



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202550664 U

(45) 授权公告日 2012. 11. 21

(21) 申请号 201220207976. 2

(22) 申请日 2012. 05. 10

(73) 专利权人 四川电力科学研究所

地址 610071 四川省成都市青羊区青华路  
24 号

(72) 发明人 李晶 丁丹一 卫小凡 李旻

(74) 专利代理机构 成都信博专利代理有限责任  
公司 51200

代理人 舒启龙

(51) Int. Cl.

H02J 11/00(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

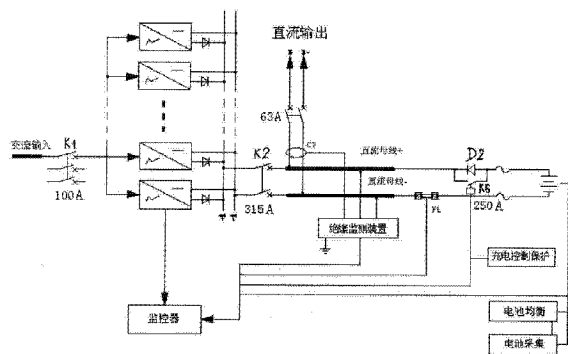
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统

(57) 摘要

一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统, 高频开关充电模块的正、负输出端分别与直流母线正极和直流母线负极连接, 铁锂电池组的正、负极通过第四空开 K4 与直流母线正、负极连接, 直流母线正、负极上并联有多个输出支路, 高频开关充电模块为多个并联, 每个高频开关充电模块与型号为 BMJ-FPC 的监控器连接; 绝缘监测装置与监控器连接; 安装在每个输出支路上的电流互感器 CT 的输出端与绝缘监测装置连接。本系统实现了铁锂电池组在非在线浮充方式下热备用和自动充电, 具有电源设备使用寿命延长, 安全性能提高, 自动化程度增加的特点。



1. 一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统,包括,其输入端与交流电源连接的高频开关充电模块的正、负输出端分别与直流母线正极和直流母线负极连接,铁锂电池组的正、负极通过第四空开 K4 分别与直流母线正、负极连接,直流母线正、负极上并联有多个输出支路,

其特征是,所述高频开关充电模块为多个并联,每个高频开关充电模块通过通讯总线与型号为 BMJ-FPC 的监控器连接;绝缘监测装置通过通讯总线与监控器连接;所述每个输出支路上安装有电流互感器 CT,电流互感器 CT 的信号输出端与绝缘监测装置连接;还具有,

充电控制保护电路:大功率二极管 D2 的正极接于所述铁锂电池组的正极,大功率二极管 D2 的负极接于所述直流母线正极,型号为 GW3B 的第五空开 K5 与大功率二极管 D2 并联,来自监控器输出端的参考电压 UA 串接电阻 R3 后接于型号为 LM339N 的比较器 U2 的 4 脚,电阻 R1 一端接于比较器 U2 的 4 脚,另一端接地,来自铁锂电池的端电压 UB 串接电阻 R6 后接于比较器 U2 的 5 脚,电阻 R7 一端接于比较器 U2 的 5 脚,另一端接地,比较器 U2 的 1 脚串接电阻 R4 后接于三极管 T1 基极,比较器 U2 的 2 脚接二极管 D5 正极,二极管 D5 负极接比较器 U2 的 1 脚,三极管 T1 发射极接地,三极管 T1 集电极顺次串接合闸继电器 JDQ、电阻 R2 后接于比较器 U2 的 1 脚,二极管 D3 正极接三极管 T1 集电极,二极管 D3 负极接合闸继电器 JDQ 与电阻 R2 的结点,第五空开 K5 的合闸线圈 QH 和合闸继电器 JDQ 的常开接点 JDQ1 串接在分合闸操作电源回路中,比较器 U2 的 14 脚串接电阻 R9 后接于三极管 T2 基极,三极管 T2 发射极接地,三极管集电极顺次串接分闸继电器 ZJDQ、电阻 R8 后接于比较器 U2 的 14 脚,二极管 D4 正极接于三极管 T2 集电极,二极管 D4 负极接于分闸继电器 ZJDQ 与电阻 R8 的结点,分闸继电器 ZJDQ 的常开接点 ZJDQ1 和第五空开 K5 的分闸线圈 QF 串接在分合闸操作电源回路中。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统,其特征是,所述充电控制保护电路中还具有声光报警电路:电铃 B1 串接在三极管 T1 集电极与 VCC 之间,发光二极管 D1 正极接于 VCC,发光二极管 D1 负极接于三极管 T1 集电极。

3. 根据权利要求 2 所述的一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统,其特征是,还具有充电按钮 H-AN;充电按钮 H-AN 与合闸继电器 JDQ 的常开接点 JDQ1 并联。

4. 根据权利要求 3 所述的一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统,其特征是,还具有紧急分闸按钮 F-AN;紧急分闸按钮 F-AN 与分闸继电器 ZJDQ 的常开接点 ZJDQ1 并联。

5. 根据权利要求 1 或 2 或 3 或 4 所述的一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统,其特征是,所述充电控制保护电路中,还具有补充充电电路:VCC 顺次串接电阻 R10 以及由监控器控制的开关 JK1 后接于比较器 U2 的 6 脚,型号为 74LS04 的反相器 U3 的 1 脚接于开关 JK1 的进端,反相器 U3 的 2 脚接于开关 JK1 的出端,电阻 R11 一端接于开关 JK1 的进端,另一端接地;由监控器控制的开关 JK2 一端与反相器 U3 的 1 脚以及 3 脚连接,开关 JK2 另一端与反相器 U3 的 4 脚以及比较器 U2 的 8 脚连接。

6. 根据权利要求 5 所述的一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统,其特征是,所述充电控制保护电路中还具有工作电源电路:DC/DC 变换器 J3 的正、负输入端分别与直流母线正、负极连接,电容 C3 串接在 DC/DC 变换器 J3 的正、负输出端之间,电解电容 C2

正极接于 DC/DC 变换器 J3 的正输出端, 电解电容 C2 负极接地, DC/DC 变换器 J3 的负输出端接地。

7. 根据权利要求 6 所述的一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统, 其特征是, 所述多个高频开关充电模块中有一个为备用高频开关充电模块。

8. 根据权利要求 7 所述的一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统, 其特征是, 所述铁锂电池型号为 FP3291152, 高频开关充电模块型号为 HD22020-3, 监控器型号为 BMJ-FPC, 绝缘监测装置型号为 JYM-2。

9. 根据权利要求 8 所述的一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统, 其特征是, 还具有电池电压采集电路; 电池电压采集电路的信号输出端与电阻 R6 的进端连接。

10. 根据权利要求 9 所述的一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统, 其特征是, 所述交流电源与高频开关充电模块之间还连接有第一空开 K1。

## 一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及电力系统变电站用直流电源系统,具体来说是一种基于磷酸亚铁锂离子电池组性能特点,采用电池组充、放电回路及相应控制保护装置,使铁锂电池组处于不进行浮充电但不离线的运行方式的变电站用直流电源系统。

### 背景技术

[0002] 电力系统变电站用直流电源是输变电设备的保护和通信的工作电源,在电网事故造成交流电源中断时,其电池组供变电站保护、控制、事故照明等事故用电。一直以来电力系统变电站采用的是电池组在线浮充运行方式,主要是:①要补充铅酸电池的自放电造成的容量损失,并且充电倍率低( $0.1C_{10}$ )、时间长;②没有电池管理系统(BMS),采用定期进行均衡充电方式维护;③电池组通过断路器(或熔断器)直接连接在直流母线,以便交流中断后不间断地提供直流电源。但长期浮充运行:①会使电池极板钝化,造成电池容量衰退和寿命降低;②没有电池管理系统(BMS),电池容量状况只能依靠1~2年一次的核容放电试验进行评估,期间的容量状况不得而知;③电池组直接连接在直流母线,在进行核容放电试验时要脱离母线,必须用临时电池组替代或其他措施,满足DL/T724-2000 电池组不脱离母线的要求。所以上述情况严重时,会在电网发生事故时,电池组无法满足事故期间的用电,耽误事故抢险,甚至造成事故扩大。

[0003] 国内目前有铁锂电池的变电站直流电源系统,但是基于原阀控式铅酸蓄电池的结构和运行方式,只是简单的把铅酸电池换成铁锂电池,既没遵守铁锂电池的充、放电特性,还会加速铁锂电池的容量衰退和减少运行寿命,使其性价比大大降低,故直接采用浮充电方式铁锂电池组的直流电源系统在电力系统开展应用存在难度。

### 实用新型内容

[0004] 本实用新型的目的是根据磷酸亚铁锂离子电池不适宜浮充电运行的特性,提供一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统,旨在解决免铁锂电池组因长期浮充电造成的容量衰退和寿命降低的问题。

[0005] 本新型的目的是这样实现的:一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统,包括,其输入端与交流电源连接的高频开关充电模块的正、负输出端分别与直流母线正极和直流母线负极连接,铁锂电池组的正、负极通过第四空开 K4 分别与直流母线正、负极连接,直流母线正、负极上并联有多个输出支路,其特征是,所述高频开关充电模块为多个并联,每个高频开关充电模块通过通讯总线与型号为 BMJ-FPC 的监控器连接;绝缘监测装置通过通讯总线与监控器连接;所述每个输出支路上安装有电流互感器 CT,电流互感器 CT 的信号输出端与绝缘监测装置连接;还具有,

[0006] 充电控制保护电路;大功率二极管 D2 的正极接于所述铁锂电池组的正极,大功率二极管 D2 的负极接于所述直流母线正极,型号为 GW3B 的第五空开 K5 与大功率二极管 D2 并联,来自监控器输出端的参考电压 UA 串接电阻 R3 后接于型号为 LM339N 的比较器 U2 的

4 脚,电阻 R1 一端接于比较器 U2 的 4 脚,另一端接地,来自铁锂电池的端电压 UB 串接电阻 R6 后接于比较器 U2 的 5 脚,电阻 R7 一端接于比较器 U2 的 5 脚,另一端接地,比较器 U2 的 1 脚串接电阻 R4 后接于三极管 T1 基极,比较器 U2 的 2 脚接二极管 D5 正极,二极管 D5 负极接比较器 U2 的 1 脚,三极管 T1 发射极接地,三极管 T1 集电极顺次串接合闸继电器 JDQ、电阻 R2 后接于比较器 U2 的 1 脚,二极管 D3 正极接三极管 T1 集电极,二极管 D3 负极接合闸继电器 JDQ 与电阻 R2 的结点,第五空开 K5 的合闸线圈 QH 和合闸继电器 JDQ 的常开接点 JDQ1 串接在分合闸操作电源回路中,比较器 U2 的 14 脚串接电阻 R9 后接于三极管 T2 基极,三极管 T2 发射极接地,三极管集电极顺次串接分闸继电器 ZJDQ、电阻 R8 后接于比较器 U2 的 14 脚,二极管 D4 正极接于三极管 T2 集电极,二极管 D4 负极接于分闸继电器 ZJDQ 与电阻 R8 的结点,分闸继电器 ZJDQ 的常开接点 ZJDQ1 和第五空开 K5 的分闸线圈 QF 串接在分合闸操作电源回路中。

[0007] 上述充电控制保护电路中还具有声光报警电路:电铃 B1 串接在三极管 T1 集电极与 VCC 之间,发光二极管 D1 正极接于 VCC,发光二极管 D1 负极接于三极管 T1 集电极。

[0008] 还具有充电按钮 H-AN;充电按钮 H-AN 与合闸继电器 JDQ 的常开接点 JDQ1 并联。

[0009] 还具有紧急分闸按钮 F-AN;紧急分闸按钮 F-AN 与分闸继电器 ZJDQ 的常开接点 ZJDQ1 并联。

[0010] 上述充电控制保护电路中,还具有补充充电电路:VCC 顺次串接电阻 R10 以及由监控器控制的开关 JK1 后接于比较器 U2 的 6 脚,型号为 74LS04 的反相器 U3 的 1 脚接于开关 JK1 的进端,反相器 U3 的 2 脚接于开关 JK1 的出端,电阻 R11 一端接于开关 JK1 的进端,另一端接地;由监控器控制的开关 JK2 一端与反相器 U3 的 1 脚以及 3 脚连接,开关 JK2 另一端与反相器 U3 的 4 脚以及比较器 U2 的 8 脚连接。

[0011] 上述充电控制保护电路中还具有工作电源电路:DC/DC 变换器 J3 的正、负输入端分别与直流母线正、负极连接,电容 C3 串接在 DC/DC 变换器 J3 的正、负输出端之间,电解电容 C2 正极接于 DC/DC 变换器 J3 的正输出端,电解电容 C2 负极接地,DC/DC 变换器 J3 的负输出端接地。

[0012] 上述多个高频开关充电模块中有一个为备用高频开关充电模块。

[0013] 上述铁锂电池型号为 FP3291152,高频开关充电模块型号为 HD22020-3,监控器型号为 BMJ-FPC,绝缘监测装置型号为 JYM-2。

[0014] 还具有电池电压采集电路;电池电压采集电路的信号输出端与电阻 R6 的进端连接。

[0015] 上述交流电源与高频开关充电模块之间还连接有第一空开 K1。

[0016] 本变电站直流电源系统由以下部分组成:

[0017] 充电装置部分:监控器(内嵌电池管理系统)、高频开关充电模块、绝缘监测装置、电池采集电路、电池均衡电路、100A 交流空气开关  $K_1$ 、315A 直流空气开关  $K_2$  及相应的电路连接、测试以及 CAN 总线等组成。空气开关  $K_1$  的三个进端分别与多个高频开关充电模块的交流输入端连接,高频开关充电模块的直流正、负输出端通过  $K_2$  分别对应与馈电电压直流母线正、负极相连接。高频开关充电模块通过通讯总线与监控器连接,绝缘监测装置分别采集直流母线正、负极电压并通过各直流输出支路的 CT 进行母线绝缘监测和侦测确定绝缘降低的支路(选线)。电池管理系统(BMS)通过电池采集电路对电池参数的采集、分析,通过

监控器和电池均衡电路进行电池组的充、放电控制、保护与管理；

[0018] 馈电部分：由直流母线和各输出支路组成，直流空气开关  $K_3$  的两个输入端分别与直流母线正、负极相连接，出端连接直流负载。 $K_3$  应该是一组直流空气开关，是按照直流供电负载的容量和数量配置的；

[0019] 电池组部分：由磷酸亚铁锂离子电池及相应的采集、均衡、保护控制等组成。其中 250A 直流空开  $K_4$  在外部短路时保护电池组，250A 自动直流空开  $K_5$  与大功率二极管  $D_2$ （采用两只并联提供可靠性）组成充电控制与保护，使铁锂电池在补充充电和人为强制充电外，不进行长期在线浮充电，同时保证电池组能在需要时不间断的为直流母线通过电源；

[0020] 上述磷酸亚铁锂电池型号为 FP3291152，高频开关充电模块型号为 HD22020-3，监控器型号为 BMJ-FPC，绝缘监测装置 JYM-2，自动直流空开型号为 GW3B。

[0021] 本新型基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统及使用方法，是以磷酸亚铁锂离子电池组、基于 CAN 总线监测系统（监控器、绝缘监测装置、电池管理系统）、高频开关充电模块等组成。电池管理系统（BMS）通过电池采集电路和电池均衡电路对电池状态进行实时分析，通过监控器和充电控制与保护电路对电池进行维护。充电控制与保护电路采用大功率二极管  $D_2$  和自动直流空气开关（ZDB） $K_5$  构成，正常工作时自动直流空气开关（ZDB） $K_5$  处于分闸状态，大功率二极管  $D_2$  处于反向截至状态，阻止高频开关充电模块向电池组浮充电。在电网发生事故造成交流中断后，电池组通过大功率二极管  $D_2$  不间断地向直流负载提供电源。当电池管理系统（BMS）根据电池采集数据分析，在需要时发出电池补充充电指令后，充电控制与保护电路控制自动直流空气开关（ZDB） $K_5$  合闸短接大功率二极管  $D_2$ ，高频开关充电模块通过  $K_5$  向电池组充电，电池均衡电路对各电池充电进行均衡干预。电池补充充电完成后，充电控制与保护电路控制自动直流空气开关（ZDB） $K_5$  分闸，大功率二极管  $D_2$  阻止高频开关充电模块向电池组浮充电，系统恢复正常运行方式。当遇特殊需要，也可通过充电按钮（附图 3 中 H-AN）强制自动直流空气开关（ZDB） $K_5$  合闸进行电池充电。电池充电过程中如遇需要也可通过自动直流空气开关（ZDB） $K_5$  自身的脱扣装置或紧急分闸按钮（附图 3 中 F-AN）强行分闸，中断电池充电。与传统的变电站直流电源系统最大的区别在于增加了电池管理系统（BMS）和电池组不采用在线浮充电运行方式，这也是因为磷酸亚铁锂电池非常不适合浮充电运行方式，多数铁锂电池制造厂明确其产品不能采用长期在线浮充电工作方式。为此本发明人采用了电池管理系统（BMS）与充电控制与保护，实现了非浮充式变电站直流电源系统。

[0022] 本新型为符合铁锂电池充电特性，避免因长期浮充电造成容量衰退和寿命降低，应采用实时采集电池相关参数，并根据需要进行补充充电的非浮充电方式，即正常时充电装置只供经常性负载，根据监测电池组容量补充需要短时进行补充充电，在电网事故造成交流中断期间，由电池组不间断地提供直流电源。

[0023] 本实用新型的有益效果是：变电站直流电源系统被广泛地用作电力工程中输变电设备的保护、控制、通讯、事故照明等事故用电，作为电力、通讯等领域的工作或后备电源，其重要性不言而喻。所以为了保证铅酸蓄电池保持满容量和蓄电池组不脱离直流母线，结合铅酸蓄电池的自放电较大及定期均衡特点，电力系统一直采用在线浮充电的接线和运行方式，但浮充电方式会造成个别电池长期的过充或欠充，必然使电池寿命缩短。而铁锂电池作为新型动力蓄电池，较铅酸蓄电池具有更好的环保性、高容量密度和大电流充放等优点，

现已大量应用于电动车领域,所以非常有必要将其引入电力工程的变电站直流电源系统中,但铁锂电池应用于电力系统必须根据其技术特点改进传统的电池接线和管理方式,改变运行维护制度,才能最大限度发挥铁锂电池的技术优势。

[0024] 本新型改变变电站直流电源系统长期采用铅酸蓄电池及在线浮充电运行方式,根据铁锂电池特点增加了电池管理系统(BMS),并采用了不离线非浮充充电控制与保护方式。由于铁锂电池具备工作温度范围宽、使用寿命长、高倍率放电等诸多优点,结合本新型能最大限度地满足了电力系统事故用电需求,同时能减少使用铅酸蓄电池带来的环境污染问题。

[0025] 本新型完全满足电力行业 DL/T724-2000《电力系统用蓄电池直流电源装置运行与维护技术规程》等技术标准,以改变现有变电站电池组长期在线浮充电运行方式造成的电池容量早期衰退和寿命被降低状况,最大限度地满足变电站保护、控制、事故照明等事故用电。

[0026] 本新型结构紧凑,易于操作,安全性能提高,自动化程度增加,电池数量减少三分之一,系统性价比高,大规模应用能实现较高的经济效益和产生较大的社会效益。

#### 附图说明

[0027] 图 1 是本新型系统的硬件结构框图。

[0028] 图 2 是本新型系统的接线电路图。

[0029] 图 3 是本新型系统的充电控制保护电路图。

#### 具体实施方式

[0030] 参见图 1,基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统由以下结构部分组成,各装置和结构部分之间采用相应的铜质母排线、铜芯电缆及测量、通讯线连接;其输入端与交流电源连接的高频开关充电模块的正、负输出端分别与直流母线正极和直流母线负极连接,铁锂电池组的正、负极通过第四空开 K<sub>4</sub> 分别与与直流母线正、负极连接,直流母线正、负极上并联有多个输出支路,所述高频开关充电模块为多个并联,每个高频开关充电模块通过通讯总线与型号为 BMJ-FPC 的监控器连接;绝缘监测装置通过通讯总线与监控器连接;所述每个输出支路上安装有电流互感器 CT,电流互感器 CT 的信号输出端与绝缘监测装置连接;

[0031] 充电装置部分:基于 CAN 总线监测系统(监控器、绝缘监测装置、电池管理系统)、高频开关充电模块、100A 交流空气开关 K<sub>1</sub>、315A 直流空气开关 K<sub>2</sub> 及相应的电路连接、测试和等组成。空气开关 K<sub>1</sub> 的三个出端分别与多个高频开关充电模块的交流输入端连接(交流电源与高频开关充电模块之间还连接有第一空开 K<sub>1</sub>),高频开关充电模块的直流正、负输出端通过 K<sub>2</sub> 分别对应与馈电电压直流母线正、负极相连接。高频开关充电模块通过通讯总线与监控器连接,绝缘监测装置分别采集直流母线正、负极电压并通过各直流输出支路的 CT 进行母线绝缘监测和确定绝缘降低的支路(选线)。监控器内电池管理系统(BMS)通过电池采集电路和电池均衡电路对电池状态进行实时分析,通过监控器和充电控制与保护电路对电池进行充、放电控制、保护与管理;

[0032] 馈电部分:由直流母线和各输出支路组成,直流空气开关 K<sub>3</sub> 的两个输入端分别与

直流母线正、负极相连接,出端连接直流负载。 $K_3$  是一组系列小型直流空气开关,是按照直流供电负载的容量和数量配置;

[0033] 电池组部分:由磷酸亚铁锂离子电池及相应的电池采集电路、电池均衡电路、充电控制保护电路(图 3)等组成。其中 250A 直流空开  $K_4$  在外部短路时保护电池组,250A 自动直流空开  $K_5$  与大功率二极管  $D_2$  组成充电控制与保护,使铁锂电池在补充充电和人为强制充电外,不进行长期在线浮充电,同时保证电池组能在需要时不间断的为直流母线通过电源。

[0034] 本变电站直流电源系统的工作方式与使用方法:按以下步骤进行:

[0035] a)、将充电装置单元、馈电单元、铁锂电池组单元进行组柜,分别为充电柜、馈电柜和电池柜。单元柜之间通过电缆、铜排、测量和通讯线连接并组屏在一起使用(图 1);

[0036] b)、使用时,由交流输入端接 AC380V 电源,通过 100A 空气开关  $K_1$  合闸送入高频开关充电模块组,高频开关充电模块输出直流到 315A 直流空气开关  $K_2$  进端,直流空气开关  $K_2$  出端正、负极通过电缆接至相应极性的直流母线,电池组经过 250A 直流空气开关  $K_4$  和 250A 自动直流空气开关  $K_5$  (或大功率二极管  $D_2$ ) 以及电缆接至相应极性的直流母线。各支路直流负载通过相应的(如 63A)小型直流空气开关  $K_3$  接至直流母线,各支路同时安装有绝缘监测用 CT,合上相应的支路直流空气开关  $K_3$  即向相应的负载提供电源。正常工作时监控器其内嵌电池管理系统(BMS)采集直流电压、电流和电池状况,并对高频开关充电模块和电池组进行日常测量、监控和维护管理。绝缘监测装置采集直流电压和支路 CT 数据进行系统绝缘状况监测,并可在绝缘降低时发出报警并送至监控器。铁锂电池组完成充电后,正常使用时由于大功率二极管  $D_2$  的反向逆止作用,高频开关充电模块只向经常性负载提供直流电源(图 2),不对电池组进行浮充电;

[0037] c)、当监控器内电池管理系统(BMS)通过电池采集电路检测到电池电压降低或达到设定的补充充电时间时,通过电压比较器  $U_2$  或监控器内接点  $JK_1$  投合 250A 自动直流空气开关  $K_5$  短接大功率二极管  $D_2$ ,高频开关充电模块对电池组进行补充充电,充电完成后监控器内接点  $JK_2$  闭合,使 250A 自动直流空气开关  $K_5$  断开,由于大功率二极管  $D_2$  的反向逆止作用,高频开关充电模块不向电池组充电,只向直流母线(HM+ 和 HM-)经常性负载提供直流电源,电池组处于非浮充的热备用状态(随时可以为负荷供电)。

[0038] 图 3 示出充电控制保护电路:大功率二极管  $D_2$  的正极接于所述铁锂电池组的正极,大功率二极管  $D_2$  的负极接于所述直流母线正极,型号为 GW3B 的第五空开  $K_5$  与大功率二极管  $D_2$  并联,来自监控器输出端的参考电压  $U_A$  串接电阻  $R_3$  后接于型号为 LM339N 的比较器  $U_2$  的 4 脚,电阻  $R_1$  一端接于比较器  $U_2$  的 4 脚,另一端接地,来自铁锂电池的端电压  $U_B$  (电池电压)串接电阻  $R_6$  后接于比较器  $U_2$  的 5 脚,电阻  $R_7$  一端接于比较器  $U_2$  的 5 脚,另一端接地,比较器  $U_2$  的 1 脚串接电阻  $R_4$  后接于三极管  $T_1$  基极,比较器  $U_2$  的 2 脚接二极管  $D_5$  正极,二极管  $D_5$  负极接比较器  $U_2$  的 1 脚,三极管  $T_1$  发射极接地,三极管  $T_1$  集电极顺次串接合闸继电器  $JDQ$ 、电阻  $R_2$  后接于比较器  $U_2$  的 1 脚,二极管  $D_3$  正极接三极管  $T_1$  集电极,二极管  $D_3$  负极接合闸继电器  $JDQ$  与电阻  $R_2$  的结点,第五空开  $K_5$  的合闸线圈  $QH$  和合闸继电器  $JDQ$  的常开接点  $JDQ_1$  串接在分合闸操作电源回路中,比较器  $U_2$  的 14 脚串接电阻  $R_9$  后接于三极管  $T_2$  基极,三极管  $T_2$  发射极接地,三极管集电极顺次串接分闸继电器  $ZJDQ$ 、电阻  $R_8$  后接于比较器  $U_2$  的 14 脚,二极管  $D_4$  正极接于三极管  $T_2$  集电极,二极管  $D_4$  负极接于分闸继电器  $ZJDQ$  与电阻  $R_8$  的结点,分闸继电器  $ZJDQ$  的常开接点  $ZJDQ_1$  和第五空开  $K_5$  的分



闸线圈 QF 串接在分合闸操作电源回路中。充电控制保护电路中还具有声光报警电路：电铃 B1 串接在三极管 T1 集电极与 VCC 之间，发光二极管 D1 正极接于 VCC，发光二极管 D1 负极接于三极管 T1 集电极。还具有充电按钮 H-AN；充电按钮 H-AN 与合闸继电器 JDQ 的常开接点 JDQ1 并联。还具有紧急分闸按钮 F-AN；紧急分闸按钮 F-AN 与分闸继电器 ZJDQ 的常开接点 ZJDQ1 并联。充电控制保护电路中，还具有补充充电电路：VCC 顺次串接电阻 R10 以及由监控器控制的开关 JK1 后接于比较器 U2 的 6 脚，型号为 74LS04 的反相器 U3 的 1 脚接于开关 JK1 的进端，反相器 U3 的 2 脚接于开关 JK1 的出端，电阻 R11 一端接于开关 JK1 的进端，另一端接地；由监控器控制的开关 JK2 一端与反相器 U3 的 1 脚以及 3 脚连接，开关 JK2 另一端与反相器 U3 的 4 脚以及比较器 U2 的 8 脚连接。充电控制保护电路中还具有工作电源电路：DC/DC 变换器 J3 的正、负输入端分别与直流母线正、负极连接，电容 C3 串接在 DC/DC 变换器 J3 的正、负输出端之间，电解电容 C2 正极接于 DC/DC 变换器 J3 的正输出端，电解电容 C2 负极接地，DC/DC 变换器 J3 的负输出端接地。参见图 2、图 3，还具有电池电压采集电路；电池电压采集电路的信号输出端与电阻 R6 的进端连接。

[0039] 放电控制与保护的电路工作原理：(见附图 3)

[0040] ①正常时直流电源系统高频开关充电模块(CDJ)  $J_1$  通过直流空开  $K_2$  向直流母线(HM+ 和 HM-) 提供直流电源，250A 自动直流空气开关  $K_5$  处于分闸状态，由于大功率二极管  $D_2$  的反向逆止作用，高频开关充电模块不向电池组(BAT) 充电。

[0041] 由于电池组(BAT)  $U_1$  电池电压( $U_B$ ) 高于监控器内嵌的电池管理系统(BMS) 设置的参考电压( $U_A$ )，此时  $U_B > U_A$ 。 $U_B$ 、 $U_A$  经分压器送入比较器  $U_2$ ，因  $U_B > U_A$ ，即比较器(LM339n)  $U_2$  输入电平  $IN - 1 > IN + 1$ ，比较器  $U_2$  输出( $OUT_1$ ) 低电平，三极管(9013)  $T_1$  处于截止工作状态， $B_1$  (BELL) 和  $D_1$  (LED) 回路未导通，继电器(JDQ) 不上电，其 JDQ1 常开接点不闭合，自动直流空气开关  $K_5$  处于分闸状态，大功率二极管  $D_2$  起反向逆止作用。

[0042] ②当电池组(BAT)  $U_1$  电池电压( $U_B$ ) 等于及低于监控器内嵌的电池管理系统(BMS) 设置的参考电压( $U_A$ ) 时，即  $U_B \leq U_A$ ，表明电池组需要补充充电，此时比较器  $U_2$  输入电平  $IN - 1 \leq IN + 1$ ，输出( $OUT_1$ ) 高电平，三极管( $T_1$ ) 处于放大工作状态，继电器(JDQ) 上电，其 JDQ1 常开接点闭合，使 250A 自动直流空气开关(ZDB)  $K_5$  合闸线圈(QH) 上电(ZDB<sub>1</sub>) 合闸，大功率二极管( $D_2$ ) 被短接，高频开关充电模块向电池组进行充电。同时通过  $B_1$  (BELL) 和  $D_1$  (LED) 发出声、光提示。

[0043] ③当电池组(BAT) 补充充电完成后，监控器内嵌的电池管理系统(BMS) 通过监控器的接点  $JK_2$  闭合，使反向器  $U_3$  的 3、4 脚被短接， $IN + 3$  由低电平转为高电平，使比较器  $U_2$  输入电平  $IN - 3 < IN + 3$ ，输出( $OUT_2$ ) 保持高电平，三极管( $T_2$ ) 处于放大工作状态，继电器(ZJDQ) 上电，其 ZJDQ1 常开接点闭合，使 250A 自动直流空气开关(ZDB)  $K_5$  分闸线圈(QF) 上电(ZDB<sub>1</sub>) 分闸，大功率二极管  $D_2$  起反向逆止作用，BMS 恢复参考电压( $U_A$ ) 为设置值。由于高频开关充电模块被大功率二极管  $D_2$  隔断，整个直流电源系统恢复到①的正常工作状态，也即高频开关充电模块不再向电池组充电，只向直流母线(HM+ 和 HM-) 提供电源，电池组处于非浮充的热备用状态(随时可以为直流负荷供电)。

[0044] ④监控器内嵌的电池管理系统(BMS) 设置的补充充电时间达到时，电池管理系统(BMS) 通过监控器的接点  $JK_1$  闭合，使反向器  $U_3$  的 1、2 脚被短接， $IN + 2$  由低电平转为高电平，比较器  $U_2$  输入电平  $IN - 2 < IN + 2$ ，输出( $OUT_1$ ) 高电平，250A 自动直流空气开关(ZDB)

$K_5$  合闸,大功率二极管( $D_2$ )被短接后,高频开关充电模块向电池组进行充电。同时通过  $B_1$  (BELL)和  $D_1$  (LED)发出声、光提示。电池组补充充电完成后,电池管理系统(BMS)按③的步骤进行。

[0045] ⑤当需要人工手动控制充电,可通过充电按钮(H-AN)接点闭合,使250A自动直流空气开关(ZDB)  $K_5$ 合闸线圈(QH)上电( $ZDB_1$ )合闸,大功率二极管( $D_2$ )被短接,高频开关充电模块向电池组进行充电。当需要人工手动控制中断充电时,可通过自动直流空气开关(ZDB)  $K_5$ 自身的脱扣装置强行分闸,或通过紧急分闸按钮(F-AN)接点闭合,使250A自动直流空气开关(ZDB)  $K_5$ 合闸线圈(QF)上电( $ZDB_1$ )分闸,中断电池充电。

[0046] ⑥充电控制保护电路的工作电源取至直流母线,分别接于直流母线正、负极(HM+和HM-),通过DC/DC电源  $J_3$ 提供, $C_2$ 、 $C_3$ 为电源滤波电容。

[0047] 监控器采用液晶汉字显示,内嵌电池管理系统(BMS),采用CAN总线方式,进行电池组的数据采集、电池均衡、充电控制及系统各个部分的参数设置,设有电池过欠压和充电过流等告警功能。

[0048] 采用额定电流20A多个高频开关充电模块并联(其中有一个为备用高频开关充电模块),为 $N+1$ 冗余备份,模块具备自主均流,模块间输出电流最大不平衡度小于3%。高频开关充电模块可以带电热插拔,具备充电保护功能和间歇式充电方式。

[0049] 电池组配置200Ah磷酸亚铁锂电池。

[0050] 平时接入交流电源,监控器内嵌电池管理系统(BMS)采用CAN总线方式与各功能单元通讯,实现电池数据的采集和判断,通过充电控制保护电路对铁锂电池组进行补充充电,使电池组时刻处于满容量的备用状态。绝缘监测装置采用CAN总线方式与监控器通讯,分别对正、负直流母线电压与绝缘状况进行监测,当直流母线发生绝缘接地故障时,绝缘监测装置自动进行支路巡检,采用低频注入方式,通过各CT进行支路接地故障侦测(接地选线)。蓄电池组按0.5~1倍率(0.5~ $1C_{10}$ )进行充电,放电后电池容量恢复时间短,按 $1C_{10}$ 充电1小时即可将电池充满容量。

[0051] 本系统的主要功能与技术指标:

[0052] 主要功能:提供一种基于铁锂电池的非浮充式变电站直流电源系统,旨在避免铁锂电池组因长期浮充电造成的容量衰退和寿命降低,通过电池管理系统(BMS)与放电控制与保护电路结合,实现铁锂电池组在非在线浮充方式下热备用(随时可以负荷供电)和自动补充电,满足变电站保护、控制、事故照明等事故用电需要的前提下,延长了设备使用寿命周期,提高了设备性价比。

[0053] 铁锂电池非浮充式直流电源系统技术指标:

[0054] 系统容量:200Ah;

[0055] 交流输入电压:380V;

[0056] 交流输入电流:100A;

[0057] 直流输出电流:300A;

[0058] 充电电压:242-252V;

[0059] 充电电流:100A-200A(0.5- $1C_{10}$ )

[0060] 电压稳定度:0.5%;

[0061] 纹波系数:0.5%

- [0062] 电流稳定精度 :1% ;
- [0063] 电池电压巡检精度 :0.2% ;
- [0064] 绝缘监测支路数 :32 ~ 768 路 ;
- [0065] 电池数量 :70 只 / 组 ;
- [0066] 监测管理 :基于 CAN 总线的 BMS ;
- [0067] 系统保护 :交流输入保护、直流输出保护。
- [0068] 铁锂电池额定电压 :3.2V/ 单体 ;
- [0069] 铁锂电池充电电压 :3.6V/ 单体 (20℃) ;
- [0070] 铁锂电池放电终止电压 :2.55V/ 单体 ;
- [0071] 铁锂电池自放电量 :静置 28 天 <3% (20℃) ;
- [0072] 铁锂电池循环寿命 :1500 次。
- [0073] 主要装置与设备的参数 :
- [0074] 磷酸亚铁锂电池 :型号 FP3291152, 哈尔滨光宇集团 ;
- [0075] 高频开关整流模块 :型号 HD22020-3, 艾默生电源公司 ;
- [0076] 监控器 ( 内置 BMS ) :型号 BMJ-FPC, 哈尔滨光宇电源公司 ;
- [0077] 绝缘监测装置 :型号 JYM-2, 艾默生电源公司 ;
- [0078] 交流空开 (K<sub>1</sub>) :型号 GM100M, 北京人民电器厂 ;
- [0079] 自动直流空开 (K<sub>4</sub>) :型号 GW3B, 北京人民电器厂 ;
- [0080] 直流空开 (K<sub>2</sub>、K<sub>3</sub>) :型号 GM400 或 GM100, 北京人民电器厂 ;
- [0081] 逆止用大功率二极管 :MDK2-300A/600V ;
- [0082] 分流器 (图 2 中的 FL) :200A/75mV, 0.5 级。

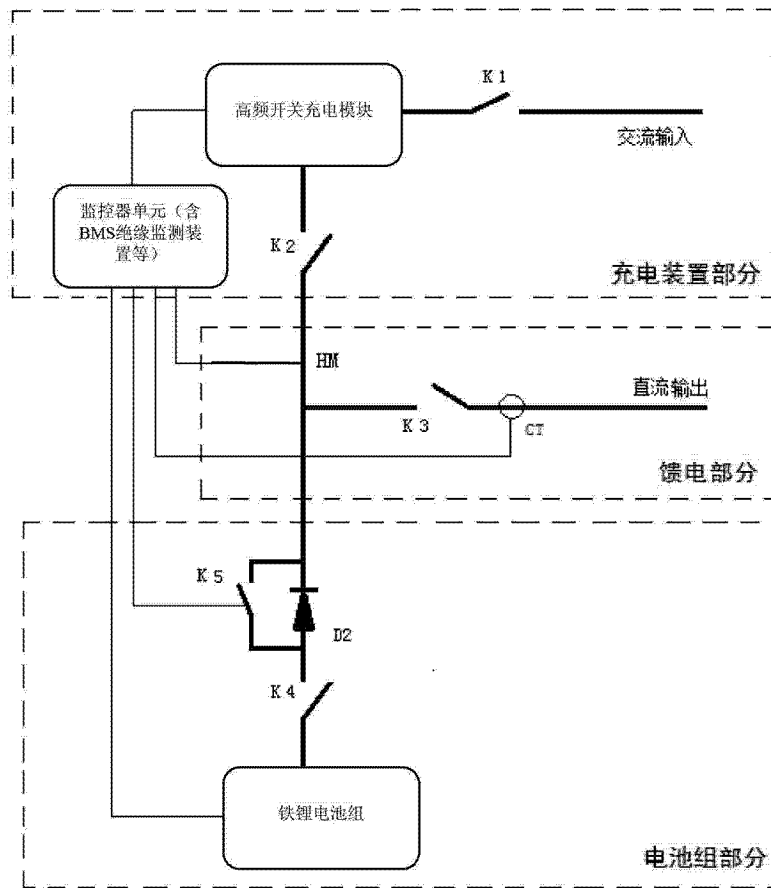


图 1

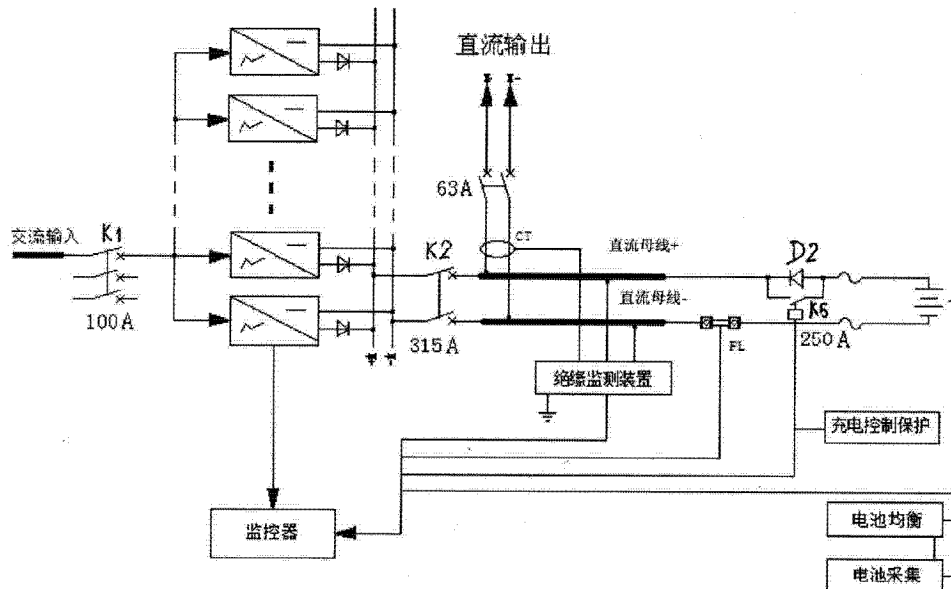


图 2

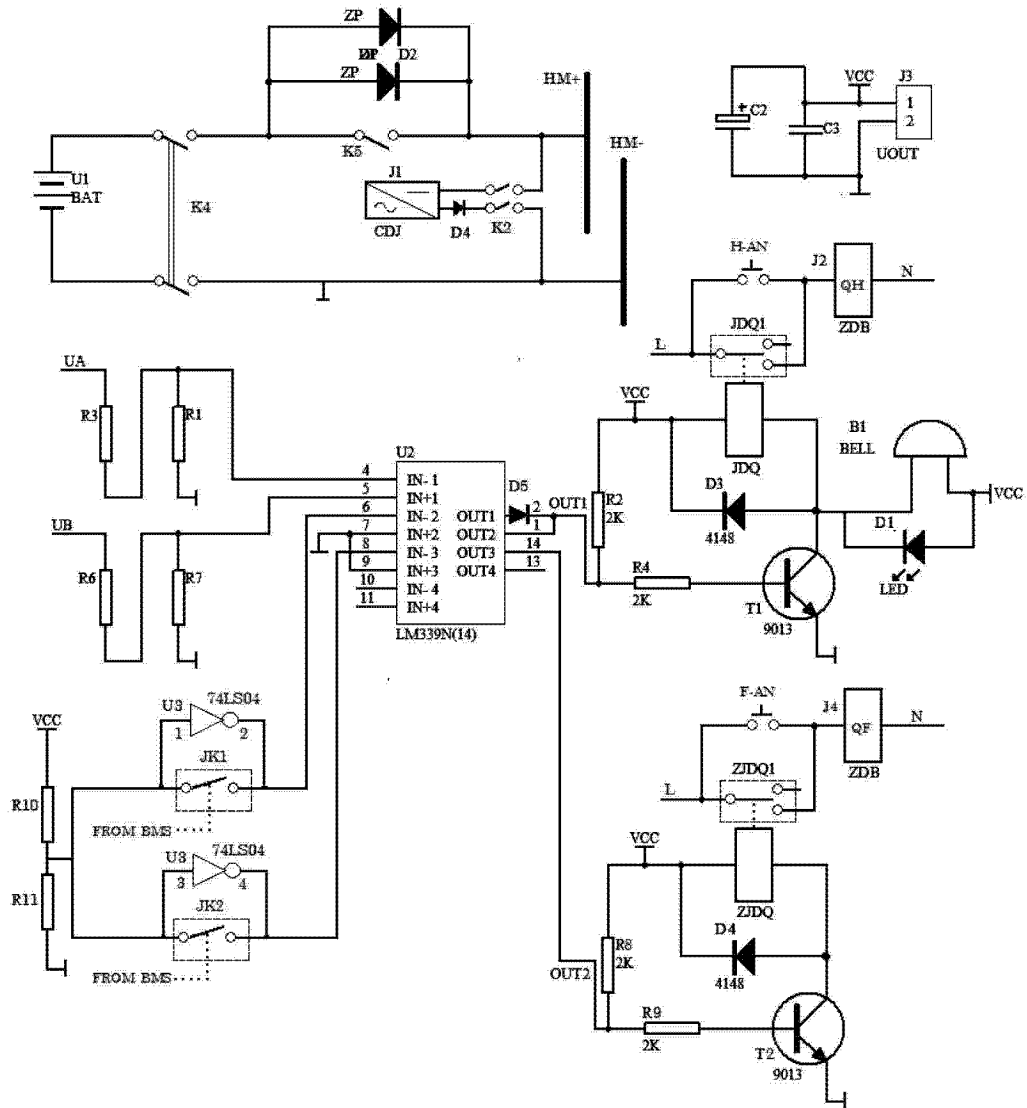


图 3