



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117477510 B

(45) 授权公告日 2024. 03. 12

(21) 申请号 202311801093.3

G01R 19/165 (2006.01)

(22) 申请日 2023.12.26

B60L 3/00 (2019.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 117477510 A

(56) 对比文件

CN 116780879 A, 2023.09.19

CN 102723909 A, 2012.10.10

CN 115296591 A, 2022.11.04

CN 211127569 U, 2020.07.28

KR 20030095621 A, 2003.12.24

US 2022311355 A1, 2022.09.29

WO 2022262893 A1, 2022.12.22

US 2023318444 A1, 2023.10.05

(43) 申请公布日 2024.01.30

(73) 专利权人 武汉船舶职业技术学院

地址 430000 湖北省武汉市月湖街铁桥南村2号

(72) 发明人 吕中辉 樊晓昕 卢闪闪 杨君

(74) 专利代理机构 湖北文景知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 42323

专利代理师 陈洁

审查员 方超

(51) Int. Cl.

H02H 9/04 (2006.01)

H02H 1/00 (2006.01)

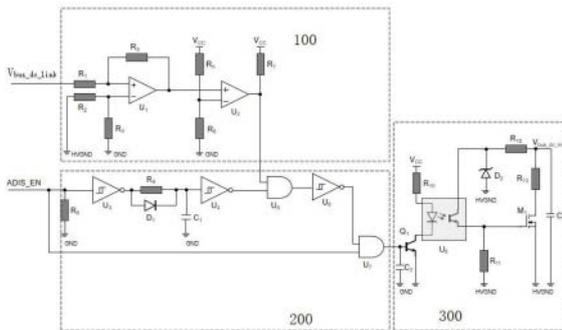
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种用于电动汽车的主动放电电路及硬件保护方法

(57) 摘要

本发明涉及电动汽车技术领域,具体公开了一种用于电动汽车的主动放电电路及硬件保护方法,该放电电路包括母线电压检测与比较电路、硬件放电逻辑延时控制电路以及硬件放电执行电路;本发明通过硬件放电执行电路模块进行自主放电,通过母线电压检测与比较电路对母线电压的实时值与电压比较阈值进行比较,当放电持续时长超过预设时长且母线电压的实时值小于电压比较阈值时,继续进行放电,当母线电压的实时值大于电压比较阈值时,判断母线电压的实时值是否小于预设值,若是,继续进行放电,否则,通过硬件放电逻辑延时控制电路关断主动放电功能,从而降低了硬件设计成本,提高了系统的可靠性。



1. 一种用于电动汽车的主动放电电路,其特征在于,包括母线电压检测与比较电路、硬件放电逻辑延时控制电路以及硬件放电执行电路,其中:

所述母线电压检测与比较电路,用于检测母线电压,所述母线电压为内置于电动汽车中的直流母线电源电压;还用于设置电压比较阈值,将所述母线电压与所述电压比较阈值进行比较,当母线电压高于电压比较阈值时,输出置高信号,当母线电压低于电压比较阈值时,输出置低信号;

所述母线电压检测与比较电路包括非隔离高压差分采样电路和电压比较电路,其中,所述的非隔离高压差分采样电路包括对称电阻分压网络和运算放大器U1,所述对称电阻分压网络包括与所述运算放大器U1连接的电阻R1、电阻R2、电阻R3和电阻R4;所述电压比较电路包括电阻R5、电阻R6、电阻R7和比较器U2,所述电阻R5、电阻R6、电阻R7和比较器U2连接;

所述硬件放电逻辑延时控制电路,用于在母线电压检测与比较电路输出置高信号时关断自主放电,所述硬件放电逻辑延时控制电路包括电阻R8、反相器U3、延时电路、逻辑与门U5、反相器U6以及逻辑与门U7;

所述反相器U3的输入端与微控制器连接,用于接收微控制器输出信号,反相器U3的输出端与延时电路连接;所述电阻R8的一端接地,电阻R8的另一端与反相器U3的输入端连接,电阻R8为反相器U3输入下拉;所述延时电路包括电阻R9、二极管D1、电容C1和反相器U4,所述电阻R9的一端与反相器U3的输出端连接,电阻R9的另一端与反相器U4的输入端连接,所述二极管D1与所述电阻R9并联,二极管D1的正极与反相器U3的输出端连接,二极管D1的负极与反相器U4的输入端连接;所述电容C1的一端接地,电容C1的另一端与反相器U4的输入端连接;所述反相器U4的输出端与逻辑与门U5的一个输入端连接,逻辑与门U5的另一个输入端与比较器U2的输出端连接,逻辑与门U5的输出端与反相器U6的输入端连接;所述逻辑与门U7的一个输入端与反相器U6的输出端连接,逻辑与门U7的另一个输出端与微控制器连接;

所述硬件放电执行电路,用于在母线电压检测与比较电路输出置低信号时进行自主放电,所述硬件放电执行电路包括主动放电低压侧驱动电路、隔离光耦U8和主动放电高压侧执行电路。

2. 根据权利要求1所述的用于电动汽车的主动放电电路,其特征在于,所述电阻R1的一端与直流母线电源连接,电阻R1的另一端与运算放大器U1的正极输入端连接;所述电阻R2的一端接地,电阻R2的另一端与运算放大器U1的负极输入端连接;所述电阻R3的一端与运算放大器U1的正极输入端连接,电阻R3的另一端与运算放大器U1的输出端连接。

3. 根据权利要求2所述的用于电动汽车的主动放电电路,其特征在于,所述电阻R5的一端与供电电源连接,电阻R5的另一端与比较器U2的负极输入端连接;所述电阻R6的一端接地,电阻R6的另一端与比较器U2的负极输入端连接;所述比较器U2的正极输入端与运算放大器U1的输出端连接,比较器U2的输出端与电阻R7的一端连接,电阻R7的另一端与供电电源连接,其中,电阻R5和电阻R6用于设置电压比较阈值,电阻R7为上拉电阻。

4. 根据权利要求1所述的用于电动汽车的主动放电电路,其特征在于,所述主动放电低压侧驱动电路包括电阻R10、三极管Q1和电容C2,所述三极管Q1的基极与逻辑与门U7的输出端连接,三极管Q1的集电极与隔离光耦U8连接,三极管Q1的发射极接地;所述电容C2的一端接地,电容C2的另一端与三极管Q1的基极连接;所述电阻R10的一端与供电电源连接,电阻

R10的另一端与隔离光耦U8连接。

5. 根据权利要求4所述的用于电动汽车的主动放电电路,其特征在于,所述主动放电高压侧执行电路包括电阻R11、电阻R12、电阻R13、稳压二极管D2和功率MOS管M1,所述功率MOS管M1的栅极与隔离光耦U8连接,功率MOS管M1的源极接地,功率MOS管M1的漏极与电阻R13的一端连接,电阻R13的另一端与电阻R12的一端以及电容C3的一端连接,所述电阻R12的另一端与隔离光耦U8连接,所述电容C3的另一端接地;所述电阻R11的一端接地,电阻R11的另一端与隔离光耦U8连接;所述稳压二极管D2的正极接地,稳压二极管D2的负极与隔离光耦U8连接。

6. 一种基于权利要求1-5任一所述的用于电动汽车的主动放电电路的硬件保护方法,其特征在于,包括以下步骤:

S101、当获取得到外界释放的主动放电命令时,将微控制器的输出信号置高,硬件放电执行电路模块开始放电,母线电压检测与比较电路对母线电压的实时值与电压比较阈值进行比较,得到比较结果;

S102、放电计时,当放电持续时长超过预设时长且母线电压的实时值小于电压比较阈值时,继续进行放电,当母线电压的实时值大于电压比较阈值时,进行步骤S103;

S103、判断母线电压的实时值是否小于预设值,若是,继续进行放电,否则,硬件放电逻辑延时控制电路关断主动放电。

一种用于电动汽车的主动放电电路及硬件保护方法

技术领域

[0001] 本发明具体涉及电动汽车技术领域,具体是一种用于电动汽车的主动放电电路及硬件保护方法。

背景技术

[0002] 在当前国内乘用车市场上电动汽车已经占据主流,从电动汽车动力电池工作电压平台来看,主要分为400V和800V电压系统;无论是为了满足功能安全需求还是高压用电安规需求,具备硬件主动放电功能对于电动汽车主驱电机控制器的硬性要求;根据法规要求,母线电压需要在3s内泄放到安全电压60V以下。

[0003] 对于主动放电功能的实现方案,当前市场主要有以下几种形式:

[0004] 1、通过电机绕组实现母线电压泄放;

[0005] 2、通过逆变器主功率拓扑实现主动泄放;

[0006] 3、通过独立的硬件主动放电电路实现主动泄放。

[0007] 当电动汽车主驱电机控制器进入安全状态时,需要同时执行电机主动短路和主动放电功能时,第一、二种不能同时满足该工况下的需求,必须选择第三种独立的硬件放电电路设计;选用功率电阻构造硬件主动放电功能电路是常见的设计形式。

[0008] 常见功率电阻主动放电设计方案中,功率电阻的选型设计考虑以下两种场景下的应用需求;第一种场景是当动力电池与主驱电机控制器连接正常断开时,打开主动放电功能然后功率电阻热消耗掉母线电容存储的能量,如图1所示,主驱电机控制器母线电容的两端电压将在3s内被泄放,放电能量为 $E_1 = \frac{C_{dc_link_bus} V_{dc_link_bus}^2}{2}$, 平均放电功率为

$P_1 = \frac{V_{dc_link_bus}^2}{6R_{discharge}}$; 第二种场景是当动力电池与主驱电机控制器连接未正常断开(如主继电器粘连)时,打开主动放电功能然后功率电阻恒功率持续工作3s,如图2所示,母线电压会一直维持在近似最高动力电池电压水平状态,在持续放电3s时间段内,功率电阻消耗的放电能量 $E_2 = 3C_{dc_link_bus} V_{dc_link_bus}^2$, 平均放电功率为 $P_2 = \frac{V_{dc_link_bus}^2}{R_{discharge}}$; 对比可看出, E_2 是 E_1 的6倍关系, P_2 是 P_1 的6倍关系; 常规设计方案中所选功率电阻的电气性能必须满足两种场景中最高需求,即其所能承受放电能量冲击不能小于 E_2 , 放电功率不能小于 P_2 ; 显然,为了兼顾第二场景应用需求,实际所选功率电阻的电气性能远远高于第一场景的应用需求,这将会增加硬件设计成本和设计难度。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种用于电动汽车的主动放电电路及硬件保护方法,以解决上述背景技术中提出的问题。

[0010] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0011] 一种用于电动汽车的主动放电电路,包括母线电压检测与比较电路、硬件放电逻辑延时控制电路以及硬件放电执行电路,其中:

[0012] 所述母线电压检测与比较电路,用于检测母线电压,所述母线电压为内置于电动汽车中的直流母线电源电压;还用于设置电压比较阈值,将所述母线电压与所述电压比较阈值进行比较,当母线电压高于电压比较阈值时,输出置高信号,当母线电压低于电压比较阈值时,输出置低信号;

[0013] 所述母线电压检测与比较电路包括非隔离高压差分采样电路和电压比较电路,其中,所述的非隔离高压差分采样电路包括对称电阻分压网络和运算放大器U1,所述对称电阻分压网络包括与所述运算放大器U1连接的电阻R1、电阻R2、电阻R3和电阻R4;所述电压比较电路包括电阻R5、电阻R6、电阻R7和比较器U2,所述电阻R5、电阻R6、电阻R7和比较器U2连接;

[0014] 所述硬件放电逻辑延时控制电路,用于在母线电压检测与比较电路输出置高信号时关断自主放电,所述硬件放电逻辑延时控制电路200包括电阻R8、反相器U3、延时电路、逻辑与门U5、反相器U6以及逻辑与门U7;

[0015] 所述硬件放电执行电路,用于在母线电压检测与比较电路输出置低信号时进行自主放电,所述硬件放电执行电路包括主动放电低压侧驱动电路、隔离光耦U8和主动放电高压侧执行电路。

[0016] 作为本发明进一步的方案:所述电阻R1的一端与直流母线电源连接,电阻R1的另一端与运算放大器U1的正极输入端连接;所述电阻R2的一端接地,电阻R2的另一端与运算放大器U1的负极输入端连接;所述电阻R3的一端与运算放大器U1的正极输入端连接,电阻R3的另一端与运算放大器U1的输出端连接。

[0017] 作为本发明再进一步的方案:所述电阻R5的一端与供电电源连接,电阻R5的另一端与比较器U2的负极输入端连接;所述电阻R6的一端接地,电阻R6的另一端与比较器U2的负极输入端连接;所述比较器U2的正极输入端与运算放大器U1的输出端连接,比较器U2的输出端与电阻R7的一端连接,电阻R7的另一端与供电电源连接,其中,电阻R5和电阻R6用于设置电压比较阈值,电阻R7为上拉电阻。

[0018] 作为本发明再进一步的方案:所述反相器U3的输入端与微控制器连接,用于接收微控制器输出信号,反相器U3的输出端与延时电路连接;所述电阻R8的一端接地,电阻R8的另一端与反相器U3的输入端连接,电阻R8为反相器U3输入下拉。

[0019] 作为本发明再进一步的方案:所述延时电路包括电阻R9、二极管D1、电容C1和反相器U4,所述电阻R9的一端与反相器U3的输出端连接,电阻R9的另一端与反相器U4的输入端连接,所述二极管D1与所述电阻R9并联,二极管D1的正极与反相器U3的输出端连接,二极管D1的负极与反相器U4的输入端连接;所述电容C1的一端接地,电容C1的另一端与反相器U4的输入端连接。

[0020] 作为本发明再进一步的方案:所述反相器U4的输出端与逻辑与门U5的一个输入端连接,逻辑与门U5的另一个输入端与比较器U2的输出端连接,逻辑与门U5的输出端与反相器U6的输入端连接;所述逻辑与门U7的一个输入端与反相器U6的输出端连接,逻辑与门U7的另一个输出端与微控制器连接。

[0021] 作为本发明再进一步的方案:所述主动放电低压侧驱动电路包括电阻R10、三极管

Q1和电容C2,所述三极管Q1的基极与逻辑与门U7的输出端连接,三极管Q1的集电极与隔离光耦U8连接,三极管Q1的发射极接地;所述电容C2的一端接地,电容C2的另一端与三极管Q1的基极连接;所述电阻R10的一端与供电电源连接,电阻R10的另一端与隔离光耦U8连接。

[0022] 作为本发明再进一步的方案:所述主动放电高压侧执行电路包括电阻R11、电阻R12、电阻R13、稳压二极管D2和功率MOS管M1,所述功率MOS管M1的栅极与隔离光耦U8连接,功率MOS管M1的源极接地,功率MOS管M1的漏极与电阻R13的一端连接,电阻R13的另一端与电阻R12的一端以及电容C3的一端连接,所述电阻R12的另一端与隔离光耦U8连接,所述电容C3的另一端接地;所述电阻R11的一端接地,电阻R11的另一端与隔离光耦U8连接;所述稳压二极管D2的正极接地,稳压二极管D2的负极与隔离光耦U8连接。

[0023] 一种用于电动汽车的主动放电电路的硬件保护方法,包括以下步骤:

[0024] S101、当获取得到外界释放的主动放电命令时,将微控制器的输出信号置高,硬件放电执行电路模块开始放电,母线电压检测与比较电路对母线电压的实时值与电压比较阈值进行比较,得到比较结果;

[0025] S102、放电计时,当放电持续时长超过预设时长且母线电压的实时值小于电压比较阈值时,继续进行放电,当母线电压的实时值大于电压比较阈值时,进行步骤S103;

[0026] S103、判断母线电压的实时值是否小于预设值,若是,继续进行放电,否则,硬件放电逻辑延时控制电路关断主动放电。

[0027] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:本发明通过硬件放电执行电路模块进行自主放电,通过母线电压检测与比较电路对母线电压的实时值与电压比较阈值进行比较,当放电持续时长超过预设时长且母线电压的实时值小于电压比较阈值时,继续进行放电,当母线电压的实时值大于电压比较阈值时,判断母线电压的实时值是否小于预设值,若是,继续进行放电,否则,通过硬件放电逻辑延时控制电路关断主动放电功能,从而降低了硬件设计成本,提高了系统的可靠性。

附图说明

[0028] 图1为电阻放电模式场景1下的工作状态的示意图。

[0029] 图2为电阻放电模式场景2下的工作状态的示意图。

[0030] 图3为用于电动汽车的主动放电电路的电路图。

[0031] 图4为用于电动汽车的主动放电电路的硬件保护方法的流程图。

具体实施方式

[0032] 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。

[0033] 请参阅图3,本发明实施例中,一种用于电动汽车的主动放电电路,包括母线电压检测与比较电路100、硬件放电逻辑延时控制电路200以及硬件放电执行电路300,其中:

[0034] 所述母线电压检测与比较电路100,用于检测母线电压 $V_{bus_dc_link}$,所述母线电

压 $V_{bus_dc_link}$ 为内置于电动汽车中的直流母线电源电压；还用于设置电压比较阈值 $V_{threshold}$ ，将所述母线电压 $V_{bus_dc_link}$ 与所述电压比较阈值 $V_{threshold}$ 进行比较，当母线电压 $V_{bus_dc_link}$ 高于电压比较阈值 $V_{threshold}$ 时，输出置高信号，当母线电压 $V_{bus_dc_link}$ 低于电压比较阈值 $V_{threshold}$ 时，输出置低信号；

[0035] 所述硬件放电逻辑延时控制电路200，用于在母线电压检测与比较电路100输出置高信号时关断自主放电；

[0036] 所述硬件放电执行电路300，用于在母线电压检测与比较电路100输出置低信号时进行自主放电。

[0037] 具体的，在本申请实施例中，所述母线电压检测与比较电路100包括非隔离高压差分采样电路和电压比较电路，其中，所述的非隔离高压差分采样电路包括对称电阻分压网络和运算放大器U1，所述对称电阻分压网络包括与所述运算放大器U1连接的电阻R1、电阻R2、电阻R3和电阻R4，其中，所述电阻R1的一端与直流母线电源连接，电阻R1的另一端与运算放大器U1的正极输入端连接；所述电阻R2的一端接地，电阻R2的另一端与运算放大器U1的负极输入端连接；所述电阻R3的一端与运算放大器U1的正极输入端连接，电阻R3的另一端与运算放大器U1的输出端连接，电阻R1、电阻R2、电阻R3和电阻R4分别组成对称的电阻分压网络，将高压母线电压线性缩小得到合理的调理采样信号。

[0038] 所述电压比较电路包括电阻R5、电阻R6、电阻R7和比较器U2，所述电阻R5、电阻R6、电阻R7和比较器U2连接，其中，所述电阻R5的一端与供电电源 V_{cc} 连接，电阻R5的另一端与比较器U2的负极输入端连接；所述电阻R6的一端接地，电阻R6的另一端与比较器U2的负极输入端连接；所述比较器U2的正极输入端与运算放大器U1的输出端连接，比较器U2的输出端与电阻R7的一端连接，电阻R7的另一端与供电电源 V_{cc} 连接，其中，电阻R5和电阻R6用于设置电压比较阈值 $V_{threshold}$ ，电阻R7为上拉电阻，当前置差分采样获取的母线电压 $V_{bus_dc_link}$ 高于电压比较阈值 $V_{threshold}$ ，比较器U2输出置高，反之，U2输出置低。

[0039] 具体的，在本申请的一些实施例中，所述硬件放电逻辑延时控制电路200包括电阻R8、反相器U3、延时电路、逻辑与门U5、反相器U6以及逻辑与门U7，其中，所述反相器U3的输入端与微控制器连接，用于接收微控制器输出信号ADIS_EN，反相器U3的输出端与延时电路连接；所述电阻R8的一端接地，电阻R8的另一端与反相器U3的输入端连接，电阻R8为反相器U3输入下拉，反相器U3输入受微控制器输出信号ADIS_EN控制，当ADIS_EN为高电平状态时，表示主动放电功能使能；反之，表示主动放电功能禁止，本实施例中，上电初始化后，ADIS_EN默认为低电平。

[0040] 进一步的，在本申请中，所述延时电路包括电阻R9、二极管D1、电容C1和反相器U4，所述电阻R9的一端与反相器U3的输出端连接，电阻R9的另一端与反相器U4的输入端连接，所述二极管D1与所述电阻R9并联，二极管D1的正极与反相器U3的输出端连接，二极管D1的

负极与反相器U4的输入端连接；所述电容C1的一端接地，电容C1的另一端与反相器U4的输入端连接，反相器U3输出置高时，二极管D1正向导通，并对C1快速充电，反相器U3输出置低时，电容C1通过电阻R9慢速放电，实现延时功能；

[0041] 进一步的，在本申请实施例中，所述反相器U4的输出端与逻辑与门U5的一个输入端连接，逻辑与门U5的另一个输入端与比较器U2的输出端连接，逻辑与门U5的输出端与反相器U6的输入端连接；所述逻辑与门U7的一个输入端与反相器U6的输出端连接，逻辑与门U7的另一个输出端与微控制器连接，用于接收微控制器输出信号ADIS_EN，反相器U4的输出和前置比较器U2的输出通过逻辑与门U5进行逻辑与组合，反相器U6对逻辑与门U5输出反向，反相器U6输出和微控制器输出信号ADIS_EN通过U7进行逻辑与，组合得到硬件放电执行电路300的控制输入。

[0042] 所述硬件放电执行电路300包括主动放电低压侧驱动电路、隔离光耦U8和主动放电高压侧执行电路，其中：

[0043] 所述主动放电低压侧驱动电路包括电阻R10、三极管Q1和电容C2，所述三极管Q1的基极与逻辑与门U7的输出端连接，三极管Q1的集电极与隔离光耦U8连接，三极管Q1的发射极接地；所述电容C2的一端接地，电容C2的另一端与三极管Q1的基极连接；所述电阻R10的一端与供电电源 V_{cc} 连接，电阻R10的另一端与隔离光耦U8连接，隔离光耦U8用于主动放电高低压间隔驱动控制。

[0044] 进一步的，在本申请中，所述主动放电高压侧执行电路包括电阻R11、电阻R12、电阻R13、稳压二极管D2和功率MOS管M1，所述功率MOS管M1的栅极与隔离光耦U8连接，功率MOS管M1的源极接地，功率MOS管M1的漏极与电阻R13的一端连接，电阻R13的另一端与电阻R12的一端以及电容C3的一端连接，所述电阻R12的另一端与隔离光耦U8连接，所述电容C3的另一端接地；所述电阻R11的一端接地，电阻R11的另一端与隔离光耦U8连接；所述稳压二极管D2的正极接地，稳压二极管D2的负极与隔离光耦U8连接，需要说明的是，本实施例中，电阻R12作为限流和分压电阻，稳压二极管D2通过电阻R12限流后输出稳定电压，例如12V；电阻R11为门级下拉电阻，功率MOS管M1工作为主动放电开关管，电阻R13为主动放电功率电阻，电阻R13通过发热消耗电容C3存储的能量。

[0045] 请参阅图4，本发明还公开了一种基于上述电动汽车的主动放电电路的硬件保护方法，该硬件保护方法，包括以下步骤：

[0046] S101、当获取得到外界释放的主动放电命令时，将微控制器的输出信号置高，硬件放电执行电路模块300开始放电，母线电压检测与比较电路100对母线电压 $V_{bus_dc_link}$ 的实时值与电压比较阈值 $V_{threshold}$ 进行比较，得到比较结果；

[0047] S102、放电计时，当放电持续时长超过预设时长（例如500ms）且母线电压 $V_{bus_dc_link}$ 的实时值小于电压比较阈值 $V_{threshold}$ 时，继续进行放电，当母线电压 $V_{bus_dc_link}$ 的实时值大于电压比较阈值 $V_{threshold}$ 时，进行步骤S103；

[0048] S103、判断母线电压 $V_{bus_dc_link}$ 的实时值是否小于预设值（本实施例中，该预设

值为300V),若是,继续进行放电,否则,硬件放电逻辑延时控制电路300进行主动放电功能自主关断。

[0049] 综上所述,本发明通过硬件放电执行电路模块进行自主放电,通过母线电压检测与比较电路对母线电压的实时值与电压比较阈值进行比较,当放电持续时长超过预设时长且母线电压的实时值小于电压比较阈值时,继续进行放电,当母线电压的实时值大于电压比较阈值时,判断母线电压的实时值是否小于预设值,若是,继续进行放电,否则,通过硬件放电逻辑延时控制电路关断主动放电功能,从而降低了硬件设计成本,提高了系统的可靠性。

[0050] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明;因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内;不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0051] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

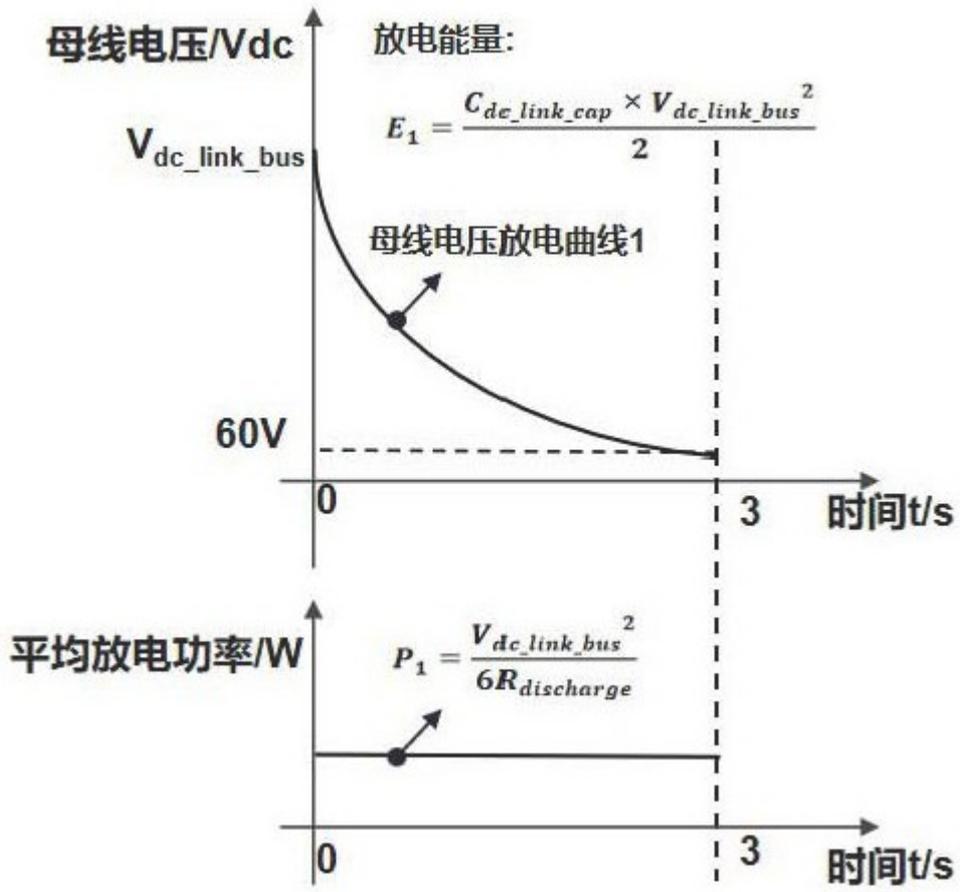


图 1

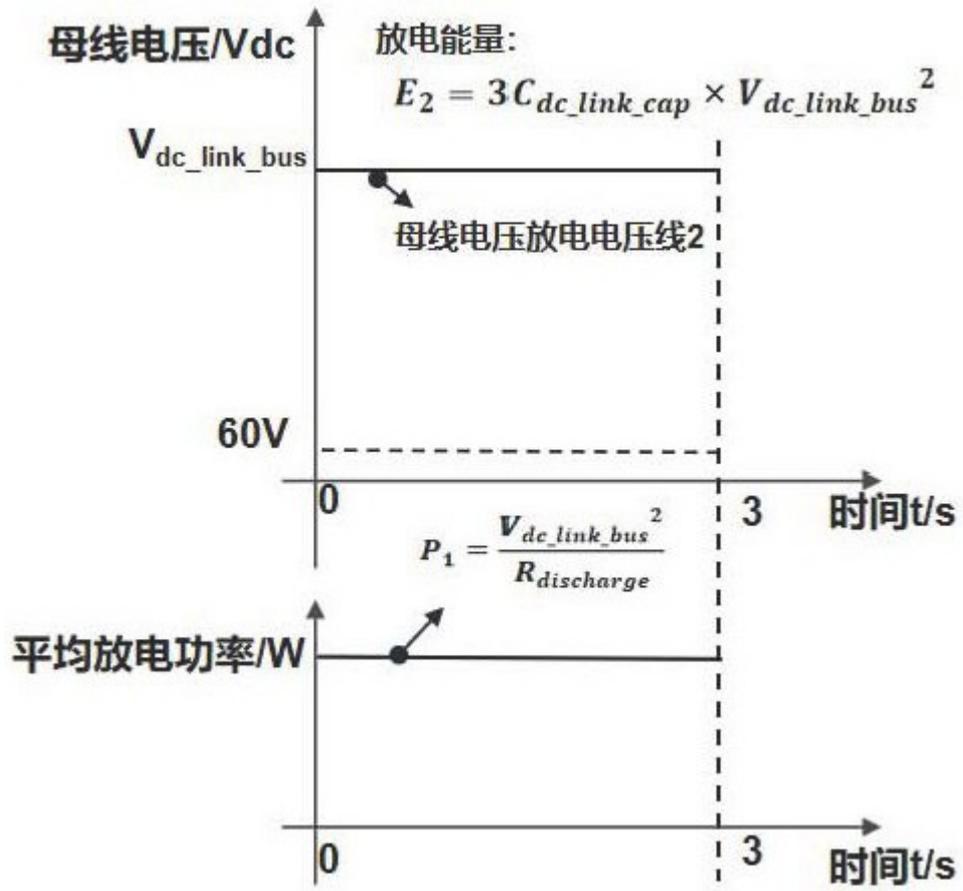


图 2

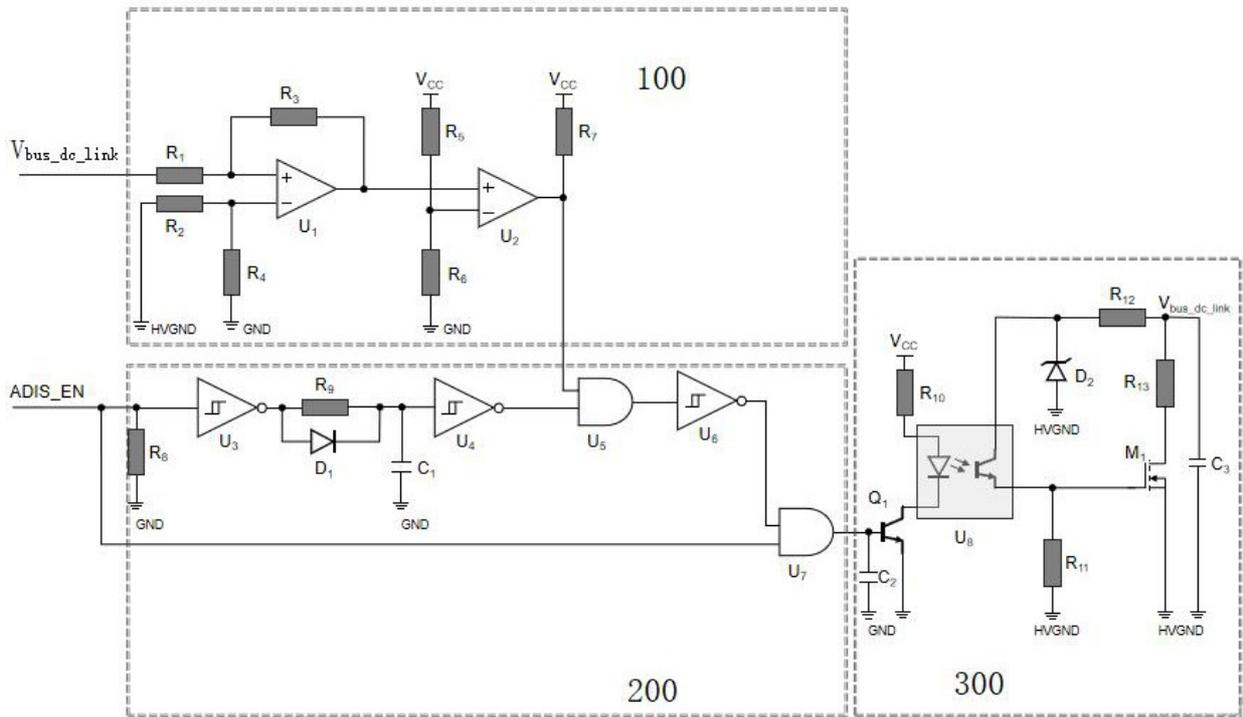


图 3

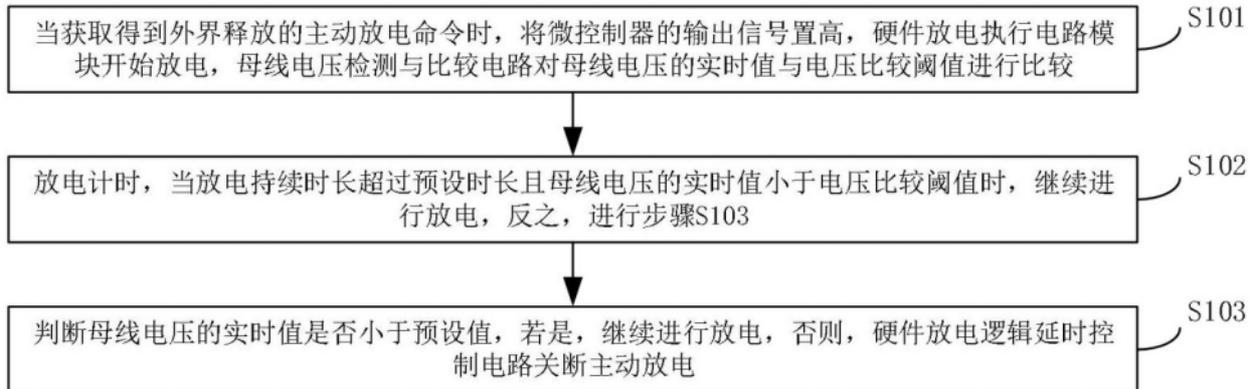


图 4