控制。由 GPRS 或射频无线单元构成的通信接口向变电站内的无线移动终端发送运行状态信息。

[0036] 参见图 5,给出了变电站直流电源系统的智能控制方法的实施例。当集中监控模块监测到电源系统供电故障时,电源系统工作在故障放电阶段,磷酸铁锂电池组作为后备电池为电源系统供电。当电池持续放电,直至容量小于 10% 或者电池的电压 U_{BAT} 小于保护电压 U_{MIN} ,集中监控模块断开继电器开关 KM1,防止过放损坏磷酸铁锂电池。如果后备电池工作于正常状态,则集中监控模块控制继电器开关,投入冗余磷酸铁锂储能模块为电源系统供电。

[0037] 如果电源系统未出现供电故障,且监测到电池达到自动维护的时间要求,集中监控模块对电池进行自动维护控制。集中监控模块监测电池自动维护的标识位是否为 1,即处于放电状态,如果电池处于放电状态,则监测电池电压 U_{BAT} 是否高于设定的维护放电终止电压 U_0 ,若满足条件则通过电源系统负荷对电池进行深度放电。如果电池电压低于放电终止电压,则集中监控模块将电池的自动维护标识位置为 0。如果监测电池自动维护的标识位为 0,则集中监控模块对电池进行快速均充,直到电池的容量大于 98% 或电池电压达到设定上限值 U_{MAX} ,之后将电池的自动维护标识位置位 1,同时将自动维护计时器 T 清零。

[0038] 如果电源系统供电正常且无需对电池进行自动维护时,集中监控模块对电池进行浅充浅放控制,防止电池长期工作在浮充电状态,从而提高电池的使用寿命和使用性能。如果监测到电池容量大于 90%,且充电标识位为 0,集中监控模块通过监测的负载电流数据控制调节充电机的输出电流,使电池以小放电倍率放电,直到电池的容量小于 90%。放电结束后,集中监控模块将电池的充电标识位置为 1,同时控制充电机的输出电流,以高充电倍率给磷酸铁锂电池充电,先以恒流方式充电,再以恒压方式实现均充,直到电池的容量大于 98%,此时,电池的充电标识位被置为 0。

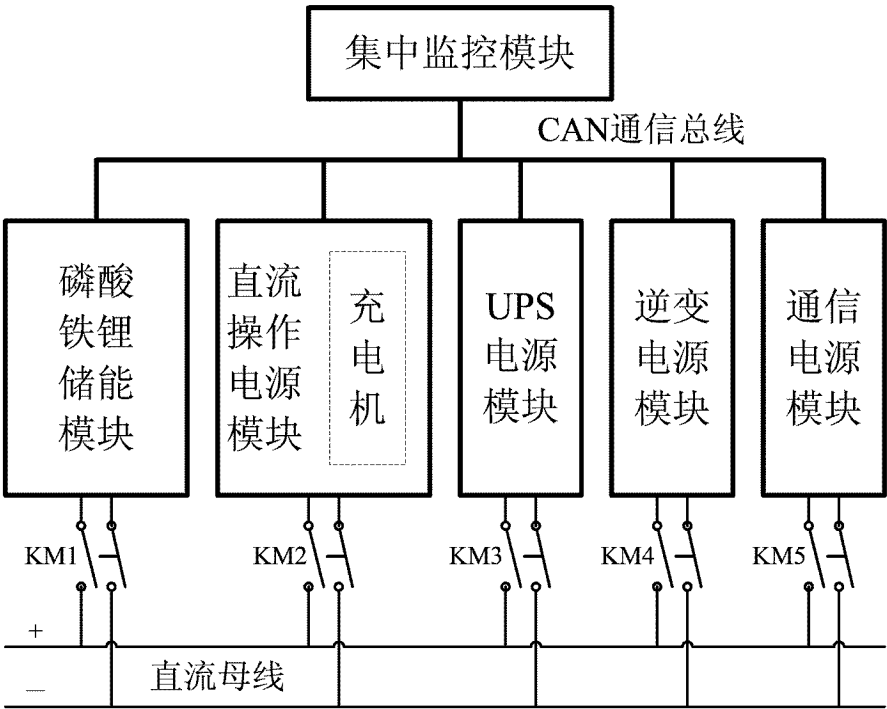


图 1

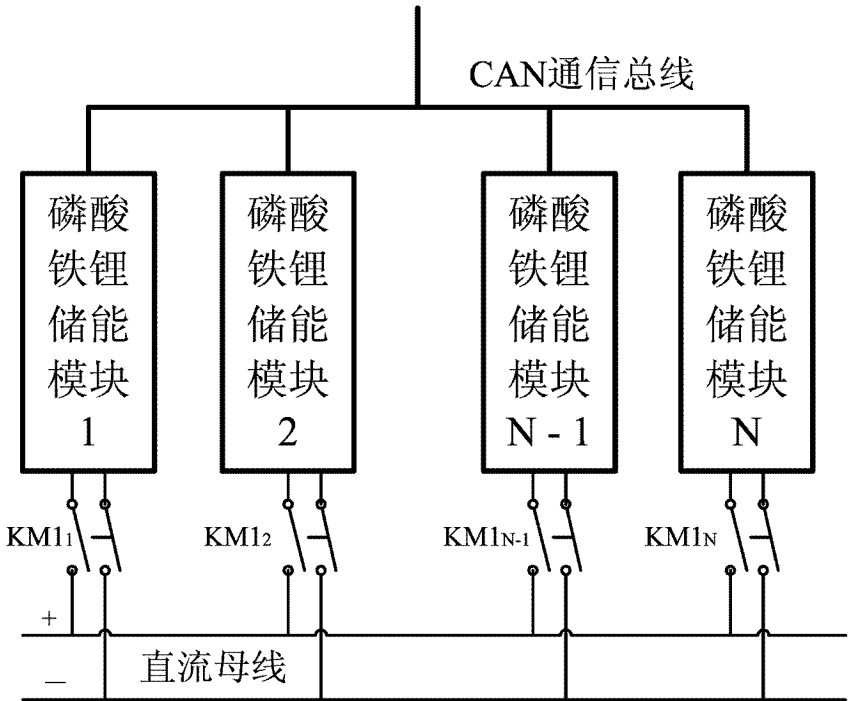


图 2

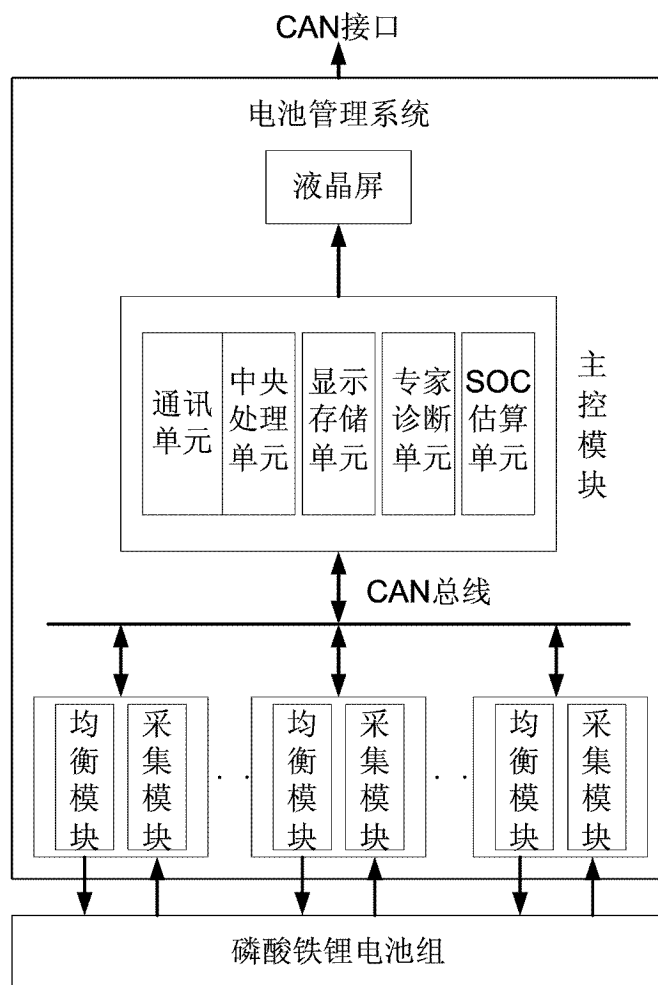


图 3

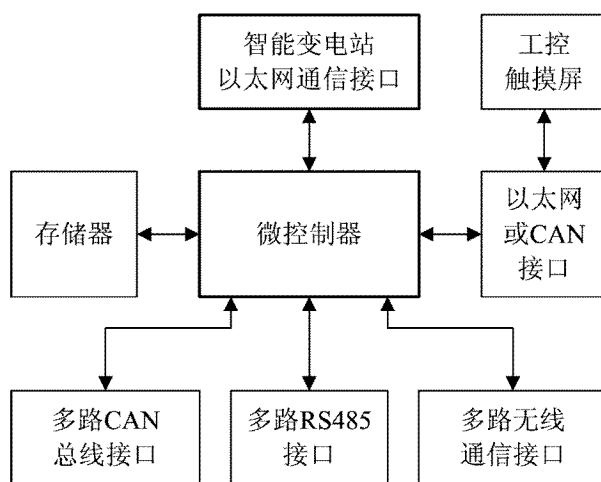


图 4

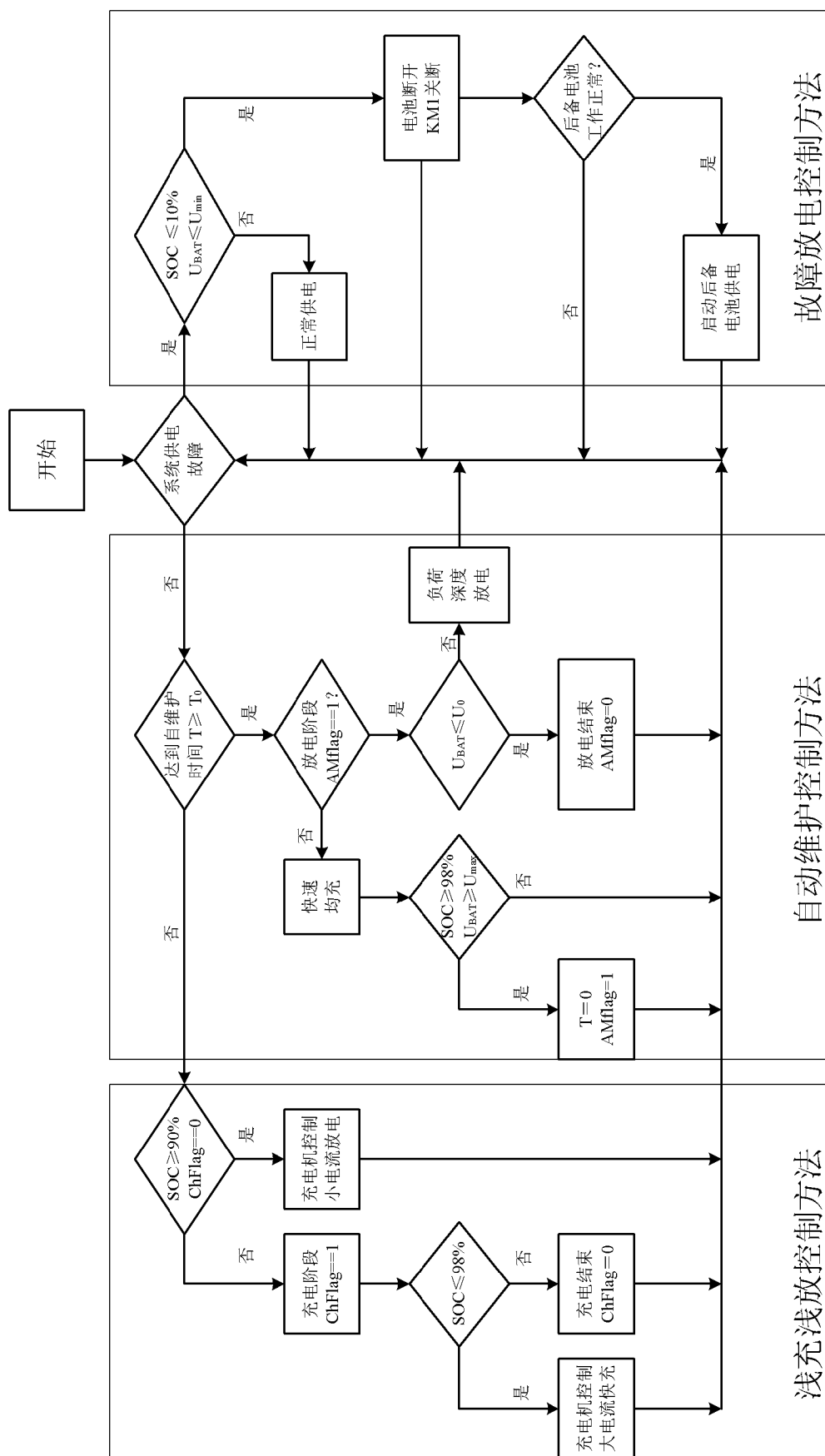


图 5