



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112993957 B

(45) 授权公告日 2023.05.09

(21) 申请号 202110294488.3

(22) 申请日 2021.03.19

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112993957 A

(43) 申请公布日 2021.06.18

(73) 专利权人 中国电子科技集团公司第二十九
研究所

地址 610036 四川省成都市金牛区营康西
路496号

(72) 发明人 白雷 王斌 张莉 王海龙
张志伟 张斐 余俊宏 刘晓庆
黄君涛 冯刚

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理
有限公司 51214
专利代理师 贾年龙

(56) 对比文件

CN 105471242 A, 2016.04.06

CN 108574263 A, 2018.09.25

CN 204992556 U, 2016.01.20

US 2006034030 A1, 2006.02.16

US 6614633 B1, 2003.09.02

邱燕等. 一种机载电源浪涌电流抑制电路的
设计与分析. 航空电子技术. 2020, 第51卷(第2
期), 60-64.

Zheng Chen等. Low-Noise Switched-
Capacitor Power Converter With Adaptive
On-Chip Surge Suppression and Preemptive
Timing Control. 《IEEE TRANSACTIONS ON
POWER ELECTRONICS》. 2013, 第28卷(第11期),
5174-5182.

审查员 李桐

(51) Int. Cl.

H02H 9/02 (2006.01)

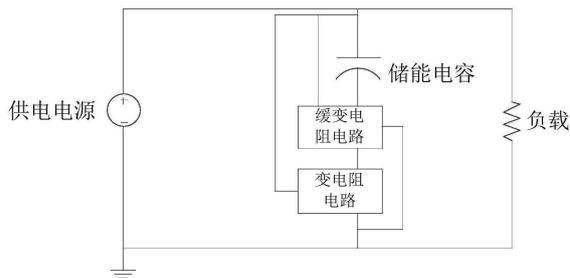
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种抑制大容量电容上电浪涌电流的电路
及方法

(57) 摘要

本发明提供了一种抑制大容量电容上电浪涌电流的电路, 包括供电电源、储能电容、缓变电阻电路及变电阻电路, 供电电源为负载供电; 变电阻电路与缓变电阻电路、储能电容连接后作为整体与负载并联连接, 通过缓变电阻电路与变电阻电路中的定值功率电阻控制电容充电电流, 抑制电容充电浪涌电流。本发明采用缓变电阻与变电阻电路对电容充电浪涌电流进行抑制, 电阻电路与负载电流解耦, 电阻电路的电流小, 热耗相应减小; 相较于传统的电阻浪涌抑制电路, 启动瞬时电路回路中阻值大, 启动电流小, 且在相同启动时间情况下可减小变电阻电路的阻值, 从而减小开关闭合时的冲击电流与定值电阻热耗。



1. 一种抑制大容量电容上电浪涌电流的电路,其特征在于,包括供电电源、储能电容、缓变电阻电路及变电阻电路,供电电源为负载供电;变电阻电路与缓变电阻电路、储能电容连接后作为整体与负载并联连接,通过缓变电阻电路与变电阻电路中的定值功率电阻控制电容充电电流,抑制电容充电浪涌电流;

所述缓变电阻电路包括电阻R1、电阻R3、稳压管D1、稳压管D2、电容C1及MOS管Q1,所述电阻R1第一端连接至储能电容正极,第二端连接分别连接至电阻R3第一端、变电阻电路,电阻R3第二端分别连接至稳压管D1负极、电容C1的第一端、稳压管D2负极以及MOS管Q1栅极,稳压管D1正极与电容C1的第二端连接后接至变阻电路,稳压管D2正极与MOS管Q1源极连接后接至变阻电路,MOS管Q1漏极接至储能电容负极;

所述变电阻电路包括电阻R2、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电容C2、电容C3、稳压管D4、二极管D5、稳压管D6、MOS管Q2、稳压管D3及三极管Q3;所述电阻R2第一端分别与电阻R1第二端、电容C2第一端及电阻R4第一端连接,电阻R2第二端分别与电容C2第二端、稳压管D1正极、电容C1第二端、稳压管D4正极、电容C3第二端、MOS管Q2源极、三极管Q3发射极、电阻R6第二端、稳压管D6正极及供电电源连接,电阻R4第二端与稳压管D3负极相连;稳压管D3的正极与稳压管D4的负极、电容C3第一端、三极管Q3集电极、MOS管Q2栅极连接,三极管Q3基极连接电阻R5第一端,电阻R5第二端连接至二极管D5负极,二极管D5正极分别与MOS管Q2漏极、电阻R6第一端、稳压管D6负极及MOS管Q1漏极连接。

2. 根据权利要求1所述的抑制大容量电容上电浪涌电流的电路,其特征在于,所述电阻R4与电容C3组成第一延时网络,电阻R3与电容C1组成第二延时网络,所述第一延时网络延时时间高于第二延时网络的延时时间。

3. 一种基于权利要求2所述抑制大容量电容上电浪涌电流的电路的方法,其特征在于,包括:供电电源上电时,第二延时网络使得MOS管Q1缓慢通过线性区后打开MOS管Q1,从而使充电电流缓慢变大;电阻R6的电压随电流增加后使得三极管Q3打开,将MOS管Q2驱动电压箝位至零电压;当储能电容接近充满后充电电流减小,电阻R6上电压减小使得三极管Q3关闭,从而打开MOS管Q2短路电阻R6,完成电容充电启动过程。

4. 根据权利要求3所述的抑制大容量电容上电浪涌电流的电路的方法,其特征在于,在上电时,MOS管Q2打开时间慢于MOS管Q1。

一种抑制大容量电容上电浪涌电流的电路及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子技术领域,尤其涉及一种抑制大容量电容上电浪涌电流的电路及方法。

背景技术

[0002] 脉动功率负载会导致电源输入电压电流跳变,跳变电流中的谐波进入发电机将会引起发电机的震荡问题,最终导致发电机不稳定。为减小脉动功率变化导致的输入电压电流跳动,通常会在电源的输入与输出端加入大容量储能电容;脉动功率被大容量电容平滑后,在电源的输入端仅需提供平均功率即可,最终达到减小发电机的震荡提高稳定性的目的。

[0003] 电源输入端的大容量储能电容在上电过程中将导致很大的充电浪涌电流,该浪涌电流将对发电机造成冲击,严重时可能发生过功率保护。目前现有方法一般是在输入回路中串联限流电阻电路,如图1所示;图中的限流电阻电路可为热敏电阻,也可为功率电阻并联控制开关的形式,还可以采用功率MOS管缓慢通过线性区然后再饱和导通的方法。采用热敏电阻会在电路中引入损耗;在多次重复启动情况下,热敏电阻温度高阻值低,浪涌电流限制效果差。采用功率电阻与开关并联的电路,启动时开关断开仅通过电阻对电容进行充电,充电完成后闭合开关将功率电阻短路;功率电阻并联开关电路稳态损耗减小,电路几乎不受高低温影响,但是开关闭合瞬间仍可能存在冲击电流。功率MOS管缓慢通过线性区然后再饱和导通的方法,MOS管的线性区与驱动电压相关,限流等效电阻将随驱动电压变化,充电时间难以控制。

[0004] 图1所示方法中由于负载电流在启动时也会经过电阻电路,导致电阻上的热量大,电路体积大。为解决该问题,也有学者提出将限流电阻电路与大容量储能电容进行串联的方法,如图2所示,但是该方法中限流电阻的阻值小时仍会存在上电冲击电流;为减小启动冲击电流则需要大阻值的限流电阻,这又将导致限流电阻短路时存在较大电流冲击。因此现有技术限制大容量电容充电浪涌电流均存在应用局限。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的问题,提供了一种由储能电容、缓变电阻电路以及变电阻电路组成的电路抑制大容量电容充电浪涌电流,通过缓变电阻电路与变电阻电路中的定值功率电阻进行充电;缓变电阻电路由功率MOS管的线性区实现,起始时MOS管处于关断状态,缓变电阻无穷大,通过控制功率MOS管的驱动电压使得MOS的电阻缓慢变小从而实现充电电流的缓慢增加,而变电阻电路中的定值功率电阻则可防止缓变电阻失效后产生较大浪涌电流,同时定值功率电阻还可对启动电流进行限制,使得缓变电阻电路中的MOS管热耗可控;当缓变电阻电路中的功率MOS管完全导通后,变电阻电路中的MOS管将功率电阻短路,以减小损耗,该电路可实现电容充电电流与负载电流解耦,从而减小两电阻电路上的电流与热耗。

[0006] 本发明采用的技术方案如下：一种抑制大容量电容上电浪涌电流的电路，包括供电电源、储能电容、缓变电阻电路及变电阻电路，供电电源为负载供电；变电阻电路与缓变电阻电路、储能电容连接后作为整体与负载并联连接，通过缓变电阻电路与变电阻电路中的定值功率电阻控制电容充电电流，抑制电容充电浪涌电流。

[0007] 进一步的，所述缓变电阻电路包括电阻R1、电阻R3、稳压管D1、稳压管D2、电容C1及MOS管Q1，所述电阻R1第一端连接至储能电容正极，第二端连接分别连接至电阻R3第一端、变电阻电路，电阻R3第二端分别连接至稳压管D1负极、电容C1的第一端、稳压管D2负极以及MOS管Q1栅极，稳压管D1正极与电容C1的第二端连接后接至变阻电路，稳压管D2正极与MOS管Q1源极连接后接至变阻电路，MOS管Q1漏极接至储能电容负极。

[0008] 进一步的，所述变电阻电路包括电阻R2、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电容C2、电容C3、稳压管D4、二极管D5、稳压管D6、MOS管Q2、稳压管D3及三极管Q3；所述电阻R2第一端分别与电阻R1第二端、电容C2第一端及电阻R4第一端连接，电阻R2第二端分别与电容C2第二端、稳压管D1正极、电容C1第二端、稳压管D4正极、电容C3第二端、MOS管Q2源极、三极管Q3发射极、电阻R6第二端、稳压管D6正极及供电电源连接，电阻R4第二端与稳压管D3负极相连；稳压管D3的正极与稳压管D4的负极、电容C3第一端、三极管Q3集电极、MOS管Q2栅极连接，三极管Q3基极连接电阻R5第一端，电阻R5第二端连接至二极管D5负极，二极管D5正极分别与MOS管Q2漏极、电阻R6第一端、稳压管D6负极及MOS管Q1漏极连接。

[0009] 进一步的，所述的抑制大容量电容上电浪涌电流的电路，其特征在于，所述电阻R4与电容C3组成第一延时网络，电阻R3与电容C1组成第二延时网络，所述第一延时网络延时时间高于第二延时网络的延时时间。

[0010] 本发明还提供了一种基于上述抑制大容量电容上电浪涌电流的电路的方法，包括：供电电源上电时，第二延时网络使得MOS管Q1缓慢通过线性区后打开MOS管Q1，从而使充电电流缓慢变大；电阻R6的电压随电流增加后使得三极管Q3打开，将MOS管Q2驱动电压箝位至零电压；当储能电容接近充满后充电电流减小，电阻R6上电压减小使得三极管Q3关闭，从而打开MOS管Q2短路电阻R6，完成电容充电启动过程。

[0011] 进一步的，在上电时，MOS管Q2打开时间慢于MOS管Q1。

[0012] 与现有技术相比，采用上述技术方案的有益效果为：采用缓变电阻电路与变电阻电路对电容充电浪涌电流进行抑制，本发明中的电阻电路与负载电流解耦，电阻电路的电流小，热耗相应减小；相较于传统的电阻浪涌抑制电路，启动瞬时电路回路中阻值大，启动电流小，且在相同启动时间情况下可减小变电阻电路的阻值，从而减小开关闭合时的冲击电流。

附图说明

[0013] 图1为现有技术中输入回线串联型充电浪涌电流抑制电路示意图。

[0014] 图2为现有技术中电容串联型充电浪涌电流抑制电路示意图。

[0015] 图3为本发明提出的大容量电容上电浪涌电流抑制电路示意图。

[0016] 图4为本发明提出的大容量电容上电浪涌电流抑制电路原理图。

[0017] 图5为本发明一实施例中抑制电路仿真波形图。

[0018] 图6为现有技术中电容串联型充电浪涌电流抑制电路原理图。

[0019] 图7为现有技术电容串联型充电浪涌电流抑制电路仿真波形图。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本发明做进一步描述。

[0021] 如图3所示,本发明提出一种抑制大容量电容上电浪涌电流的电路,包括供电电源、储能电容、缓变电阻电路及变电阻电路,供电电源为负载供电;变电阻电路与缓变电阻电路、储能电容连接后作为整体与负载并联连接,通过缓变电阻电路与变电阻电路中的定值功率电阻控制电容充电电流,抑制电容充电浪涌电流。

[0022] 如图4所示,所述缓变电阻电路包括电阻R1、电阻R3、稳压管D1、稳压管D2、电容C1及MOS管Q1,所述电阻R1第一端连接至储能电容正极,第二端连接分别连接至电阻R3第一端、变电阻电路,电阻R3第二端分别连接至稳压管D1负极、电容C1的第一端、稳压管D2负极以及MOS管Q1栅极,稳压管D1正极与电容C1的第二端连接后接至变阻电路,稳压管D2正极与MOS管Q1源极连接后接至变阻电路,MOS管Q1漏极接至储能电容负极。

[0023] 所述变电阻电路包括电阻R2、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电容C2、电容C3、稳压管D4、二极管D5、稳压管D6、MOS管Q2、稳压管D3及三极管Q3;所述电阻R2第一端分别与电阻R1第二端、电容C2第一端及电阻R4第一端连接,电阻R2第二端分别与电容C2第二端、稳压管D1正极、电容C1第二端、稳压管D4正极、电容C3第二端、MOS管Q2源极、三极管Q3发射极、电阻R6第二端、稳压管D6正极及供电电源连接,电阻R4第二端与稳压管D3负极相连;稳压管D3的正极与稳压管D4的负极、电容C3第一端、三极管Q3集电极、MOS管Q2栅极连接,三极管Q3基极连接电阻R5第一端,电阻R5第二端连接至二极管D5负极,二极管D5正极分别与MOS管Q2漏极、电阻R6第一端、稳压管D6负极及MOS管Q1漏极连接。在一个优选实施例中,所述变电阻电路还包括稳压管D3,电阻R4连接稳压管D3负极后通过稳压管D3正极与稳压管D4负极、电容C3第一端、三极管Q3集电极、MOS管Q2栅极连接。

[0024] 所述电阻R4与电容C3组成第一延时网络,电阻R3与电容C1组成第二延时网络,所述第一延时网络延时时间高于第二延时网络延时时间。

[0025] 本发明还提供了一种基于上述抑制大容量电容上电浪涌电流的电路的方法,包括:供电电源上电时,变阻电路中的R3与C1组成延时网络使得开关管Q1的缓慢通过线性区后打开Q1,从而使充电电流缓慢变大,稳压管D2保护Q1门级不超过最大驱动电压;变阻电路中的R4与C3组成延时网络时间延时时间低于R3与C1组成延时网络,从而使得开关管Q2的开通慢于Q1;当R6上的电压随电流增加后使得三极管Q3的导通,将Q2驱动电压箝位至零电压,从而保证Q2启动初始阶段为关闭状态;稳压管D3可防止Q1上电瞬间Q3未导通状态下降低Q2的驱动电压,保证上电瞬间Q2为关闭状态;当储能电容电压接近充满后充电电流减小,R6上的电压减小使得Q3关闭,从而打开Q2短路R6,减小电容支路电阻,完成电容充电启动过程。

[0026] 实施例1

[0027] 在本实施例中,进行以下参数设计:

[0028] 1) 电源电压270V,储能电容 C_{in} 为500 μ F,负载阻抗为10 Ω 。

[0029] 2) $R_1=520k\Omega$, $R_2=36k\Omega$, $R_3=10k\Omega$, $R_4=36k\Omega$, $R_5=10k\Omega$, $R_6=10\Omega$ 。

[0030] 3) $C_1=100nF$, $C_2=10\mu F$, $C_3=4.7\mu F$ 。

[0031] 4) 稳压管D₁、D₂、D₄、D₆击穿电压为12V,稳压管D₃击穿电压为5V。

[0032] 根据上述参数建立仿真模型,设置电源电压在1s时由0V变为额定电压270V,得到仿真波形如图5所示。图中缓变电阻由大变小,缓变电阻上的电压也缓慢减小至0;储能电容 C_{in} 两端电压469ms由0V充电至输入电压270V,完成充电;储能电容 C_{in} 的充电电流缓慢增加,从而使得电源电流基本仅与负载电流相关;测得定值功率电阻 R_6 上电流峰值为430mA,启动过程有效值为0.15A,由此可得电阻启动功耗为0.225W;在开关管 Q_2 闭合时,储能电容电流无冲击,电源电流仅变化0.43A。

[0033] 相对于图6所示无缓变电阻电路的充电浪涌电流抑制电路,在相同负载,相同电容以及470ms左右充电时间情况下,图6所示电路参数如下:

[0034] 1) $R_1=200k\Omega$, $R_2=43k\Omega$, $R_3=100k\Omega$, $R_4=320\Omega$ 。

[0035] 2) $C_2=4.7\mu F$ 。

[0036] 3) 稳压管 D_1 击穿电压20V,稳压管 D_2 击穿电压12V。

[0037] 由图6搭建无缓变电阻电路仿真模型,同样设置电源电压在1s时由0V变为额定电压270V,在近似相等启动时间470ms时得到的图5中需求的定值功率电阻 R_4 为320 Ω ,仿真波形见图7所示。由于无缓变电阻电路,因此缓变电阻电压始终保持为0;储能电容 C_{in} 两端电压473ms由0V充电至输入电压270V,完成充电;储能电容 C_{in} 的充电电流急剧增加后减小;测得定值功率电阻 R_4 上电电流峰值为817mA,启动过程有效值为0.35A,由此可得电阻启动功耗为39.2W;在开关管 Q_2 闭合时,储能电容电流出现冲击电流3.23A,导致电源电流相应突变3.23A。

[0038] 由上述仿真验证可知,图3与图4所示的本发明实例相对无缓变电阻电路的方法,功率电阻由320 Ω 减小为10 Ω ,定值功率电阻上的功耗由39.2W减小至0.225W,同时将定值电阻上电的峰值电流减小47%,且在短路定值电阻瞬间无冲击电流出现。因此,所提方法启动电流小;且在相同启动时间情况下可减小变电阻电路的阻值,从而减小开关闭合时的冲击电流;定值功率电阻阻值与热耗均减小。

[0039] 本发明并不局限于前述的具体实施方式。本发明扩展到任何在本说明书中披露的新特征或任何新的组合,以及披露的任一新的方法或过程的步骤或任何新的组合。如果本领域技术人员,在不脱离本发明的精神所做的非实质性改变或改进,都应该属于本发明权利要求保护的范围。

[0040] 本说明书中公开的所有特征,或公开的所有方法或过程中的步骤,除了互相排斥的特征和/或步骤以外,均可以以任何方式组合。

[0041] 本说明书中公开的任一特征,除非特别叙述,均可被其他等效或具有类似目的的替代特征加以替换。即,除非特别叙述,每个特征只是一系列等效或类似特征中的一个例子而已。

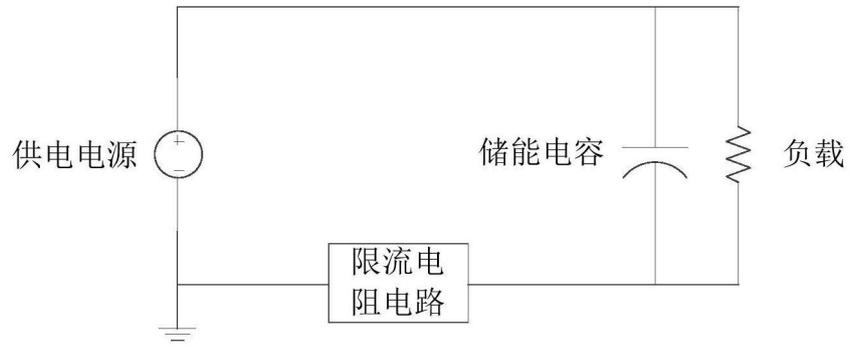


图1

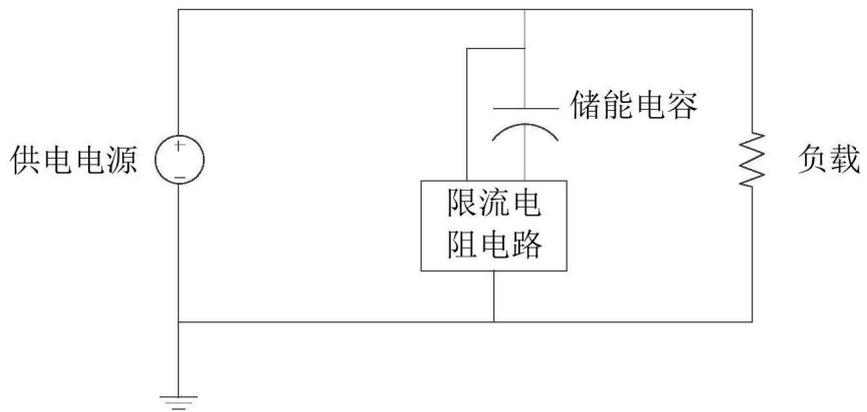


图2

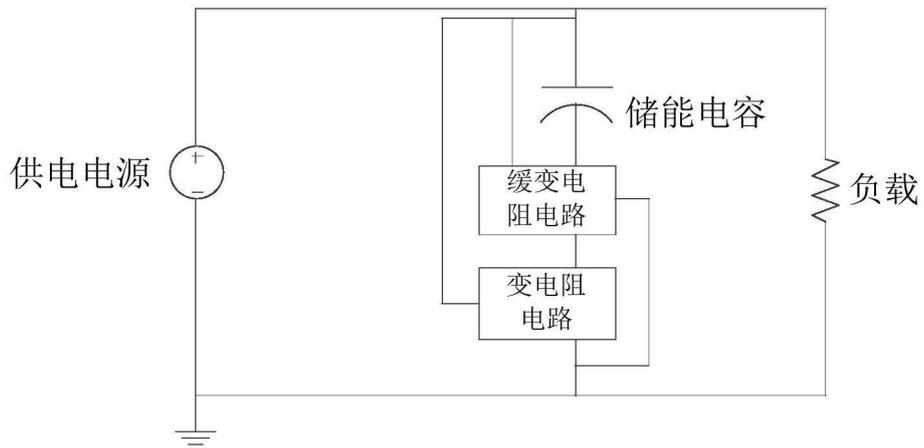


图3

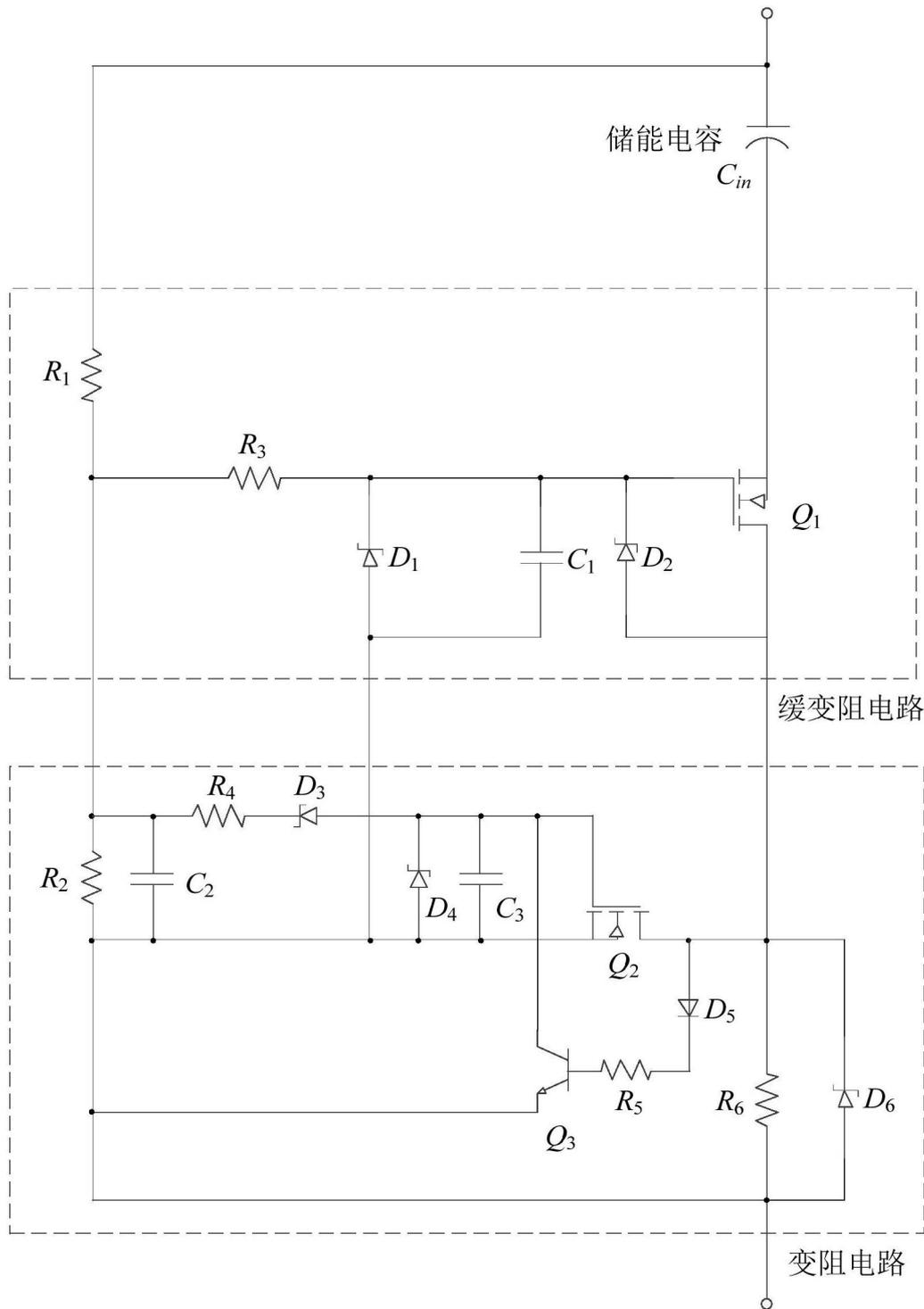


图4

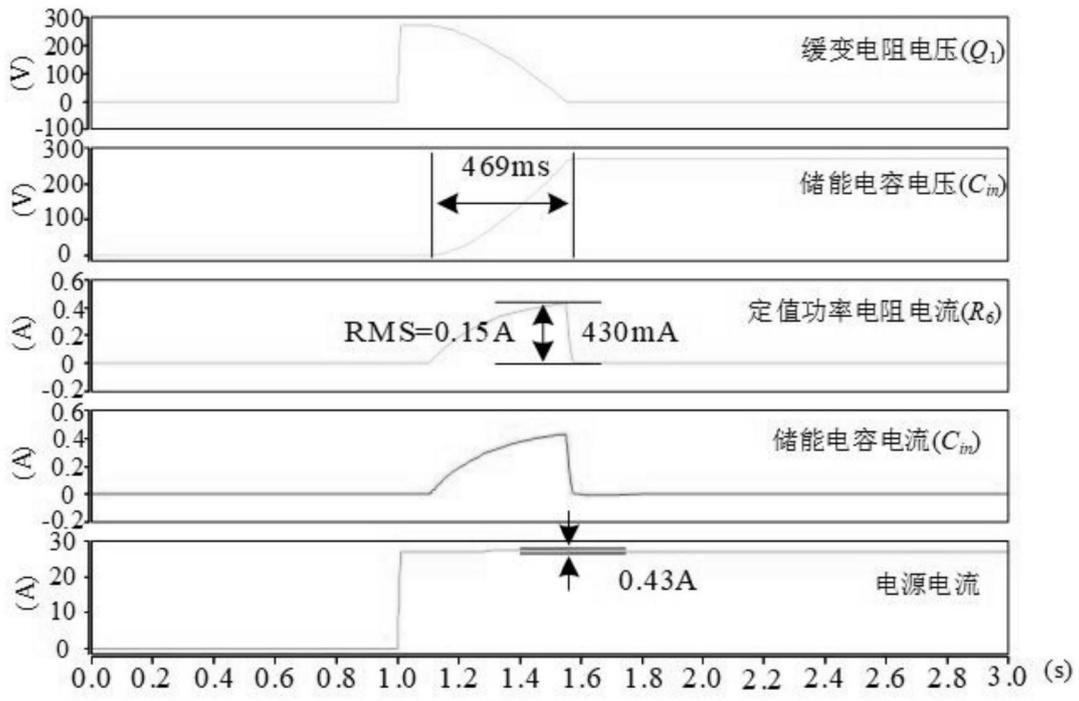


图5

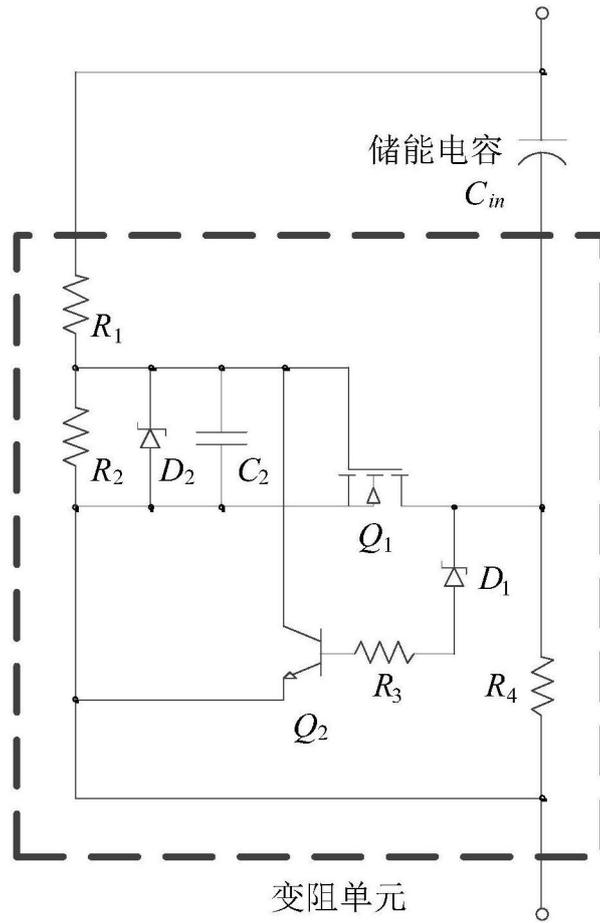


图6

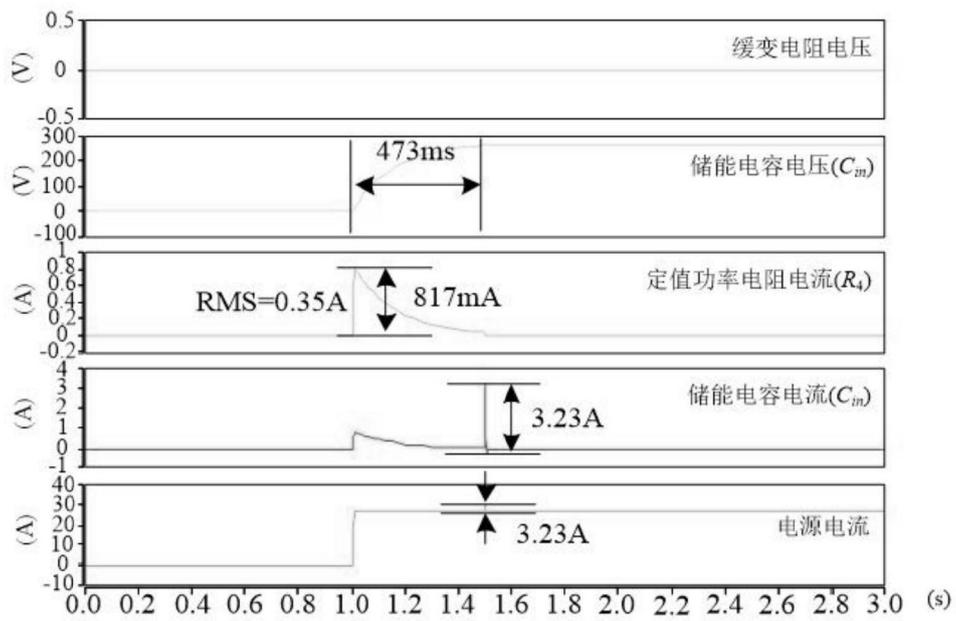


图7