



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105991004 B

(45)授权公告日 2019.06.11

(21)申请号 201510049603.5

(22)申请日 2015.01.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105991004 A

(43)申请公布日 2016.10.05

(73)专利权人 台达电子工业股份有限公司

地址 中国台湾桃园县

(72)发明人 徐立智 冯维一 张伟强 吴洪洋

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司

72003

代理人 李昕巍 赵根喜

(51)Int.Cl.

H02M 1/08(2006.01)

(56)对比文件

CN 101820276 A, 2010.09.01,

CN 1588799 A, 2005.03.02,

EP 2811648 A1, 2014.12.10,

审查员 郑植

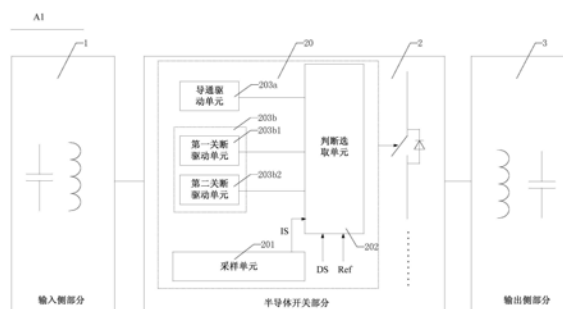
权利要求书7页 说明书16页 附图18页

(54)发明名称

变换器系统、半导体开关驱动电路及方法

(57)摘要

本公开提供了一种变换器系统、半导体开关驱动电路及方法。该半导体开关驱动电路包括驱动单元、采样单元以及判断选取单元。本公开示例实施方式中,通过设置多个具有不同关断参数的关断驱动单元并获取半导体开关的工作状态,进而根据半导体开关的工作状态选取关断参数与半导体开关的工作状态适配的关断驱动单元去关断半导体开关,从而一方面可以获得较小开关损耗,提高系统效率,另一方面可以提高系统的安全特性,增加系统的可靠性。



1. 一种半导体开关驱动电路,其特征在于,包括驱动单元、采样单元以及判断选取单元;其中:

所述驱动单元,包括多个具有不同关断参数的关断驱动单元及一导通驱动单元;

所述采样单元,用于采样一能够反映所述半导体开关工作状态的采样电流,并将所述采样电流输出至所述判断选取单元;其中,所述采样电流是所述半导体开关的电流信号;

所述判断选取单元,接收一驱动控制信号、所述采样电流及一或多个参考值,并于所述驱动控制信号为一第一控制信号时,根据所述采样电流及所述参考值判断所述半导体开关的工作状态,选取一关断参数与判断的工作状态所适配的关断驱动单元去关断一半导体开关;以及,于所述驱动控制信号为一第二控制信号时选取所述导通驱动单元去导通所述半导体开关;

所述半导体开关驱动电路基于所述采样电流的基波改变所述半导体的开关关断电阻。

2. 根据权利要求1所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述多个不同关断参数的关断驱动单元具有不同的关断速度。

3. 根据权利要求2所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述判断选取单元配置为在所述采样电流越大时选取关断速度越慢的关断驱动单元。

4. 根据权利要求1-3任意一项所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述关断参数为所述关断驱动单元的关断电阻;

所述判断选取单元选取一关断电阻与判断得到的工作状态所适配的关断驱动单元去关断所述半导体开关。

5. 根据权利要求4所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述关断驱动单元包括第一关断驱动单元和第二关断驱动单元,其中,所述第一关断驱动单元的关断电阻大于所述第二关断驱动单元的关断电阻;

所述判断选取单元接收一所述参考值并将其与所述采样电流比较:若所述采样电流大于所述参考值,则选取所述第一关断驱动单元关断所述半导体开关;若所述采样电流小于或等于所述参考值,则选取所述第二关断驱动单元关断所述半导体开关。

6. 根据权利要求5所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述第一关断驱动单元包括:

一第一开关器件,其输入端耦接一低电位端,所述第一开关器件的控制端接收所述驱动控制信号并于所述驱动控制信号为一第一控制信号时导通所述第一开关器件;及

一第一关断电阻,其第一端耦接所述第一开关器件的输出端,所述第一关断电阻的第二端耦接所述半导体开关的控制端。

7. 根据权利要求5所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述第二关断驱动单元包括:

一第一开关器件,其输入端耦接一低电位端,所述第一开关器件的控制端接收所述驱动控制信号并于所述驱动控制信号为一第一控制信号时导通所述第一开关器件;

一第一关断电阻,其第一端耦接所述第一开关器件的输出端,所述第一关断电阻的第二端耦接所述半导体开关的控制端;

一第二开关器件,其输入端耦接所述低电位端,所述第二开关器件的控制端接收所述判断选取单元的输出信号并据以导通或关断所述第二开关器件;及

一第二关断电阻,其第一端耦接所述第二开关器件的输出端、所述第二关断电阻的第二端耦接所述半导体开关的控制端。

8. 根据权利要求5所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述判断选取单元包括:

一比较器,其输入端接收所述采样电流及参考值,并根据所述采样电流和所述参考值的比较结果输出一比较信号;

一与门,其输入端接收所述驱动控制信号及比较信号,并对接收到的信号进行“与”运算后输出一信号至所述关断驱动单元。

9. 根据权利要求1-3任意一项所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述关断参数为所述关断驱动单元的关断电流;

所述判断选取单元选取一关断电流与判断得到的工作状态适配的关断驱动单元去关断所述半导体开关。

10. 根据权利要求9所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述关断驱动单元包括第一关断驱动单元和第二关断驱动单元,所述第一关断驱动单元的关断电流小于所述第二关断驱动单元的关断电流;

所述判断选取单元接收一所述参考值并将其与所述采样电流比较:若所述采样电流大于所述参考值,选取所述第一关断驱动单元关断所述半导体开关;若所述采样电流小于或等于所述参考值,选取所述第二关断驱动单元关断所述半导体开关。

11. 根据权利要求10所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述第一关断驱动单元包括:

一第一开关器件,其输入端耦接一低电位端,所述第一开关器件的控制端接收所述驱动控制信号并于所述驱动控制信号为一第一控制信号时导通所述第一开关器件;及

一第一关断电阻,其第一端耦接所述第一开关器件的输出端,所述第一关断电阻的第二端耦接所述半导体开关的控制端。

12. 根据权利要求10所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述第二关断驱动单元包括:

一第一开关器件,其输入端耦接一低电位端,所述第一开关器件的控制端接收所述驱动控制信号并于所述驱动控制信号为一第一控制信号时导通所述第一开关器件;

一第一关断电阻,其第一端耦接所述第一开关器件的输出端,所述第一关断电阻的第二端耦接所述半导体开关的控制端;

一耦合电容,其第一端接收所述判断选取单元的输出信号;

一第一电阻,其第一端耦接所述耦合电容的第二端,第二端耦接接地端;

一第一比较器,其输入端分别耦接所述第一电阻的第一端和接地端,并根据所述第一电阻的第一端和接地端的电位比较结果输出一第一比较信号;

一第二电阻,其第一端耦接所述低电位端;

一第二开关器件,其输入端耦接所述第二电阻第二端,所述第二开关器件的输出端耦接所述半导体开关的控制端,所述第二开关器件的控制端接收所述第一比较信号并据以导通或关断所述第二开关器件。

13. 根据权利要求10所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述判断选取单元包括:

一第二比较器,其输入端接收所述采样电流及参考值,并根据所述采样电流和参考值的比较结果输出一第二比较信号;

一与门,其输入端接收所述驱动控制信号及第二比较信号,并对接收到的信号进行“与”运算后输出一信号至所述关断驱动单元。

14.根据权利要求1-3任意一项所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述关断参数为所述关断驱动单元的关断电压;

所述判断选取单元选取一关断电压与判断得到的工作状态适配的关断驱动单元去关断所述半导体开关。

15.根据权利要求14所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述关断驱动单元包括第一关断驱动单元和第二关断驱动单元,其中,所述第一关断驱动单元的关断电压低于所述第二关断驱动单元的关断电压;

所述判断选取单元接收一所述参考值并将其与所述采样电流比较:若所述采样电流大于所述参考值,选取所述第一关断驱动单元关断所述半导体开关;若所述采样电流小于或等于所述参考值,选取所述第二关断驱动单元关断所述半导体开关。

16.根据权利要求15所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述第一关断驱动单元包括:

一第一开关器件,其输入端耦接一第一低电位端,所述第一开关器件的控制端接收所述判断选取单元输出的一第一信号并据以导通或关断所述第一开关器件;及

一关断电阻,其第一端耦接所述第一开关器件的输出端,所述关断电阻的第二端耦接所述半导体开关的控制端。

17.根据权利要求15所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述第二关断驱动单元包括:

一关断电阻,其第二端耦接所述半导体开关的控制端;

一第二开关器件,其输入端耦接一第二低电位端,所述第二开关器件的输出端耦接所述关断电阻的第一端,所述第二开关器件的控制端接收所述判断选取单元输出的一第二信号并据以导通或关断所述第二开关器件。

18.根据权利要求15所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述判断选取单元包括:

一比较器,其输入端接收所述采样电流及参考值,并根据所述采样电流和参考值的比较结果输出一比较信号;

一第一非门,其输入端接收所述比较信号并对接收到的信号进行“非”运算后输出一信号;

一第一与门,其输入端接收所述驱动控制信号及所述第一非门输出的信号,并对接收的信号进行“与”运算后输出一第一信号至所述关断驱动单元;

一第二与门,其输入端接收所述驱动控制信号及所述比较信号,并对接收的信号进行“与”运算后输出一第二信号至所述关断驱动单元。

19.根据权利要求1-3任意一项所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述关断驱动单元包括关断电压依次上升的第一关断驱动单元、第二关断驱动单元和第三关断驱动单元;

所述判断选取单元接收一第一参考值及一大于所述第一参考值的第二参考值,并与所述采样电流比较:

若所述采样电流大于所述第二参考值,则选取所述第一关断驱动单元关断所述半导体开关;

若所述采样电流大于所述第一参考值且不大于所述第二参考值,则选取所述第二关断驱动单元关断所述半导体开关;

若所述采样电流不大于所述第一参考值,则选取所述第三关断驱动单元关断所述半导体开关。

20. 根据权利要求19所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述第一关断驱动单元包括:

一第一开关器件,其输入端耦接一第一低电位端,所述第一开关器件的控制端接收所述判断选取单元输出的一第一信号并据以导通或关断所述第一开关器件;及

一关断电阻,其第一端耦接所述第一开关器件的输出端,所述关断电阻的第二端耦接所述半导体开关的控制端。

21. 根据权利要求19所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述第二关断驱动单元包括:

一关断电阻,其第二端耦接所述半导体开关的控制端;

一第二开关器件,其输入端耦接一第二低电位端,所述第二开关器件的输出端耦接所述关断电阻的第一端,所述第二开关器件的控制端接收所述判断选取单元输出的一第二信号并据以导通或关断所述第二开关器件。

22. 根据权利要求19所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述第三关断驱动单元包括:

一关断电阻,其第二端耦接所述半导体开关的控制端;

一第三开关器件,其输入端耦接一第三低电位端,所述第三开关器件的输出端耦接所述关断电阻的第一端,所述第三开关器件的控制端接收所述判断选取单元输出的一第三信号并据以导通或关断所述第三开关器件。

23. 根据权利要求19所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述判断选取单元包括:

一模数转换器,其输入端接收所述采样电流并对所述采样电流进行模数转换后输出一数字信号;

一数字控制器,其输入端分别接收所述驱动控制信号以及所述数字信号,并结合接收到的信号进行运算处理后输出一第一信号、一第二信号以及一第三信号至所述关断驱动单元。

24. 根据权利要求5-8、10-13、15-18或20-23任意一项所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述导通驱动单元包括:

一第四开关器件,其输入端耦接一高电位端,所述第四开关器件的控制端接收所述驱动控制信号并于所述驱动控制信号为一第二控制信号时导通所述第四开关器件;及

一导通电阻,其第一端耦接所述第四开关器件输出端,所述导通电阻的第二端耦接所述半导体开关的控制端。

25. 根据权利要求24所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,该半导体开关驱动电路中的开关器件包括MOSFET开关、IGBT开关或者BJT开关中的一种或多种。

26. 根据权利要求1所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述采样单元包括电流互感器、霍尔元件或者罗氏线圈。

27. 根据权利要求1所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述采样单元包括:

一霍尔元件,用于感应采样节点的电流;

一第一采样电阻,其第一端与所述霍尔元件的第一端耦接,所述第一采样电阻的第二端接地;

一第一整流二极管,其输入端耦接所述第一采样电阻的第一端,所述第一整流二极管的输出端耦接所述判断选取单元;

一第二采样电阻,其第一端与所述霍尔元件的第二端耦接,所述第二采样电阻的第二端接地;

一第二整流二极管,其输入端耦接所述第二采样电阻的第一端,所述第二整流二极管的输出端耦接所述判断选取单元。

28. 根据权利要求1所述的半导体开关驱动电路,其特征在于,所述采样单元包括:

一霍尔元件,用于感应采样节点的电流,所述霍尔元件的第一端接地,所述霍尔元件的第二端耦接所述判断选取单元;

一采样电阻,并联在所述霍尔元件的第一端和第二端之间。

29. 一种半导体开关驱动方法,应用于包括多个具有不同关断参数的关断驱动单元及一导通驱动单元的半导体开关驱动电路;其特征在于,包括:

采样一能够反映所述半导体开关工作状态的采样电流;其中,所述采样电流是所述半导体开关的电流信号;

接收一驱动控制信号及一或多个参考值,并于所述驱动控制信号为一第一控制信号时,根据所述采样电流及参考值判断所述半导体开关的工作状态,选取一关断参数与判断得到的工作状态适配的关断驱动单元去关断一半导体开关;以及,于所述驱动控制信号为一第二控制信号时选取所述导通驱动单元导通所述半导体开关;

其中所述半导体开关驱动电路基于所述采样电流的基波改变所述半导体开关的关断电阻。

30. 根据权利要求29所述的半导体开关驱动方法,其特征在于,所述半导体开关驱动电路包括关断速度依次降低的第1关断驱动单元至第M关断驱动单元;所述选取一关断参数与判断得到的工作状态适配的关断驱动单元去关断一半导体开关包括:

将所述采样电流与依次升高的第1参考值至第M-1参考值进行比较,并根据比较结果执行以下步骤之一:

若所述采样电流不大于所述第1参考值,则选取第1关断驱动单元关断所述半导体开关;

若所述采样电流大于第N参考值且不大于第N+1参考值,则选取第N+1关断驱动单元关断所述半导体开关,其中 $1 \leq N \leq M-1$;

若所述采样电流大于所述第M-1参考值,则选取所述第M关断驱动单元关断所述半导体开关。

31. 一种变换器系统,其特征在于,包括:

—如权利要求1-28任意一项所述的半导体开关驱动电路,用于向半导体开关提供一开关驱动信号;以及,

—主电路模块,包括至少一半导体开关,所述开关驱动信号耦接至所述半导体开关的控制端,所述开关驱动信号控制所述半导体开关的导通或关断。

32. 根据权利要求31所述的变换器系统,其特征在于,所述主电路模块为逆变器电路、整流器电路、直流转直流电流或交流转交流电路。

33. 根据权利要求31所述的变换器系统,其特征在于,所述主电路模块包括:

—第一电容;

—第二电容,其第一端与所述第一电容的第一端耦接;

—第一半导体开关,其输入端耦接所述第一电容的第二端,所述第一半导体开关的控制端接收所述半导体开关驱动电路输出的开关驱动信号;

—第二半导体开关,其输出端耦接所述第二电容的第二端,所述第二半导体开关的控制端接收另一开关驱动信号;

—输出电感,其第一端耦接所述第一半导体开关输出端及所述第二半导体开关输入端,所述输出电感的第二端耦接一输出接口;

—第一输出电容,其第一端耦接输出电感第二端,所述第一输出电容的第二端接地。

34. 根据权利要求31所述的变换器系统,其特征在于,所述主电路模块包括:

—第一桥臂,由一第一电容和一第二电容串联组成;

—第二桥臂,由一第一至一第四半导体开关依次串联组成;

—第一二极管,其阴极耦接第一半导体开关和第二半导体开关的连接点,所述第一二极管的阳极耦接所述第一电容和第二电容的连接点;

—第二二极管,其阳极耦接第三半导体开关和第四半导体开关的连接点,所述第二二极管的阴极耦接所述第一二极管阳极及所述第一电容和第二电容的连接点;

—输出电感,其第一端耦接第二半导体开关和半导体开关的连接点;

—第一输出电容,其第一端耦接所述输出电感的第二端和一输出接口,所述第一输出电容的第二端接地。

35. 根据权利要求33或34所述的变换器系统,其特征在于,所述采样单元的采样节点位于所述输出接口或者位于所述输出电感的第二端及第一输出电容的第一端之间。

36. 根据权利要求31所述的变换器系统,其特征在于,所述主电路模块包括:

—第一桥臂,由一第一可控硅和和一第二可控硅串联组成;

—第二桥臂,由一第一半导体开关和一第二半导体开关串联组成;

—第一电感,串联在所述第一可控硅和第一半导体开关之间;

—第二电感,串联在所述第二可控硅和第二半导体开关之间;

—交流电源,其第一端耦接所述第一可控硅和和第二可控硅的连接点,所述交流电源的第二端耦接所述第一半导体开关与第一半导体开关的连接点;

—第一二极管,其阳极耦接所述第一电感与第一半导体开关的连接点;

—第二二极管,其阴极耦接所述第二电感与第二半导体开关的连接点;

—第一输出电容,其第一端耦接所述第一二极管阴极;

一第二输出电容,其第一端耦接所述第一二极管阳极,所述第二输出电容的第二端耦接所述第一输出电容第二端及所述第一半导体开关与第一半导体开关的连接点。

37.根据权利要求36所述的变换器系统,其特征在于,所述采样单元的采样节点位于所述第一可控硅与第一电感之间或者所述第二可控硅与第二电感之间。

38.根据权利要求31所述的变换器系统,其特征在于,所述半导体开关包括MOSFET开关,IGBT开关,BJT开关或者多个MOSFET开关、IGBT开关或者BJT开关串/并联形成的开关中的一种或多种。

变换器系统、半导体开关驱动电路及方法

技术领域

[0001] 本公开涉及半导体开关技术领域,具体涉及一种半导体开关驱动电路、半导体开关驱动方法以及应用该半导体开关驱动电路的变换器系统。

背景技术

[0002] 随着电力电子变换器应用的日益普及,半导体开关也因此得到了广泛使用。这些半导体开关主要包括IGBT、MOSFET、SiC MOSFET等。在半导体开关的电力电子变换器中不可避免会存在损耗,而其中很大一部分损耗都来自于半导体开关的损耗。

[0003] 半导体开关的损耗包括开关损耗与导通损耗。其中半导体开关的开关损耗与半导体开关驱动电路的特性以及半导体开关的开关频率有关。例如,不同的半导体开关驱动电路会导致半导体开关具有不同的开关损耗。

[0004] 以IGBT为例,一种常见的IGBT驱动电路如图1中所示,其主要包括第一电阻R1,第一开关器件Q1,第二开关器件Q3以及驱动电阻R_d。第一电阻R1接收到驱动控制信号DS后传送至第一开关器件Q1与第二开关器件Q3组成的图腾柱放大器;经过图腾柱放大器放大得到的信号再通过驱动电阻R_d驱动IGBT S的导通与关断。图2A以及图2B示出了驱动电阻R_d与IGBT S的导通损耗E_{on}以及关断损耗E_{off}的关系。从该图可以看出随着驱动电阻R_d的减小,导致开关速度上升,关断损耗E_{off}与导通损耗E_{on}的数值因而随之减小。因此较小的驱动电阻R_d可以减小IGBT的开关损耗。

[0005] 然而,在实际电路的运用中,驱动电阻R_d的取值受到电压应力的限制。图3示出了一个采用IGBT组成的半桥电路,其中LC滤波器以及直流侧的第一电容C1和第二电容C2构成的常规逆变器系统,其可将直流侧串联的电容第一电容C1和第二电容C2上的直流电压转换为交流的输出电压V_{out};图中L_{s1}、L_{s2}分别是主电路回路中的寄生电感。当IGBT S1关断时,输出电感L_f上的电流不会突变,所以流过IGBT的电流会转移至另一侧的IGBT S2的反向并联二极管D₂进行自然续流。在这个过程中,流过IGBT S1以及反向并联二极管D₂电流的di/dt会在线路中的寄生电感L_{s1}以及L_{s2}中形成电压V_{Ls1}以及V_{Ls2},其中V_{Ls1}=L_{s1}·di/dt, V_{Ls2}=L_{s2}·di/dt。所以这时IGBT S1的电压应力V_{S1}=V_{C1}+V_{C2}+(L_{s1}+L_{s2})·di/dt。电压应力V_{S1}与驱动电阻R_d的关系如图4所示,驱动电阻R_d越小或者电流越大,开关速度(di/dt)就会越大,从而导致电压应力越大。

[0006] 从图4可以得知,若以550V作为电压应力V_{S1}的限制值且IGBT关断最小电流值为300A,则驱动电阻R_d最小只能取到10Ω。而从图2A以及图2B中可知驱动电阻R_d=10Ω时的E_{off}以及E_{on}要比驱动电阻R_d=2.5Ω时的E_{off}以及E_{on}大很多,从而使得IGBT具有较大的开关损耗。

[0007] 从上述分析可知,在一个变换器系统中获得较小的IGBT开关损耗与获得较小的IGBT电压应力之间存在矛盾。在实际工程运用中由于安全性以及可靠性等原因,必须要满足一定大小的电压应力。这样在一定程度上就必须牺牲IGBT的开关损耗。此外,除了IGBT,其他半导体开关也存在着类似的开关损耗减小与电压应力减小存在矛盾的问题。

[0008] 现有技术中的一种改善方案如图5中所示。图5是一种能使驱动IGBT导通的驱动电阻 R_d (导通电阻 R_{d1}) 与驱动IGBT关断的驱动电阻 R_d (关断电阻 R_{d2}) 分离的半导体开关驱动电路。该半导体开关驱动电路可以使得在关断电阻取到较大值的时候,可以得到较小的导通电阻 (R_{d1}/R_{d2})。然而,即使采用该电路可以减小IGBT的导通损耗,但IGBT关断损耗依然无法减小,因此系统仍具有较高的开关损耗。

[0009] 因此,如何提供一种可进一步改善上述缺陷的技术方案,实为目前迫切需要解决的课题。

发明内容

[0010] 针对现有技术中的部分或者全部问题,本公开提供一种半导体开关驱动电路、半导体开关驱动方法以及应用该半导体开关驱动电路的变换器系统,用于至少在一定程度上克服由于相关技术的限制和缺陷而导致的一个或多个问题。

[0011] 本公开的其他特性和优点将通过下面的详细描述变得显然,或部分地通过本公开的实践而习得。

[0012] 根据本公开的第一方面,提供一种半导体开关驱动电路,包括驱动单元、采样单元以及判断选取单元;其中:

[0013] 所述驱动单元,包括多个具有不同关断参数的关断驱动单元及一导通驱动单元;

[0014] 所述采样单元,用于采样一能够反映所述半导体开关工作状态的采样电流,并将所述采样电流输出至所述判断选取单元;

[0015] 所述判断选取单元,接收一驱动控制信号、所述采样电流及一或多个参考值,并于所述驱动控制信号为一第一控制信号时,根据所述采样电流及所述参考值判断所述半导体开关的工作状态,选取一关断参数与判断的工作状态所适配的关断驱动单元去关断一半导体开关;以及,于所述驱动控制信号为一第二控制信号时选取所述导通驱动单元去导通所述半导体开关。

[0016] 根据本公开的第二方面,提供一种半导体开关驱动方法,应用于包括多个具有不同关断参数的关断驱动单元及一导通驱动单元的半导体开关驱动电路;该半导体开关驱动方法包括步骤:

[0017] 采样一能够反映所述半导体开关工作状态的采样电流;

[0018] 接收一驱动控制信号及一或多个参考值,并于所述驱动控制信号为一第一控制信号时,根据所述采样电流及参考值判断所述半导体开关的工作状态,选取一关断参数与判断得到的工作状态适配的关断驱动单元去关断一半导体开关;以及,于所述驱动控制信号为一第二控制信号时选取所述导通驱动单元导通所述半导体开关。

[0019] 根据本公开的第三方面,提供一种变换器系统,包括:

[0020] 一上述任意一种半导体开关驱动电路,用于向半导体开关提供一开关驱动信号;以及,

[0021] 一主电路模块,包括至少一半导体开关,所述开关驱动信号耦接至所述半导体开关的控制端,所述开关驱动信号控制所述半导体开关的导通或关断。

[0022] 本公开示例实施方式中,通过设置多个具有不同关断参数的关断驱动单元并获取半导体开关的工作状态,进而根据半导体开关的工作状态选取关断参数与半导体开关的工

作状态适配的关断驱动单元去关断半导体开关,从而一方面可以获得较小开关损耗,提高系统效率,另一方面可以提高系统的安全特性,增加系统的可靠性。

附图说明

- [0023] 通过参照附图详细描述其示例实施方式。
- [0024] 图1是现有技术中一种IGBT驱动电路的结构示意图。
- [0025] 图2A是图1中IGBT驱动电路的驱动电阻与导通损耗之间的相关曲线。
- [0026] 图2B是图1中IGBT驱动电路的驱动电阻与关断损耗之间的相关曲线。
- [0027] 图3是现有技术中一种采用IGBT的半桥电路的结构示意图。
- [0028] 图4中为图3中IGBT的电压应力与驱动电阻以及关断电流之间的相关曲线。
- [0029] 图5为现有技术中另一种IGBT驱动电路的结构示意图。
- [0030] 图6是本公开示例实施方式中一种变换器系统的框图。
- [0031] 图7是本公开示例实施方式一中一种变换器系统的结构示意图。
- [0032] 图8为图7中输出电流与与门输出的信号之间的关系示意图。
- [0033] 图9是本公开示例实施方式一中另一种变换器系统的结构示意图。
- [0034] 图10为图9中输出电感的电流与与门输出的信号之间的关系示意图。
- [0035] 图11是本公开示例实施方式一中又一种变换器系统的结构示意图。
- [0036] 图12是本公开示例实施方式一中再一种变换器系统的结构示意图。
- [0037] 图13是本公开示例实施方式二中一种变换器系统的结构示意图。
- [0038] 图14是本公开示例实施方式三中一种变换器系统的结构示意图。
- [0039] 图15是本公开示例实施方式四中一种变换器系统的结构示意图。
- [0040] 图16是本公开示例实施方式五中一种半导体开关驱动方法的流程示意图。
- [0041] 图17是本公开示例实施方式五中另一种半导体开关驱动方法的流程示意图。
- [0042] 附图标记说明:
- | | | |
|--------|-------|-----------|
| [0043] | A1 | 变换器系统 |
| [0044] | 1 | 输入侧部分 |
| [0045] | 2 | 半导体开关部分 |
| [0046] | 20 | 半导体开关驱动电路 |
| [0047] | 201 | 采样单元 |
| [0048] | 202 | 判断选取单元 |
| [0049] | 203 | 驱动单元 |
| [0050] | 203a | 导通驱动单元 |
| [0051] | 203b | 关断驱动单元 |
| [0052] | 203b1 | 第一关断驱动单元 |
| [0053] | 203b1 | 第二关断驱动单元 |
| [0054] | 3 | 输出侧部分 |
| [0055] | S1 | 第一半导体开关 |
| [0056] | S2 | 第二半导体开关 |
| [0057] | S3 | 第三半导体开关 |

[0058]	S4	第四半导体开关
[0059]	Q1	第一开关器件
[0060]	Q3	第二开关器件
[0061]	Q5	第三开关器件
[0062]	Q7	第四开关器件
[0063]	U1	第一比较器
[0064]	U2	第二比较器
[0065]	U3	第一与门
[0066]	U4	第二与门
[0067]	U5	第一非门
[0068]	U6	第二非门
[0069]	U7	模数转换器
[0070]	U8	数字控制器
[0071]	R _d	驱动电阻
[0072]	R _{d1}	导通电阻
[0073]	R _{d2}	关断电阻
[0074]	R _{S1}	第一采样电阻
[0075]	R _{S2}	第二采样电阻
[0076]	R1	第一电阻
[0077]	R2	第二电阻
[0078]	R _{off1}	第一关断电阻
[0079]	R _{off2}	第二关断电阻
[0080]	R _{on}	导通电阻
[0081]	+V _{cc}	高电位端
[0082]	-V _{ee}	低电位端
[0083]	-V _{ee1}	第一低电位端
[0084]	-V _{ee2}	第二低电位端
[0085]	-V _{ee3}	第三低电位端
[0086]	Ref	参考值
[0087]	I _S	采样电流
[0088]	D0	原始控制信号
[0089]	D _S	驱动控制信号
[0090]	L _f	输出电感
[0091]	L _{f1}	第一电感
[0092]	L _{f2}	第二电感
[0093]	L _{s1} 、L _{s2} 、L _{s3} 、L _{s4}	寄生电感
[0094]	C1	第一电容
[0095]	C2	第二电容
[0096]	C3	耦合电容

[0097]	Cf1	第一输出电容
[0098]	Cf2	第二输出电容
[0099]	D1	第一二极管
[0100]	D2	第二二极管
[0101]	D _{S1}	第一整流二极管
[0102]	D _{S1}	第二整流二极管
[0103]	T1	第一可控硅
[0104]	T2	第二可控硅
[0105]	AC	交流电源
[0106]	H	霍尔元件
[0107]	S10-S16	步骤

具体实施方式

[0108] 现在将参考附图更全面地描述示例实施方式。然而,示例实施方式能够以多种形式实施,且不应被理解为限于在此阐述的实施方式;相反,提供这些实施方式使得本公开将全面和完整,并将示例实施方式的构思全面地传达给本领域的技术人员。在图中,为了清晰,夸大了区域和层的厚度。在图中相同的附图标记表示相同或类似的结构,因而将省略它们的详细描述。

[0109] 此外,所描述的特征、结构或特性可以以任何合适的方式结合在一个或更多实施例中。在下面的描述中,提供许多具体细节从而示出对本公开的实施例的充分理解。然而,本领域技术人员将意识到,可以实践本公开的技术方案而没有所述特定细节中的一个或更多,或者可以采用其它的方法、组元、材料等。在其它情况下,不详细示出或描述公知结构、材料或者操作以避免模糊本公开的各方面。

[0110] 本示例实施方式中首先提供了一种半导体开关驱动电路。如图6中所示,该半导体开关驱动电路可应用于变换器系统A1。该变换器系统A1主要包括主电路模块及控制电路模块。其中主电路模块包括输入侧部分1、输出侧部分3以及半导体开关部分2,在本示例实施方式中,主电路模块为逆变器电路、整流器电路、直流转直流电流或交流转交流电路。输入侧部分1与输出侧部分3主要包括电容以及电感等被动元器件,半导体开关部分2至少包括一个半导体开关。输入侧部分1接收输入信号,半导体开关的开关动作将输入信号转换为所需要信号后输出。控制电路模块主要包括半导体开关驱动电路20,半导体开关驱动电路20用于向半导体开关提供开关驱动信号以导通或关断半导体开关。

[0111] 本示例实施方式中,半导体开关驱动电路主要包括采样单元201、判断选取单元202以及驱动单元203。其中驱动单元203至少包括导通驱动单元203a以及关断驱动单元203b;关断驱动单元203b至少包括两个以上具有不同关断参数的关断驱动单元。如图6中所示,关断驱动单元203b可以包括具有不同关断参数的第一关断驱动单元203b1和第二关断驱动单元203b2。

[0112] 采样单元201用于采样一能够反映半导体开关工作状态的采样信号,如采样电流IS。采样单元201将采样电流IS输出至判断选取单元202;其中的采样电流IS可以是半导体开关的电流信号,也可以是电路中电容或电感等被动元件上的电流信号,但并不引以为限。

判断选取单元202用于接收驱动控制信号DS、采样电流IS及至少一个参考值Ref。当驱动控制信号DS为第一控制信号时,判断选取单元202根据采样电流IS及参考值Ref判断半导体开关的工作状态,接着根据半导体开关的工作状态选取一个关断参数与判断的工作状态相适配的关断驱动单元去关断半导体开关。例如,第一关断驱动单元203b1和第二关断驱动单元203b2具有不同的关断速度,在本示例实施方式中,判断选取单元202可以配置为在采样电流IS越大时选取关断速度越慢的关断驱动单元,相应的,在采样电流IS越小时则选取关断速度越快的关断驱动单元。此外,当驱动控制信号DS为第二控制信号时,判断选取单元202选取导通驱动单元去导通半导体开关。

[0113] 上述半导体开关驱动电路中,通过设置多个具有不同关断参数的关断驱动单元并获取半导体开关的工作状态,进而根据半导体开关的工作状态选取关断参数与半导体开关的工作状态适配的关断驱动单元去关断半导体开关,从而一方面可以获得较小开关损耗,提高系统效率,另一方面可以提高系统的安全特性,增加系统的可靠性。

[0114] 上述关断参数可以为关断驱动单元的关断电阻、关断电压以及关断电流等等,下面分别举例对其进行进一步的说明。

[0115] 示例实施方式一

[0116] 本示例实施方式,以半导体开关驱动电路中的关断参数为关断驱动单元的关断电阻为例,则于驱动控制信号DS为第一控制信号时,判断选取单元选取一关断电阻与判断得到的工作状态适配的关断驱动单元去关断半导体开关。例如,关断驱动单元包括第一关断驱动单元和第二关断驱动单元,第一关断驱动单元的关断电阻大于第二关断驱动单元的关断电阻,则判断选取单元在接收参考值和采样电流后,对参考值与采样电流进行比较:若采样电流大于参考值,则判断选取单元可以选取第一关断驱动单元关断半导体开关;若采样电流小于或等于参考值,则判断选取单元可以选取第二关断驱动单元关断半导体开关。下面结合图7至图12进行更详细的说明。

[0117] 参考图7中所示,半导体开关驱动电路应用于一逆变器电路。逆变器电路的主电路模块的输入侧部分1包括第一电容C1以及第二电容C2,第一电容C1的第一端与第二电容C2的第一端耦接。主电路模块的半导体开关部分2包括由第一半导体开关S1以及第二半导体开关S2组成的半桥开关电路。第一半导体开关S1的输入端耦接第一电容C1的第二端,第一半导体开关S1的控制端接收半导体开关驱动电路输出的开关驱动信号,第二半导体开关S2的输出端耦接第二电容C2的第二端,第二半导体开关S2的控制端接收半导体开关驱动电路输出的另一开关驱动信号(图中未示出)。主电路模块的输出侧部分3包括输出电感Lf以及第一输出电容C1。输出电感Lf的第一端耦接第一半导体开关S1的输出端及第二半导体开关S2的输入端,输出电感Lf的第二端耦接一输出接口,第一输出电容C1的第一端耦接输出电感Lf的第二端,第一输出电容C1的第二端接地。图示中Ls1以及Ls2为线路的寄生电感。逆变器电路的主电路模块将串联的第一电容C1和第二电容C2上的直流电压转换为交流的输出Vout。

[0118] 需要指出的是,本示例实施方式中的半桥开关电路结构虽然是用于逆变器电路中,但其也可以应用于直流变换电路等其他电路。例如,当主电路模块的输入侧部分1的第一电容C1和第二电容C2为直流输入,输出侧部分3为直流输出时,该电路即为直流/直流变换的降压式变换电路。当然,在全桥电路拓扑,三电平电路拓扑等其他电路拓扑中也可以采

用本示例实施方式中所提供的半导体开关驱动电路。第一半导体开关S1以及第二半导体开关S2包括MOSFET开关,IGBT开关,BJT开关或者多个MOSFET开关、IGBT开关或者BJT开关串/并联形成的开关中的一种或多种,其中,MOSFET可以是Si Mosfet,也可以是其他材料如宽禁带半导体材料制成的Mosfet,如SiC MOSFET,GaN Mosfet等等,本示例实施方式中对此不做特殊限定。

[0119] 继续参考图7中所示,该逆变器电路控制电路模块包括本示例实施方式中所提供的半导体开关驱动电路,该半导体开关驱动电路主要包括采样单元201、判断选取单元202以及驱动单元203,驱动单元203包括第一关断驱动单元、第二关断驱动单元以及导通驱动单元。其中:

[0120] 采样单元201可以包括电流互感器、霍尔元件或者罗氏线圈等电流采样元件。除此之外,还可以采用串联采样电阻等方法,甚至直接采用采样器件两端的压降的方法。

[0121] 例如,在本示例实施方式中,采样单元201可以包括霍尔元件H、第一采样电阻 R_{s1} 、第一整流二极管 D_{s1} 、第二采样电阻 R_{s2} 以及第二整流二极管 D_{s2} 。霍尔元件H用于感应采样节点的电流;第一采样电阻 R_{s1} 的第一端与霍尔元件H的第一端耦接,第一采样电阻 R_{s1} 的第二端接地;第一整流二极管 D_{s1} 的输入端耦接第一采样电阻 R_{s1} 的第一端,第一整流二极管 D_{s1} 的输出端耦接判断选取单元202;第二采样电阻 R_{s2} 的第一端与霍尔元件H的第二端耦接,第一采样电阻 R_{s1} 的第二端接地;第二整流二极管 D_{s2} 的输入端耦接第二采样电阻 R_{s2} 的第一端,第二整流二极管 D_{s2} 的输出端耦接判断选取单元202。本示例实施方式中,采样节点位于主电路模块的输出接口;在本公开的其他示例实施方式中,采样节点也可以位于主电路模块的其他位置。采样单元201中的霍尔元件H采样输出电流 i_o 作为采样电流信号,采样电流信号首先经由第一采样电阻 R_{s1} 以及第二采样电阻 R_{s2} 至第一整流二极管 D_{s1} 以及第二整流二极管 D_{s2} ,再经过第一整流二极管 D_{s1} 以及第二整流二极管 D_{s2} 管进行整流后得到采样电流IS。

[0122] 判断选取单元202可以包括第一比较器U1以及第一与门U3。第一比较器U1的输入端接收采样电流IS及参考值Ref,并根据采样电流IS和参考值Ref的比较结果输出比较信号。例如,如果采样电流IS的绝对值小于参考值Ref,则第一比较器U1输出高电平的比较信号,如果采样电流IS的绝对值大于参考值Ref,则第一比较器U1输出低电平的比较信号。第一与门U3的输入端接收比较信号,另一输入端接收驱动控制信号DS,第一与门U3对接收到的信号进行“与”运算后输出信号 v_3 至第二开关器件Q3控制端。本示例实施方式中,半导体开关驱动电路还可以包括第一非门U5,第一非门U5的输入端接收原始控制信号D0,第一非门U5对原始控制信号D0进行“非”运算后输出上述驱动控制信号DS。

[0123] 第一关断驱动单元可以包括第一开关器件Q1以及第一关断电阻 R_{off1} 。第一开关器件Q1的输入端耦接低电位端-Vee,第一开关器件Q1的控制端接收驱动控制信号DS并在驱动控制信号DS为第一控制信号时导通第一开关器件Q1;第一关断电阻 R_{off1} 的第一端耦接第一开关器件Q1的输出端,第一关断电阻 R_{off1} 的第二端耦接第一半导体开关S1的控制端。在本示例实施方式中,该半导体开关驱动电路中的开关器件可以包括MOSFET开关、IGBT开关以及BJT开关等中的一种或多种,其中,MOSFET开关可以包括Si Mosfet开关、SiC MOSFET开关或者GaN Mosfet开关等等。

[0124] 第二关断驱动单元可以包括第一开关器件Q1、第一关断电阻 R_{off1} 以及第二开关器件Q3和第二关断电阻 R_{off2} 。第二开关器件Q3的输入端耦接低电位端-Vee,第二开关器件Q3

的控制端接收判断选取单元202输出的信号并据以导通或关断第二开关器件Q3;第二关断电阻 R_{off2} 的第一端耦接第二开关器件Q3的输出端、第二关断电阻 R_{off2} 的第二端耦接第一半导体开关S1的控制端。容易理解的是,本示例实施方式中虽然第二关断驱动单元共用第一关断驱动单元的部分组件,但在其他示例实施方式中,第一关断驱动单元和第二关断驱动单元也可以为各自独立的电路。

[0125] 于使用时,当驱动控制信号DS为第一控制信号,如高电平时,第一开关器件Q1导通。且当采样电流IS的绝对值大于参考值Ref,则第一比较器U1输出的比较信号为低电平,第一与门U3的输出为低电平信号,第二开关器件Q3因此关断,此时第一关断驱动单元工作,关断电阻为 R_{off1} ;而当采样电流IS的绝对值小于或等于参考值Ref,则第一比较器U1输出的比较信号为高电平,第一与门U3输出高电平信号以驱动第二开关器件Q3导通,此时第二关断驱动单元工作,等效关断电阻为第一关断电阻 R_{off1} 和第二关断电阻 R_{off2} 并联后的电阻。以上控制中,无论是第一关断驱动单元工作还是第二关断驱动单元工作,半导体开关S1的控制端的电压被拉低,因此半导体开关S1关断。

[0126] 导通驱动单元可以包括第四开关器件Q7以及导通电阻 R_{on} 。第四开关器件Q7的输入端耦接高电位端+Vcc,第四开关器件Q7的控制端接收驱动控制信号DS。导通电阻 R_{on} 的第一端耦接第四开关器件Q7输出端,导通电阻 R_{on} 的第二端耦接第一半导体开关S1的控制端。于使用时,当驱动控制信号DS为第二控制信号,如低电平时,第四开关器件Q7导通,导通驱动单元工作,导通电阻为 R_{on} 。此时,半导体开关S1的控制端的电压被抬高,因此半导体开关S1导通。

[0127] 参考图8中所示,以半导体开关S1的关断操作为例,在图示中的A工况下,当采样电流IS小于参考值Ref时,第一与门U3输出的信号为高电平信号,第一半导体开关S1的关断电阻为一个较小的电阻值 R_{off1}/R_{off2} ,从而可以获得较好的开关损耗特性。当采样电流IS大于参考值Ref时,第一与门U3输出的信号为低电平信号,第一半导体开关S1的关断电阻为一个较大的电阻值 R_{off1} ,从而保证第一半导体开关S1的电压应力满足要求。在图示中的B工况下,采样电流IS始终小于参考值Ref,第一与门U3输出的信号始终为高电平信号,第一半导体开关S1的关断电阻始终为一个较小的电阻值 R_{off1}/R_{off2} 。由此可知,本示例实施方式中的半导体开关驱动电路可以使变换器系统在满足半导体开关电压应力的前提下,使系统效率获得提升。此外,可以看出,本示例实施方式中的半导体开关驱动电路对半导体开关关断电阻的改变是一基于基波(line cycle)的改变,相对开关周期内关断电阻的快速切换更为可靠。

[0128] 参考图9中所示,为本示例实施方式中逆变器电路的另一种实施方式示意图。在该实施方式中,采样单元201的采样节点位于输出电感Lf的第二端及第一输出电容C1的第一端之间,采样电流IS则为输出电感Lf的电流 i_{Lf} ;该电路的其他部分与图7中逆变器电路相同,在此不再重复说明。此外,在本公开的其他示例实施方式中,采样电流IS也可以为流过半导体开关的电流等等,本示例实施方式中对此不做特殊限定。

[0129] 图10给出了图9中输出电感Lf的电流与第一与门U3输出的信号之间的关系。当输出电感Lf的电流 i_{Lf} 小于参考值Ref时,第一与门U3输出的信号 v_3 为高电平信号,第一半导体开关S1的关断电阻为一个较小的电阻值 R_{off1}/R_{off2} ,从而可以获得较好的开关损耗特性。当输出电感Lf的电流 i_{Lf} 大于参考值Ref时,第一与门U3输出的信号 v_3 为低电平信号,第一半

导体开关S1的关断电阻为一个较大的电阻值 R_{off1} ,从而保证第一半导体开关S1的电压应力满足要求。从图10可以看出,由于输出电感 L_f 的电流 i_{Lf} 存在高频的纹波,分别在A处和B处出现了一个开关周期内第一与门U3输出的信号 v_3 的高低电平切换。虽然在A处第一与门U3输出的信号 v_3 出现一小段时间的高电平,但是这个时间段内没有实际关断的动作,所以该小段时刻的 R_{off1}/R_{off2} 的出现是没有实际发生的。同理,B处小段时间的 R_{off1} 的出现也是没有实际发生的。因此,关断电阻实际还是在以基波频率切换。

[0130] 为了避免第一与门U3输出的信号受高频纹波影响出现开关周期内的切换,可以采用滞环的方法进行判断。也可以对输出电感 L_f 的电流进行滤波操作,滤除掉其中的高频纹波,得到与图8采样电流 I_S 类似的波形后再进行判断,进而选择合适的关断电阻。

[0131] 参考图11中所示,为本示例实施方式中逆变器电路的另一种实施方式示意图。在该实施方式中,该逆变器电路的主电路模块为三电平拓扑结构,具体为二极管中点钳位三电平拓扑(NPC)。该逆变器电路的主电路模块包括第一桥臂以及第二桥臂。第一桥臂由第一电容C1和第二电容C2串联组成,构成逆变器电路的主电路模块的输入侧部分1。第二桥臂由第一半导体开关S1、第二半导体开关S2、第三半导体开关S3以及第四半导体开关S4依次串联组成,该逆变器电路的主电路模块还包括第一二极管D1以及第二二极管D2,第一二极管D1的阴极耦接第一半导体开关S1和第二半导体开关S2的连接点,第一二极管D1的阳极耦接第一电容C1和第二电容C2的连接点;第二二极管D2的阳极耦接第三半导体开关S3和第四半导体开关S4的连接点,第二二极管D2的阴极耦接第一二极管D1阳极及第一电容C1和第二电容C2的连接点。第一半导体开关S1、第二半导体开关S2、第三半导体开关S3、第四半导体开关S4、第一二极管D1以及第二二极管D2构成主电路模块的半导体开关部分2。该逆变器电路的主电路模块还包括输出电感 L_f 以及第一输出电容C1,以构成输出侧部分3。输出电感 L_f 的第一端耦接第二半导体开关S2和半导体开关的连接点;第一输出电容C1的第一端耦接输出电感 L_f 的第二端和输出接口,第一输出电容C1的第二端接地。图示中 L_{s1} 、 L_{s2} 以及 L_{s3} 为线路的寄生电感。

[0132] 相比于图7以及图9中的半桥开关电路,图11中三电平电路可以采用更低额定电压的半导体开关,从而获得更好的损耗特性。该电路的其他部分与图9中逆变器电路相同,在此不再重复说明。此外,在本公开的其他示例实施方式中,三电平拓扑结构也可以为例如有源钳位三电平拓扑(ANPC)或T型三电平拓扑(TNPC)等等,本示例实施方式中对此不做特殊限定。

[0133] 参考图12中所示,半导体开关驱动电路应用于一整流器电路,图中所示为在UPS等电源装置中常用的输入整流主功率电路。该整流器电路的主电路模块包括第一桥臂、第二桥臂、第一电感 L_{f1} 、第二电感 L_{f2} 、交流电源AC、第一二极管D1、第二二极管D2、第一输出电容C1以及第二输出电容C2。第一桥臂由第一可控硅T1和第二可控硅T2串联组成,第二桥臂由第一半导体开关S1和第二半导体开关S2串联组成,第一电感 L_{f1} 串联在第一可控硅T1和第一半导体开关S1之间,第二电感 L_{f2} 串联在第二可控硅T2和第二半导体开关S2之间,交流电源AC的第一端耦接第一可控硅T1和第二可控硅T2的连接点,交流电源AC的第二端耦接第一半导体开关S1与第二半导体开关S2的连接点,第一二极管D1的阳极耦接第一电感 L_{f1} 与第一半导体开关S1的连接点,第二二极管D2的阴极耦接第二电感 L_{f2} 与第二半导体开关S2的连接点,第一输出电容C1的第一端耦接第一二极管D1阴极,第二输出电容C2的第一

端耦接第一二极管D1阳极,第二输出电容C2的第二端耦接第一输出电容C1第二端及第一半导体开关S1与第一半导体开关S1的连接点。图示中 L_{s1} 、 L_{s2} 、 L_{s3} 以及 L_{s4} 为线路的寄生电感。上述第一电感 L_{f1} 以及第二电感 L_{f2} 构成主电路模块的输入侧部分1,第一输出电容C1以及第二输出电容C2构成主电路模块的输出侧部分3。第一半导体开关S1、第一二极管D1、第二半导体开关S2以及第二二极管D2构成主电路模块的半导体开关部分2。交流电源AC的正半周电压通过第一可控硅T1整流至第一电感 L_{f1} ,负半周电压通过第二可控硅T2整流至第二电感 L_{f2} 。第一电感 L_{f1} 、第一半导体开关S1以及第一二极管D1构成升压功率因数校正(boost PFC)电路,对交流电源AC正半周电压实现功率因数校正功能,第二电感 L_{f2} 、第二半导体开关S2以及第二二极管D2构成升压功率因数校正电路,对交流电源AC负半周电压实现功率因数校正功能。第一电容C1以及第二电容C2为滤波电容,用于减小直流侧电压纹波。

[0134] 继续参考图12中所示,该整流器电路控制电路模块包括本示例实施方式中所提供的半导体开关驱动电路,该半导体开关驱动电路主要包括采样单元201、判断选取单元202以及驱动单元203,驱动单元203包括第一关断驱动单元和第二关断驱动单元以及导通驱动单元。

[0135] 采样单元201可以包括电流互感器、霍尔元件或者罗氏线圈等电流采样元件。除此之外,还可以采用串联采样电阻等方法,甚至直接采用采样器件两端的压降的方法。

[0136] 例如,在本示例实施方式中采样单元201可以包括霍尔元件H以及第一采样电阻 R_{s1} 。霍尔元件H用于感应采样节点的电流,霍尔元件H的第一端接地,第二端耦接判断选取单元202;第一采样电阻 R_{s1} 并联在霍尔元件H的第一端和第二端之间。本示例实施方式中,采样单元201的采样节点位于第一可控硅T1与第一电感 L_{f1} 之间或者第二可控硅T2与第二电感 L_{f2} 之间,在本公开的其他示例实施方式中,采样节点也可以位于主电路模块的其他位置。采样单元201中的霍尔元件H采样第一电感 L_{f1} 的电流作为采样电流 I_S ,由于第一电感 L_{f1} 的电流是直流信号,因此不需要做整流处理。采样电流 I_S 输入至下述判断选取单元202中第一比较器U1的一输入端,通过第一比较器U1与参考值 Ref 进行比较。判断选取单元202以及驱动单元的结构以及工作原理与图9中类似,在此不再重复说明。

[0137] 需要指出的是,本示例实施方式中的整流器电路也可以改成其他电路拓扑。第一半导体开关S1以及第二半导体开关S2包括MOSFET开关,IGBT开关,BJT开关或者多个MOSFET开关、IGBT开关或者BJT开关串/并联形成的开关中的一种或多种,其中,MOSFET可以是Si Mosfet,也可以是其他材料如宽禁带半导体材料制成的Mosfet,如SiC MOSFET,GaN Mosfet等等,本示例实施方式中对此不做特殊限定。

[0138] 示例实施方式二

[0139] 本示例实施方式中以半导体开关驱动电路中的关断参数为关断驱动单元的关断电流为例,则于驱动控制信号为第一控制信号时,判断选取单元选取一关断电流与判断得到的工作状态适配的关断驱动单元去关断半导体开关。例如,关断驱动单元包括第一关断驱动单元和第二关断驱动单元,第一关断驱动单元的关断电流小于第二关断驱动单元的关断电流,则判断选取单元在接收参考值和采样电流后,对参考值与采样电流进行比较:若采样电流大于参考值,则可以选取第一关断驱动单元关断半导体开关;若采样电流小于或等于参考值,则可以选取第二关断驱动单元关断半导体开关。下面结合图13进行更详细的说明。

[0140] 参考图13中所示,半导体开关驱动电路应用于一逆变器电路。该逆变器电路的主电路模块与示例实施方式一中逆变器电路的主电路模块结构类似。该逆变器电路控制电路模块包括本示例实施方式中所提供的半导体开关驱动电路,该半导体开关驱动电路主要包括采样单元201、判断选取单元202以及驱动单元203,驱动单元203包括第一关断驱动单元和第二关断驱动单元以及一导通驱动单元。

[0141] 采样单元201可以包括电流互感器、霍尔元件或者罗氏线圈等电流采样元件。除此之外,还可以采用串联采样电阻等方法,甚至直接采用采样器件两端的压降的方法。采样单元201采样得到的采样电流IS的输入至下述判断选取单元202中第一比较器U1的一输入端,通过第一比较器U1与参考值Ref进行比较。本示例实施方式中采样单元201的实施方式与示例实施方式一中类似,在此不再赘述。

[0142] 判断选取单元202可以包括第一比较器U1以及第一与门U3。第一比较器U1的输入端接收采样电流IS及参考值Ref,并根据采样电流IS和参考值Ref的比较结果输出第一比较信号。例如,如果采样电流IS的绝对值小于参考值Ref,则第一比较器U1输出高电平的第一比较信号,如果采样电流IS的绝对值大于参考值Ref,则第一比较器U1输出低电平的第一比较信号。第一与门U3的一输入端接收第一比较信号,另一输入端接收驱动控制信号DS,第一与门U3对接收到的信号进行“与”运算后输出一信号至第二开关器件Q3控制端。本示例实施方式中,半导体开关驱动电路还可以包括第一非门U5,第一非门U5的输入端接收原始控制信号D0,第一非门U5对原始控制信号D0进行“非”运算后输出上述驱动控制信号DS。

[0143] 第一关断驱动单元可以包括第一开关器件Q1以及第一关断电阻 R_{off1} 。第一开关器件Q1的输入端耦接低电位端-Vee,第一开关器件Q1的控制端接收驱动控制信号DS;第一关断电阻 R_{off1} 的第一端耦接第一开关器件Q1输出端,第一关断电阻 R_{off1} 的第二端耦接第一半导体开关S1的控制端。在本示例实施方式中,该半导体开关驱动电路中的开关器件可以包括MOSFET开关、IGBT开关以及BJT开关等中的一种或多种,其中,MOSFET开关可以包括Si Mosfet开关、SiC MOSFET开关或者GaN Mosfet开关等等。

[0144] 第二关断驱动单元可以包括第一开关器件Q1、第一关断电阻 R_{off1} 以及耦合电容C3、第一电阻R1、第二比较器U2、第二电阻R2以及第二开关器件Q3。耦合电容C3的第一端接收判断选取单元202输出的信号;第一电阻R1的第一端耦接耦合电容C3第二端,第一电阻R1的第二端耦接接地端;第二比较器U2的输入端分别耦接第一电阻R1的第一端和接地端,并根据第一电阻R1的第一端和第一电阻R1的接地端的电位比较结果输出第二比较信号;第二电阻R2的第一端耦接低电位端-Vee;第二开关器件Q3的输入端耦接第二电阻R2的第二端,第二开关器件Q3的输出端耦接第一半导体开关S1的控制端,第二开关器件Q3的控制端接收第二比较信号并据以导通或关断第二开关器件Q3。容易理解的是,本示例实施方式中虽然第二关断驱动单元共用第一关断驱动单元的部分组件,但在其他示例实施方式中,第一关断驱动单元和第二关断驱动单元也可以为各自独立的电路。

[0145] 于使用时,当驱动控制信号DS为第一控制信号,如高电平时,第一开关器件Q1导通。且当采样电流IS的绝对值大于参考值Ref,则第一比较器U1输出的比较信号为低电平,第一与门U3的输出为低电平信号,第二开关器件Q3因此关断,此时第一关断驱动单元工作,并关断第一半导体开关S1;而当采样电流IS的绝对值小于或等于参考值Ref,第一与门U3输出高电平信号,第一电阻R1两侧的电压瞬间变高,因此第二比较器U2输出高电平信号以驱

动第二开关器件Q3导通,得到一个电流源 i_{dc} ,其中 $i_{dc} = (V_{cc} - V_{ee} - 0.7V) / R_2$ (0.7V为第二开关器件Q3的阈值电压),此时的关断电流在第一关断驱动单元的关断电流的基础上再加上 i_{dc} ,关断电流增加,第一半导体开关S1的关断速度增加,也减少了第一半导体开关S1的关断损耗。在上述过程中,经过一定的时间后,即使第一与门U3的输出端仍为高电平信号,第一电阻R1两侧的电压会降到零,由耦合电容C3承受第一与门U3输出的高电平,因此第二比较器U2会输出低电平信号,驱动第二开关器件Q3关断,电流源 i_{dc} 被切出关断驱动单元。

[0146] 导通驱动单元可以包括第四开关器件Q7以及导通电阻 R_{on} 。第四开关器件Q7的输入端耦接高电位端+Vcc,第四开关器件Q7的控制端接收驱动控制信号DS;导通电阻 R_{on} 的第一端耦接第四开关器件Q7输出端,导通电阻 R_{on} 的第二端耦接第一半导体开关S1的控制端。于使用时,当驱动控制信号DS为第二控制信号,如低电平时,第四开关器件Q7导通,半导体开关S1的控制端的电压被抬高,因此第一半导体开关S1导通。

[0147] 需要指出的是,本示例实施方式中的半导体开关驱动电路虽然是用于逆变器电路中,但其也可以应用于直流变换电路等其他电路,本示例实施方式中对此不做特殊限定。

[0148] 示例实施方式三

[0149] 本示例实施方式中以半导体开关驱动电路中的关断参数为关断驱动单元的关断电压为例,则判断选取单元选取一关断电压与判断得到的工作状态适配的关断驱动单元去关断半导体开关。例如,关断驱动单元包括第一关断驱动单元和第二关断驱动单元,第一关断驱动单元的关断电压低于第二关断驱动单元的关断电压,则判断选取单元在接收参考值和采样电流后,对参考值与采样电流进行比较:若采样电流大于参考值,则可以选取第一关断驱动单元关断半导体开关;若采样电流小于或等于参考值,则可以选取第二关断驱动单元关断半导体开关。下面结合图14进行更详细的说明。

[0150] 参考图14中所示,半导体开关驱动电路应用于一逆变器电路。该逆变器电路主电路模块与示例实施方式一中逆变器电路主电路模块结构类似。该逆变器电路控制电路模块包括本示例实施方式中所提供的半导体开关驱动电路,该半导体开关驱动电路主要包括采样单元201、判断选取单元202以及驱动单元203,驱动单元203包括第一关断驱动单元和第二关断驱动单元以及一导通驱动单元。

[0151] 采样单元201可以包括电流互感器、霍尔元件或者罗氏线圈等电流采样元件。除此之外,还可以采用串联采样电阻等方法,甚至直接采用采样器件两端的压降的方法。采样单元201采样得到的采样电流IS的输入至下述判断选取单元202中第一比较器U1的一输入端,通过第一比较器U1与参考值Ref进行比较。本示例实施方式中采样单元201的实施方式与示例实施方式一中类似,在此不再赘述。

[0152] 判断选取单元202可以包括第一比较器U1、第一非门U5、第一与门U3以及第二与门U4。第一比较器U1的输入端接收采样电流IS及参考值Ref,并根据采样电流IS和参考值Ref的比较结果输出比较信号;例如,如果采样电流IS的绝对值小于参考值Ref,则第一比较器U1输出高电平的比较信号,如果采样电流IS的绝对值大于参考值Ref,则第一比较器U1输出低电平的比较信号。第一非门U5的输入端接收比较信号并对接收到的信号进行“非”运算后输出一信号。第一与门U3的输入端接收驱动控制信号DS及第一非门U5输出的信号,并对接收的信号进行“与”运算后输出第一信号至第一开关器件Q1控制端。第二与门U4的输入端接收驱动控制信号DS及比较信号,并对接收的信号进行“与”运算后输出第二信号至第二开关

器件Q3控制端。本示例实施方式中,半导体开关驱动电路还可以包括第二非门U6,第二非门U6的输入端接收原始控制信号D0,第二非门U6对原始控制信号D0进行“非”运算后输出驱动控制信号DS。

[0153] 第一关断驱动单元可以包括第一开关器件Q1以及第一关断电阻 R_{off1} 。第一开关器件Q1的输入端耦接第一低电位端-Vee1,第一开关器件Q1的控制端接收判断选取单元202输出的第一信号;第一关断电阻 R_{off1} 的第一端耦接第一开关器件Q1的输出端,第一关断电阻 R_{off1} 的第二端耦接第一半导体开关S1的控制端。在本示例实施方式中,该半导体开关驱动电路中的开关器件可以包括MOSFET开关、IGBT开关以及BJT开关等中的一种或多种,其中,MOSFET开关可以包括Si Mosfet开关、SiC MOSFET开关或者GaN Mosfet开关等等。

[0154] 第二关断驱动单元可以包括第一关断电阻 R_{off1} 以及第二开关器件Q3。第二开关器件Q3的输入端耦接第二低电位端-Vee2,第二开关器件Q3的输出端耦接第一关断电阻 R_{off1} 的第一端,第二开关器件Q3的控制端接收判断选取单元202输出的第二信号。容易理解的是,本示例实施方式中虽然第二关断驱动单元共用第一关断驱动单元的部分组件,但在其他示例实施方式中,第一关断驱动单元和第二关断驱动单元也可以为各自独立的电路。

[0155] 于使用时,当采样电流IS的绝对值大于参考值Ref时,则第一比较器U1输出的比较信号为低电平,因此输入至第一与门U3和第二与门U4的一输入端的信号分别为高电平和低电平。另,当驱动控制信号DS为第一控制信号,如高电平时,输入至第一与门U3和第二与门U4的另一输入端的信号均为高电平。此时,第一与门U3输出的第一信号为高电平,第二与门U4输出的第二信号为低电平,因此第一开关器件Q1导通,第二开关器件Q2关断,第一关断驱动单元通过第一关断电阻 R_{off1} 与第一关断电压(即第一低电位端-Vee1的电压)对第一半导体开关S1实现关断;而当采样电流IS的绝对值小于或等于参考值Ref时,过程正好相反,此时,第二开关器件Q2导通,第一开关器件Q1关断,第二关断驱动单元通过第一关断电阻 R_{off1} 与第二关断电压(即第二低电位端-Vee2的电压)对第一半导体开关S1实现关断。本示例实施方式中,设定第二低电位端Vee2的电压值大于第一低电位端Vee1的电压值,可实现在输出电流较小时,提高关断速度,减少开关损耗,并于输出电流较大时,降低关断速度,满足电压应力要求。

[0156] 导通驱动单元可以包括第四开关器件Q7以及导通电阻 R_{on} 。第四开关器件Q7的输入端耦接高电位端+Vcc,控制端接收驱动控制信号DS;导通电阻 R_{on} 的第一端耦接第四开关器件Q7的输出端,导通电阻 R_{on} 的第二端耦接第一半导体开关S1的控制端。于使用时,当驱动控制信号DS为第二控制信号,如低电平时,第四开关器件Q7导通,半导体开关S1的控制端的电压被抬高,因此第一半导体开关S1导通。

[0157] 需要指出的是,本示例实施方式中的半导体开关驱动电路虽然是用于逆变器电路中,但其也可以应用于直流变换电路等其他电路,本示例实施方式中对此不做特殊限定。

[0158] 示例实施方式四

[0159] 在上述示例实施方式中,关断驱动单元包括均包括两个关断驱动单元。但容易理解的是,关断驱动单元同样可以包括更多的关断驱动单元。本示例实施方式中以半导体开关驱动电路中的关断参数为关断驱动单元的关断电压、关断驱动单元包括第一关断驱动单元、第二关断驱动单元和第三关断驱动单元为例,判断选取单元选取一关断电压与判断得到的工作状态适配的关断驱动单元去关断半导体开关。例如,第一关断驱动单元、第二关断

驱动单元以及第三关断驱动单元的关断电压依次上升,判断选取单元接收第一参考值及大于第一参考值的第二参考值,并与采样电流 I_S 比较;若采样电流 I_S 大于第二参考值,则可以选取第一关断驱动单元关断半导体开关;若采样电流 I_S 大于第一参考值且不大于第二参考值,则可以选取第二关断驱动单元关断半导体开关;若采样电流 I_S 不大于第一参考值,则可以选取第三关断驱动单元关断半导体开关。下面结合图15进行更详细的说明。

[0160] 参考图15中所示,半导体开关驱动电路应用于一逆变器电路。该逆变器电路主电路模块与示例实施方式一中逆变器电路主电路模块结构类似。该逆变器电路控制电路模块包括本示例实施方式中所提供的半导体开关驱动电路,该半导体开关驱动电路主要包括采样单元201、判断选取单元202以及驱动单元203,驱动单元203包括第一关断驱动单元、第二关断驱动单元和第三关断驱动单元以及一导通驱动单元。

[0161] 采样单元201可以包括电流互感器、霍尔元件或者罗氏线圈等电流采样元件。除此之外,还可以采用串联采样电阻等方法,甚至直接采用采样器件两端的压降的方法。采样单元201采样得到的采样电流 I_S 的输入至下述判断选取单元202中模数转换器U7的一输入端,通过比较器与参考值进行比较。本示例实施方式中采样单元201的实施方式与示例实施方式一中类似,在此不再赘述。

[0162] 第一关断驱动单元可以包括第一开关器件Q1以及第一关断电阻 R_{off1} 。第一开关器件Q1的输入端耦接第一低电位端-Vee1,第一开关器件Q1的控制端接收判断选取单元202输出的第一信号;第一关断电阻 R_{off1} 的第一端耦接第一开关器件Q1输出端,第一关断电阻 R_{off1} 的第二端耦接第一半导体开关S1的控制端。在本示例实施方式中,该半导体开关驱动电路中的开关器件可以包括MOSFET开关、IGBT开关以及BJT开关等中的一种或多种,其中,MOSFET开关可以包括Si Mosfet开关、SiC MOSFET开关或者GaN Mosfet开关等等。

[0163] 第二关断驱动单元可以包括第一关断电阻 R_{off1} 以及第二开关器件Q3。第二开关器件Q3的输入端耦接第二低电位端-Vee2,在本示例实施方式中,第二低电位端-Vee2的电位高于第一低电位端-Vee1的电位。第二开关器件Q3的输出端耦接第一关断电阻 R_{off1} 的第一端,第二开关器件Q3的控制端接收判断选取单元202输出的第二信号并据以导通或关断第二开关器件Q3。容易理解的是,本示例实施方式中虽然第二关断驱动单元共用第一关断驱动单元的部分组件,但在其他示例实施方式中,第一关断驱动单元和第二关断驱动单元也可以为各自独立的电路。

[0164] 第三关断驱动单元可以包括第一关断电阻 R_{off1} 以及第三开关器件Q5。第三开关器件Q5的输入端耦接第三低电位端-Vee3,在本示例实施方式中,第三低电位端-Vee3的电位高于第二低电位端-Vee2的电位。第三开关器件Q5的输出端耦接第一关断电阻 R_{off1} 的第一端,第三开关器件Q5的控制端接收判断选取单元202输出的第三信号并据以导通或关断第三开关器件Q5。容易理解的是,本示例实施方式中虽然第三关断驱动单元共用第一关断驱动单元和第二关断驱动单元的部分组件,但在其他示例实施方式中,第一关断驱动单元、第二关断驱动单元和第三关断驱动单元也可以为各自独立的电路。

[0165] 判断选取单元202可以包括模数转换器U7以及数字控制器U8。模数转换器U7的输入端接收采样电流 I_S 并对采样电流 I_S 进行模数转换后输出一数字信号。数字控制器U8的输入端分别接收驱动控制信号DS以及采样电流 I_S ,并结合接收到的数字信号进行运算处理后输出第一信号En1至第一开关器件Q1控制端,或者输出一第二信号En2至第二开关器件Q3控

制端,或者输出一第三信号En3至第三开关器件Q5控制端;在其他示例实施方式中,数字控制器U8也可以用模拟电路器件替代,此处不再赘述。本示例实施方式中,半导体开关驱动电路还可以包括第一非门U5,第一非门U5的输入端接收原始控制信号D0,第一非门U5对原始控制信号D0进行“非”运算后输出驱动控制信号DS。

[0166] 于使用时,数字控制器U8将采样电流IS与内部设置的两个不同的参考值进行比较,本示例实施方式中参考值包括第一参考值和第二参考值,并且第一参考值小于第二参考值。若比较结果为采样电流IS大于第二参考值,则数字控制器U8输出第一信号,例如高电平,至第一开关器件Q1控制端,从而驱动第一开关器件Q1导通,利用第一关断电压(即第三低电位端-Vee1的电压)对第一半导体开关S1进行关断。若比较结果为采样电流IS小于第二参考值且大于第一参考值,则数字控制器U8输出第二信号,例如高电平,至第二开关器件Q3控制端,从而驱动第二开关器件Q3导通,利用第二关断电压(即第二低电位端-Vee2的电压)对第一半导体开关S1进行关断。若比较结果为采样电流IS小于第一参考值,则数字控制器U8输出第三信号,例如高电平,至第三开关器件Q5控制端,从而驱动第三开关器件Q5导通,利用第三关断电压(即第三低电位端-Vee3的电压)对第一半导体开关S1进行关断。

[0167] 需要指出的是,本示例实施方式中的半导体开关驱动电路虽然是用于逆变器电路中,但其也可以应用于直流变换电路等其他电路。本示例实施方式中的半导体开关驱动电路中关断参数为关断电压,但其也可以是关断电阻、关断电流等其他关断参数。此外,本示例实施方式中的半导体开关驱动电路虽然仅具有三种关断驱动单元,但在实际应用中可扩展到三种及以上的关断驱动单元,本示例实施方式中对此均不做特殊限定。

[0168] 示例实施方式五

[0169] 本示例实施方式中提供了一种半导体开关驱动方法,该半导体开关驱动方法应用于如图6-图15所示的包括多个具有不同关断参数的关断驱动单元及一导通驱动单元的半导体开关驱动电路。参考图16中所示,该半导体开关驱动方法可以包括步骤:

[0170] S10. 采样一能够反映半导体开关工作状态的采样电流。在其他示例实施方式中,还可以包括对采样得到的电流进行整流等处理后得到采样电流。

[0171] S12. 接收一驱动控制信号及一或多个参考值。

[0172] S14. 判断驱动控制信号为第一控制信号还是第二控制信号:于驱动控制信号为第一控制信号时,转至步骤S16,以及于驱动控制信号为第二控制信号时,转至步骤S18。

[0173] S16. 根据采样电流及参考值判断半导体开关的工作状态,选取一关断参数与判断得到的工作状态适配的关断驱动单元去关断一半导体开关;

[0174] S18. 选取导通驱动单元导通半导体开关。

[0175] 当半导体开关驱动电路包括关断速度依次降低的第1关断驱动单元至第M关断驱动单元时,则选取一关断参数与判断得到的工作状态适配的关断驱动单元去关断一半导体开关可以包括:

[0176] 将采样电流与依次升高的第1参考值至第M-1参考值进行比较,并根据比较结果执行以下步骤之一:

[0177] 若采样电流不大于第1参考值,则选取第1关断驱动单元关断半导体开关;

[0178] 若采样电流大于第N参考值且不大于第N+1参考值,则选取第N+1关断驱动单元关断半导体开关,其中 $1 \leq N \leq M-1$;

- [0179] 若采样电流大于第M-1参考值,则选取第M关断驱动单元关断半导体开关。
- [0180] 参考图17中所示,为上述M=3,步骤S12中驱动控制信号为第一控制信号时,半导体开关驱动方法的一种实施方式流程示意图。该半导体开关驱动方法可以包括步骤:
- [0181] S101.采样一能够反映半导体开关工作状态的电流信号。
- [0182] S102.判断步骤S101中采样得到的电流信号是否为直流信号:
- [0183] 若不是直流信号,则转至步骤S103;若是直流信号,则转至步骤S104。
- [0184] S103.对步骤S101中采样得到的电流信号进行整流,并将整流后的电流信号的绝对值作为采样电流。
- [0185] S104.将步骤S101中采样得到的电流信号的绝对值作为采样电流。
- [0186] S141.判断采样电流是否大于第2参考值:
- [0187] 若采样电流大于第2参考值,则转至步骤S142;若采样电流小于或等于第2参考值,则转至步骤S143。
- [0188] S142.选取第3关断驱动单元关断半导体开关。第3关断驱动单元具有较慢的关断速度,因此可以保证在较大电流时满足半导体开关的电压应力要求。
- [0189] S143.判断采样电流是否大于第1参考值:
- [0190] 若采样电流大于第1参考值,则转至步骤S144;若采样电流小于或等于第1参考值,则转至步骤S145。
- [0191] S144.选取第2关断驱动单元关断半导体开关。第2关断驱动单元的关断速度适中,从而即可以保证较小的关断损耗,又可以满足半导体开关的电压应力要求。
- [0192] S145.选取第1关断驱动单元关断半导体开关。第1关断驱动单元具有较快的关断速度,因此可以进一步减小关断损耗,同时可以满足半导体开关的电压应力要求。
- [0193] 关于上述示例实施方式中的半导体开关驱动方法,其中各个步骤执行操作的具体方式已经在有关该半导体开关驱动电路的示例实施方式实施例中进行了详细描述,此处将不做详细阐述说明。
- [0194] 综上所述,本公开中通过设置多个具有不同关断参数的关断驱动单元并获取半导体开关的工作状态,进而根据半导体开关的工作状态选取关断参数与半导体开关的工作状态适配的关断驱动单元去关断半导体开关,从而一方面可以获得较小开关损耗,提高系统效率,另一方面可以提高系统的安全特性,增加系统的可靠性。
- [0195] 本公开已由上述相关实施例加以描述,然而上述实施例仅为实施本公开的范例。必需指出的是,已揭露的实施例并未限制本公开的范围。相反地,在不脱离本公开的精神和范围内所作的更动与润饰,均属本公开的专利保护范围。

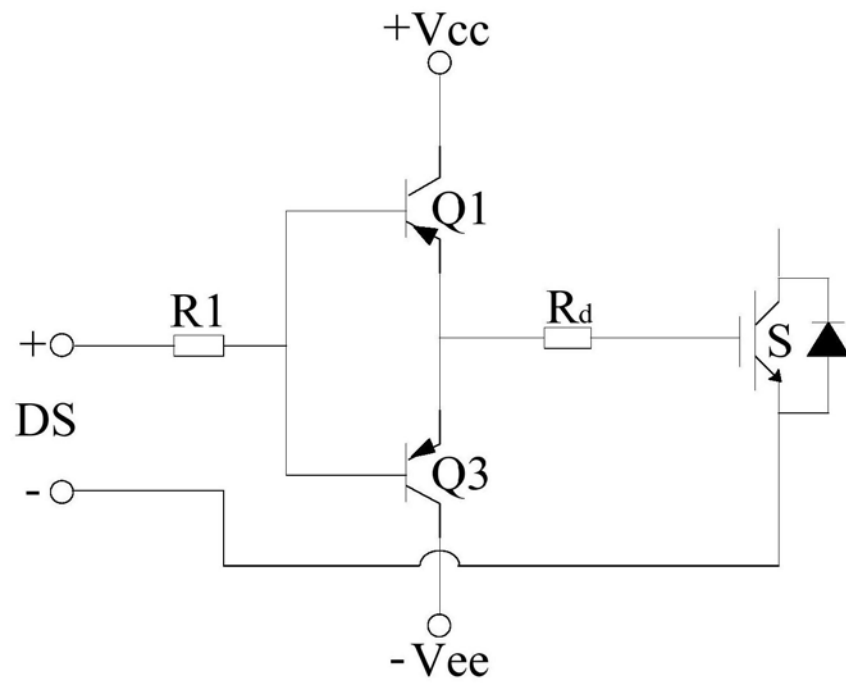


图1

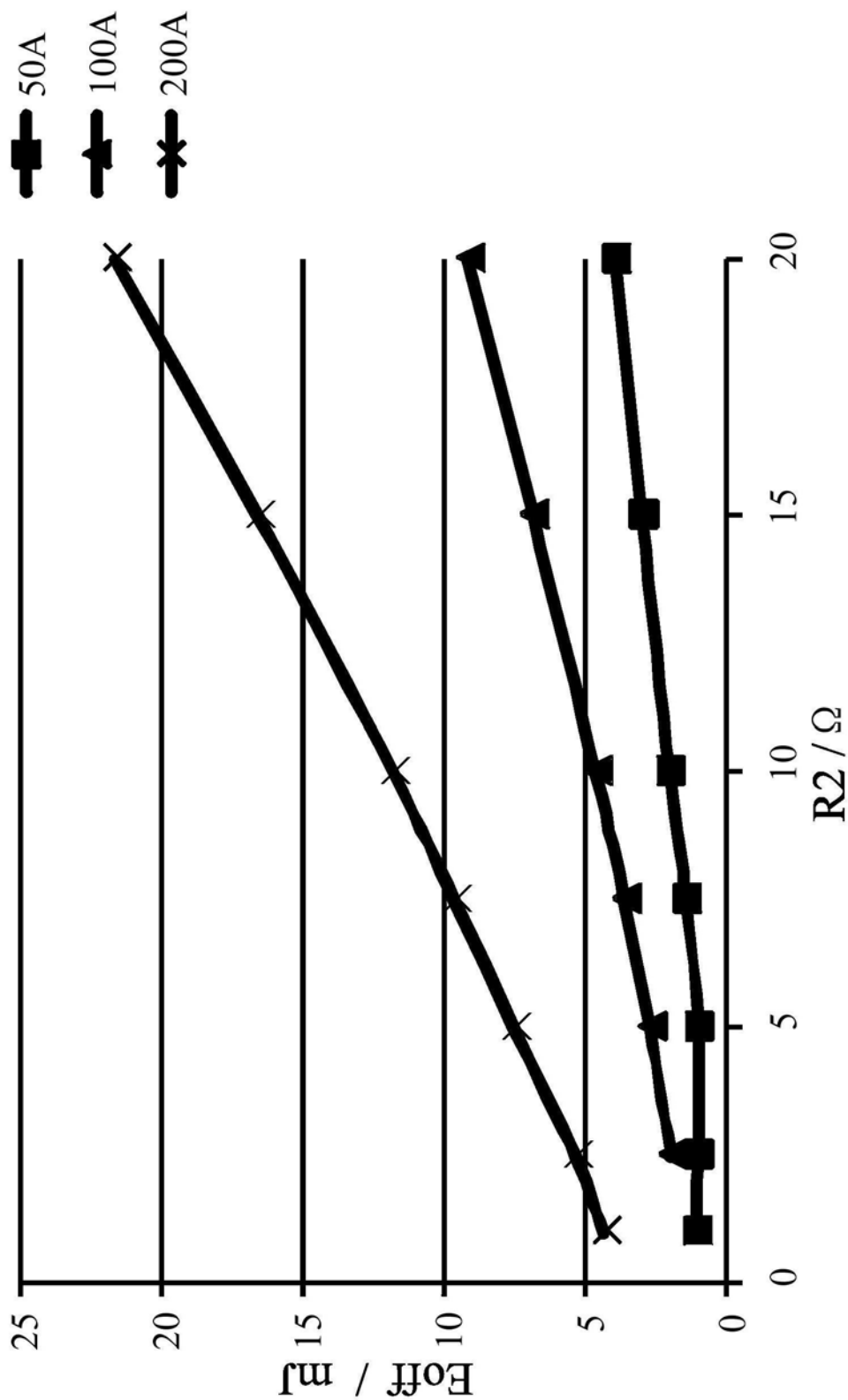


图2A

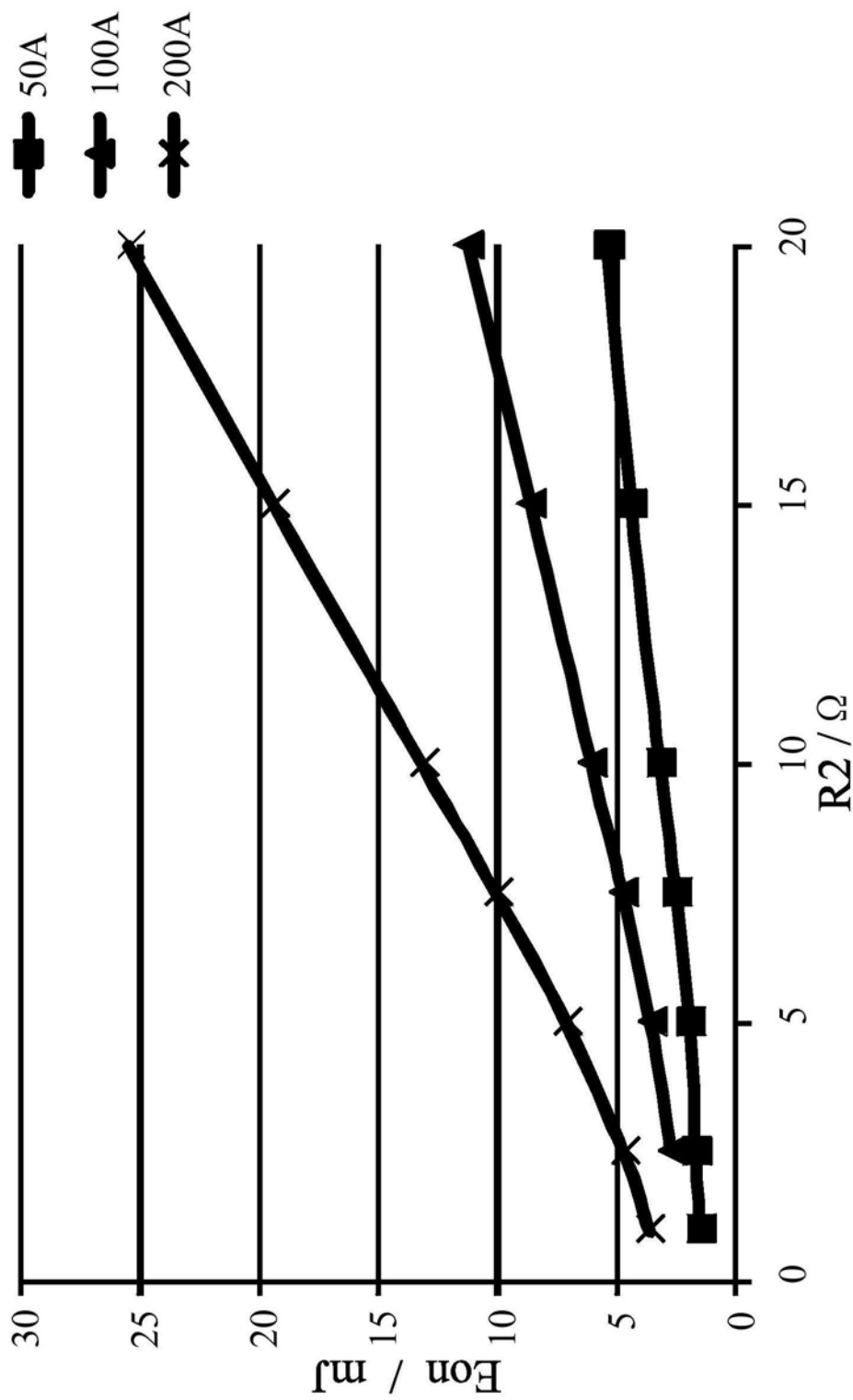


图2B

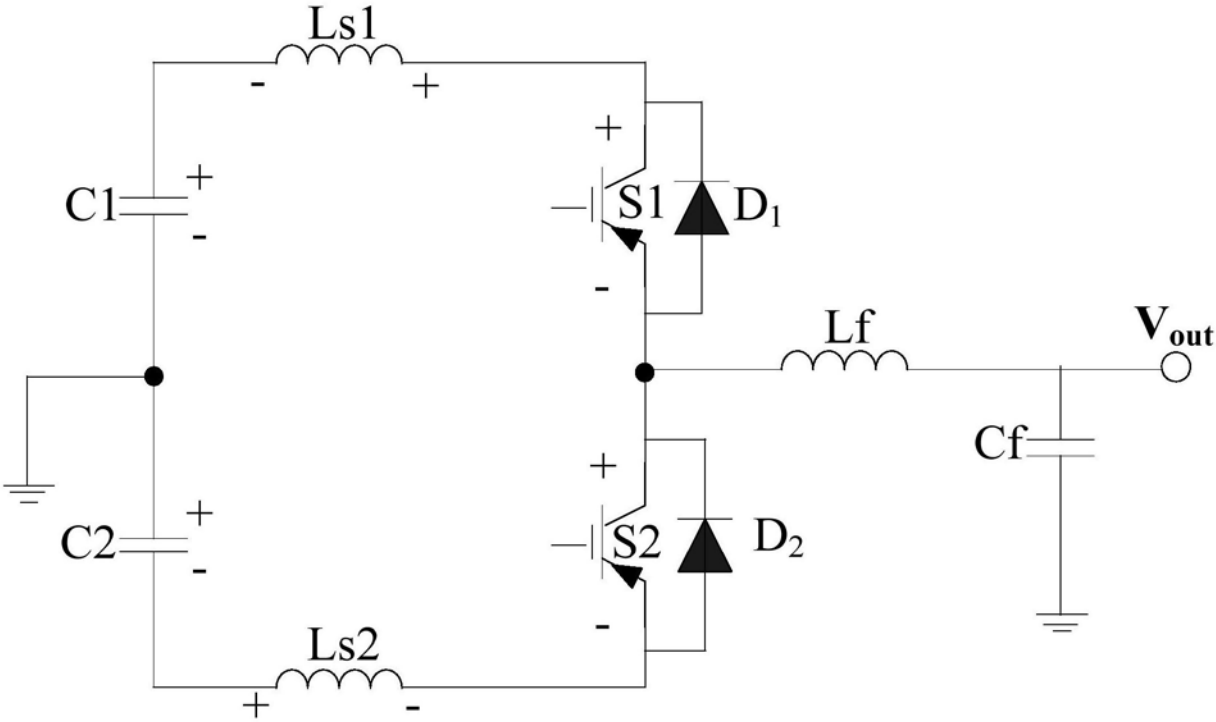


图3

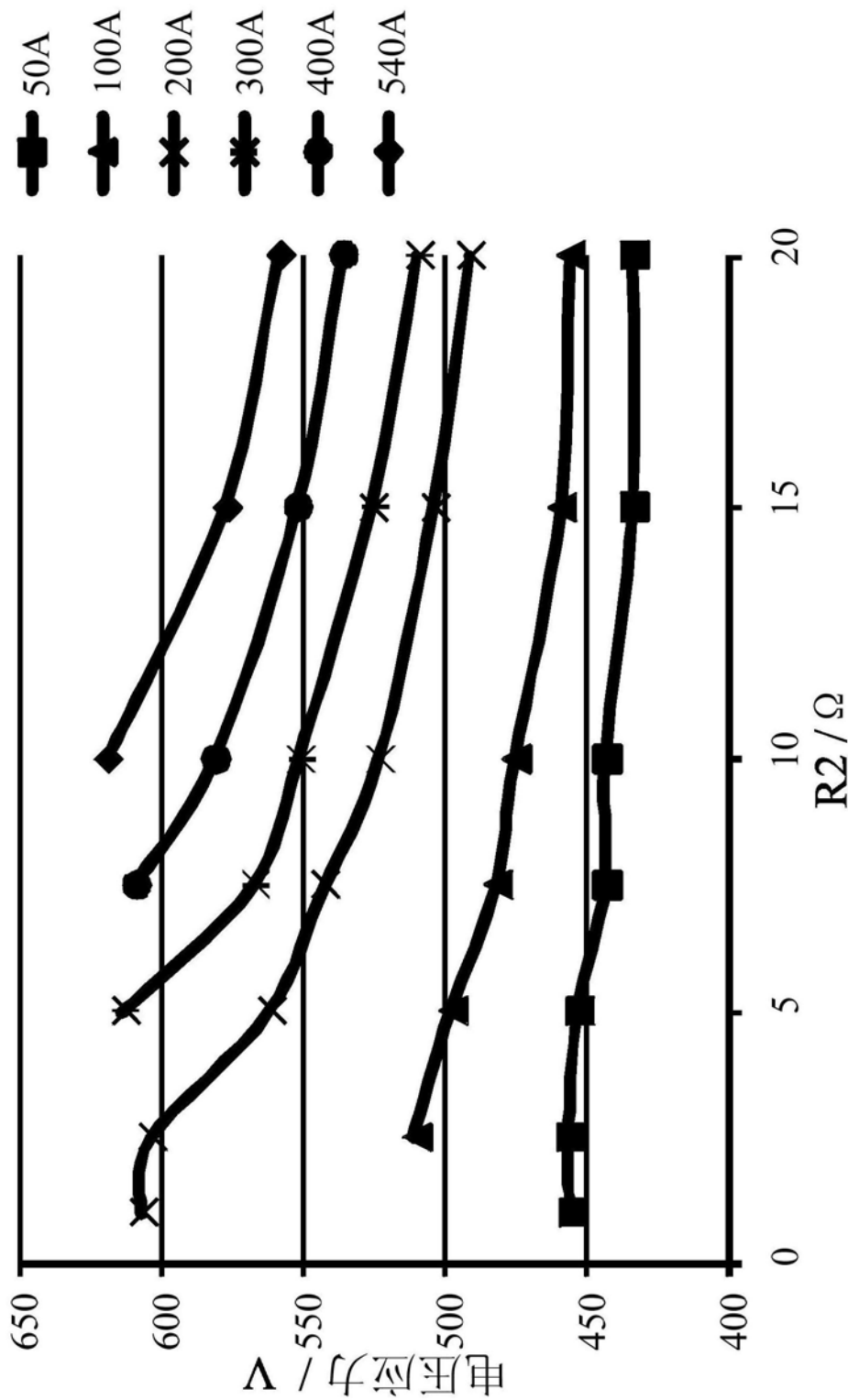


图4

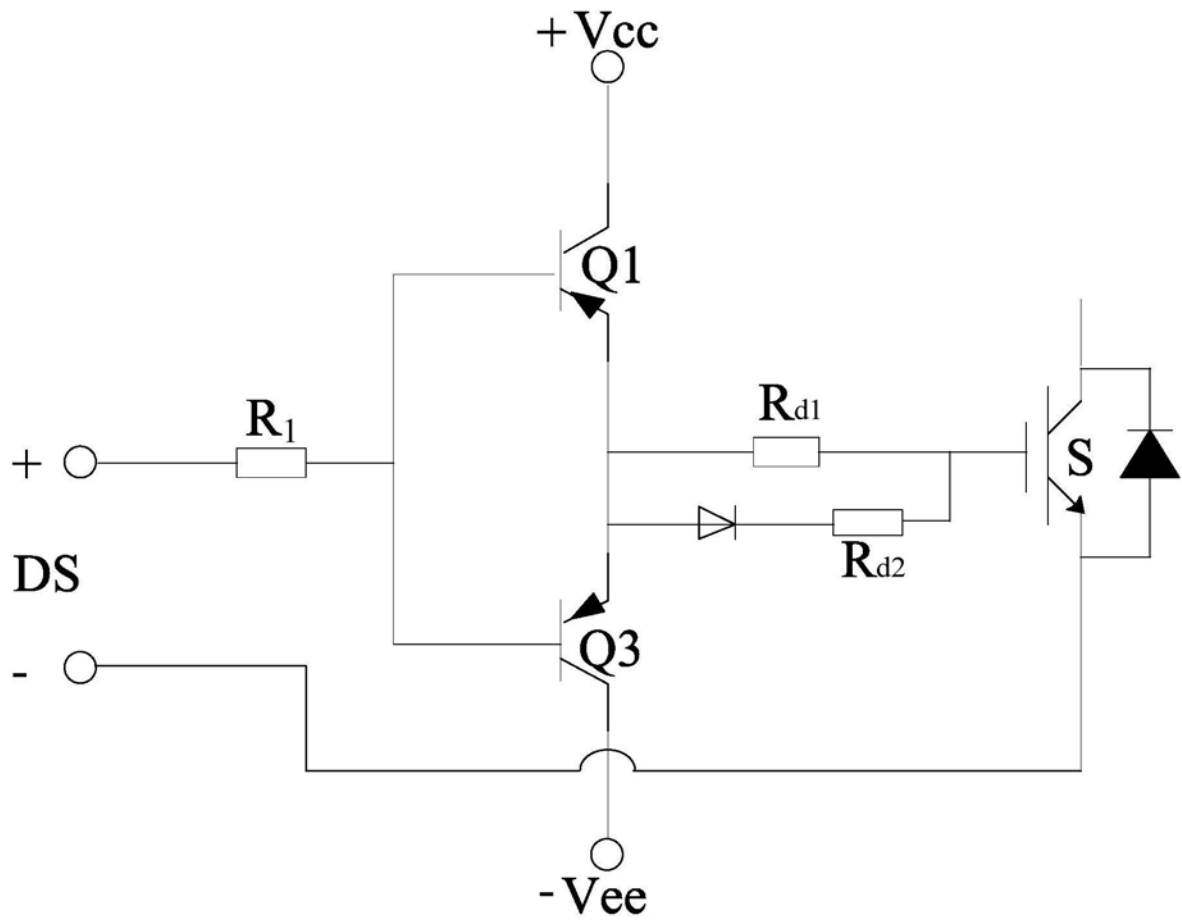


图5

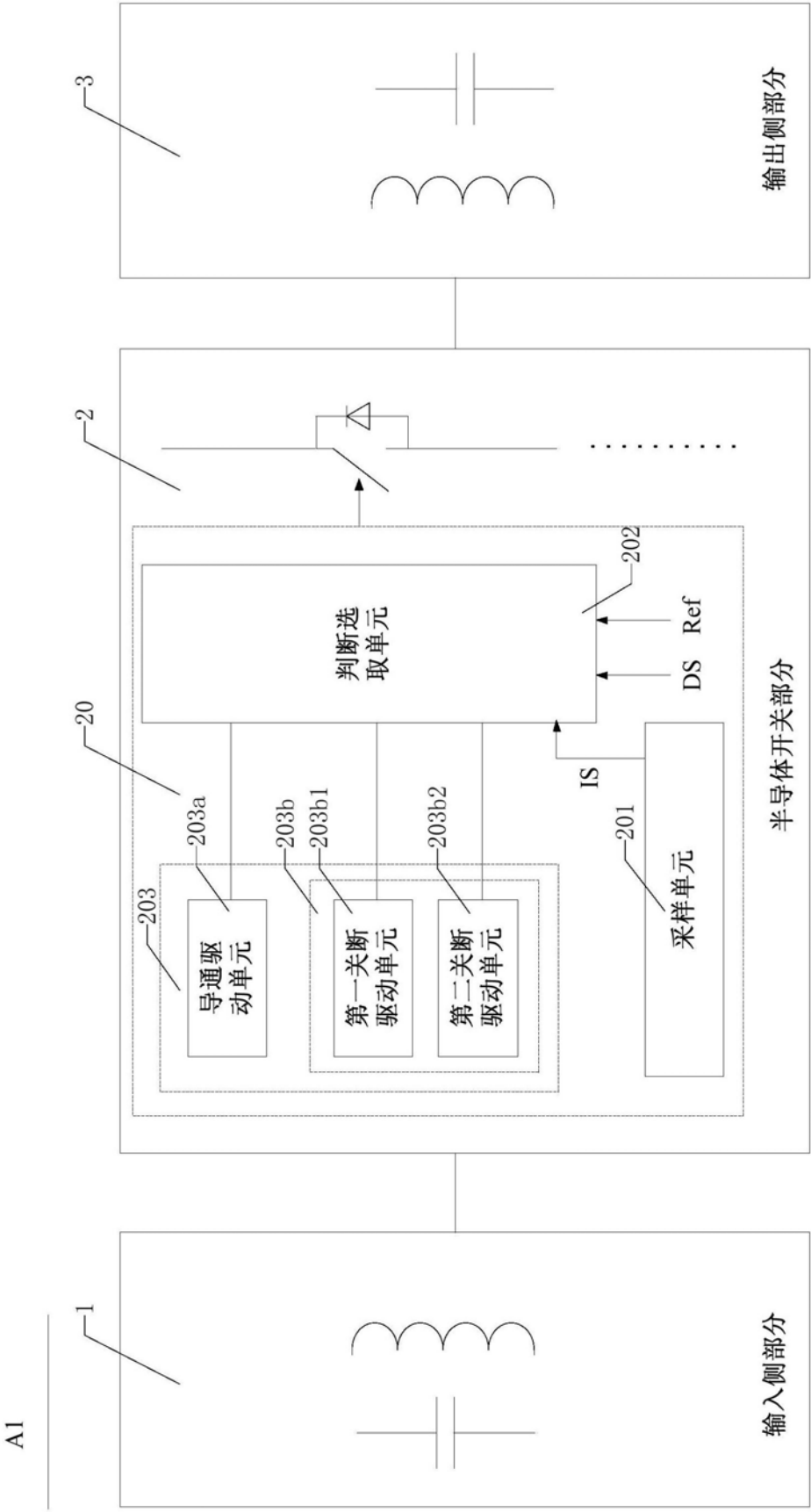


图6

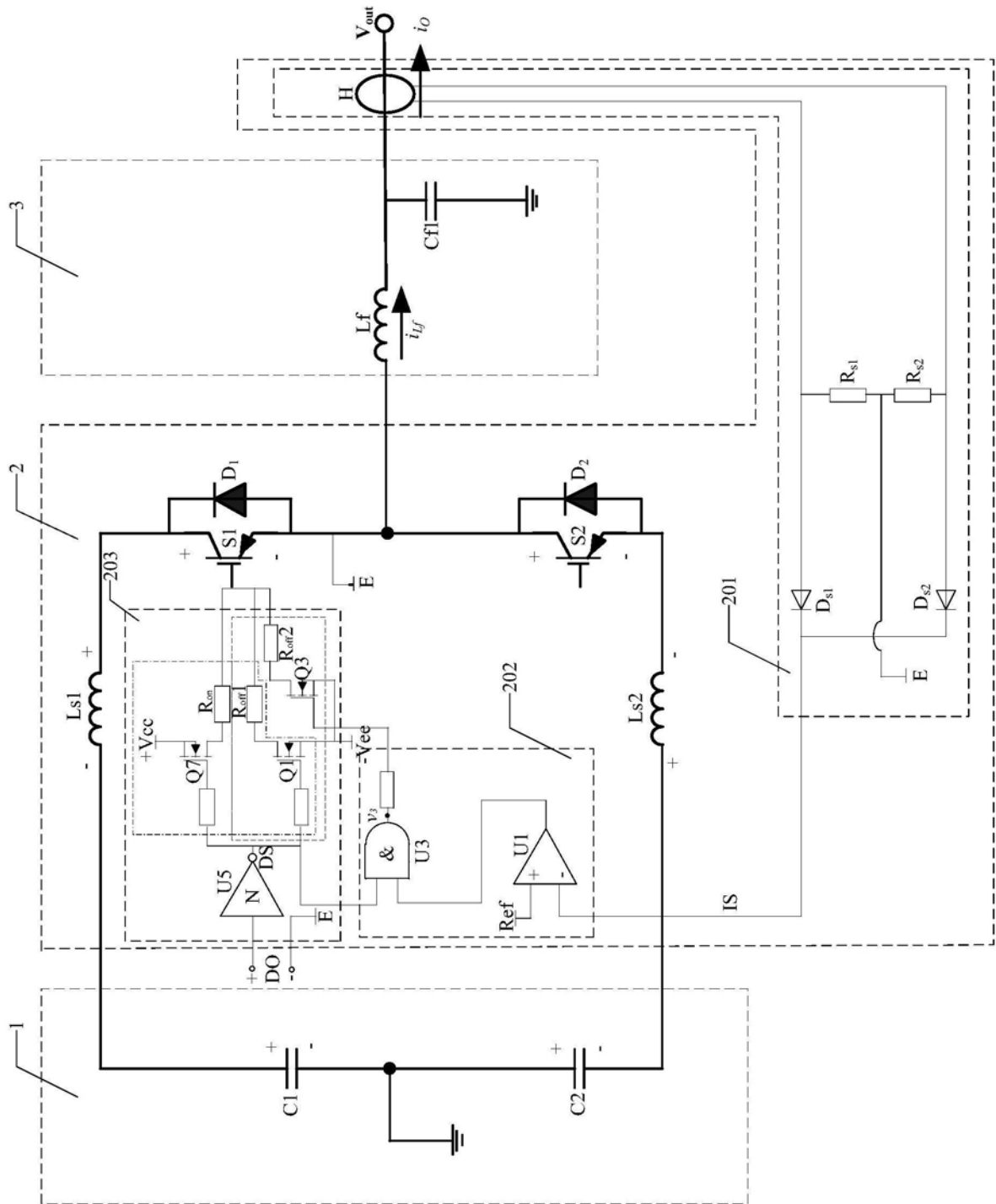


图7

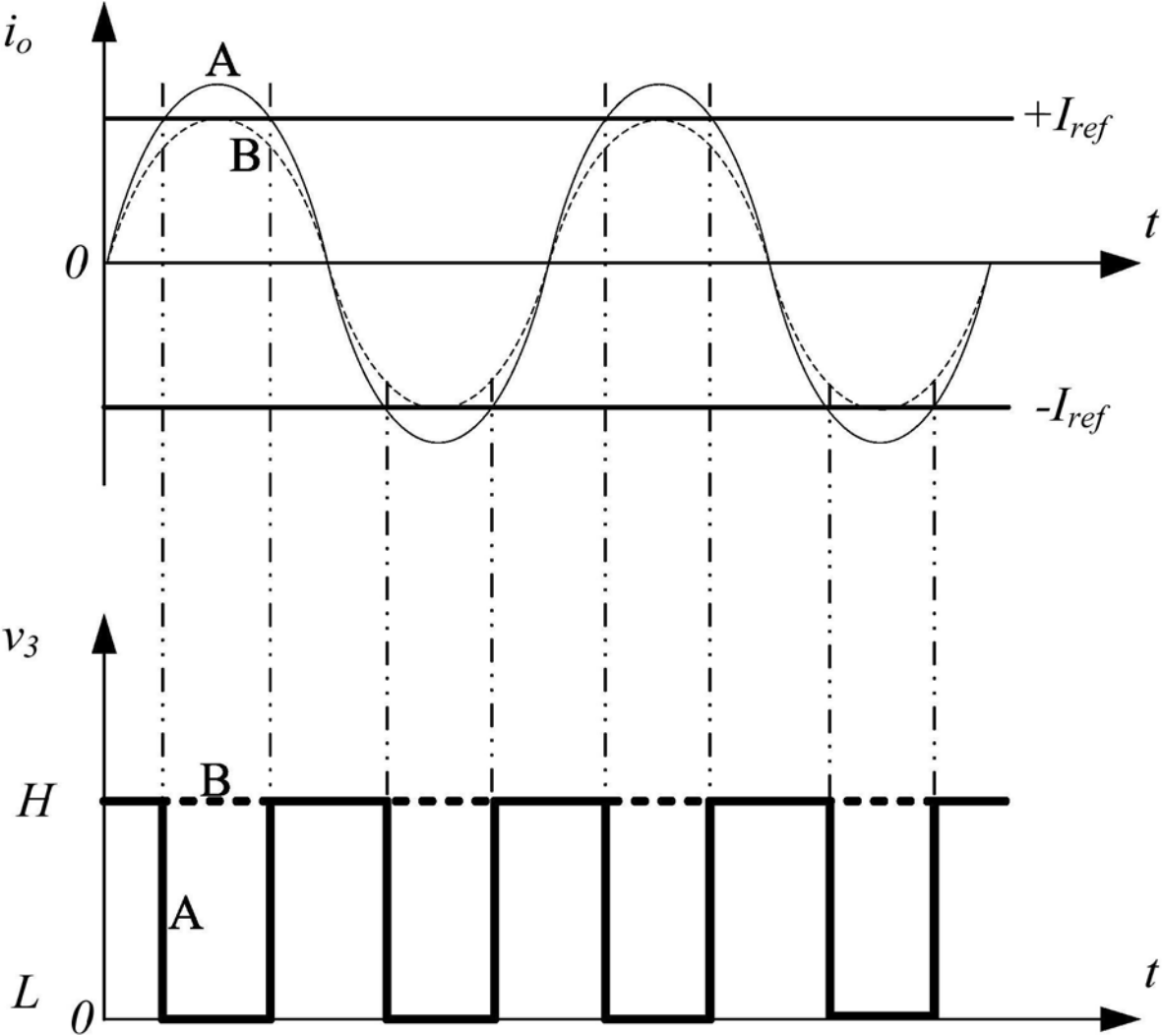


图8

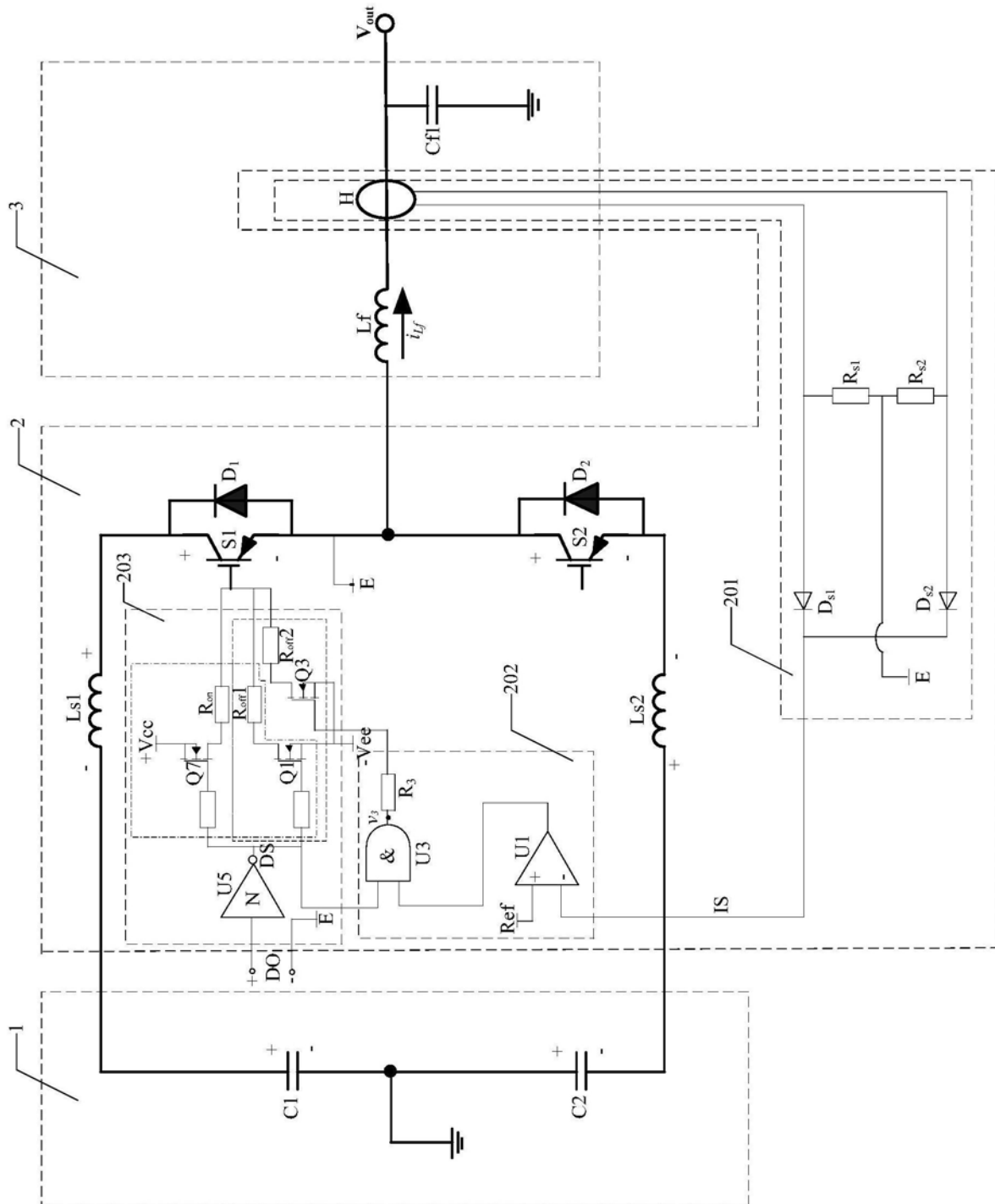


图9

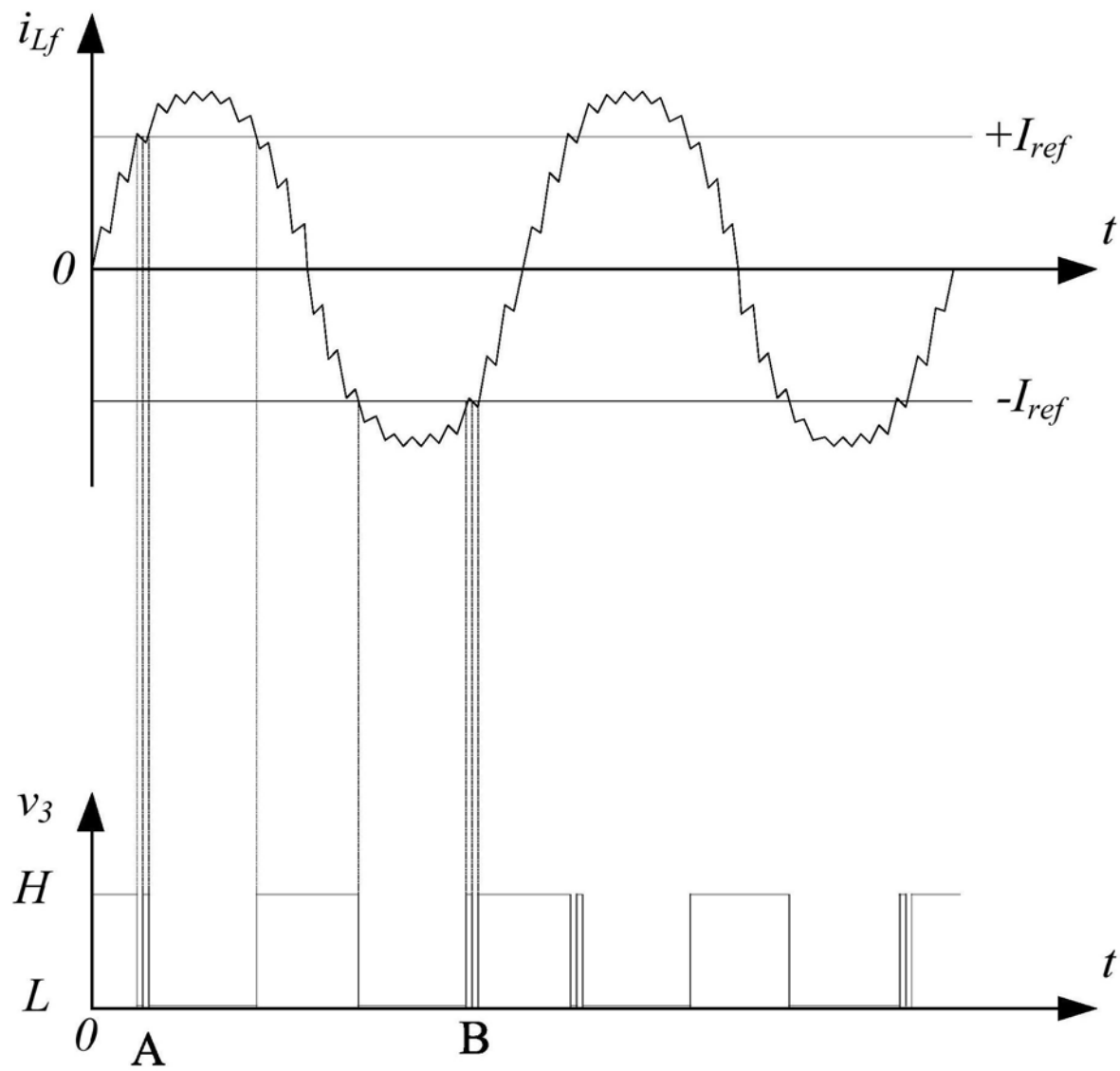


图10

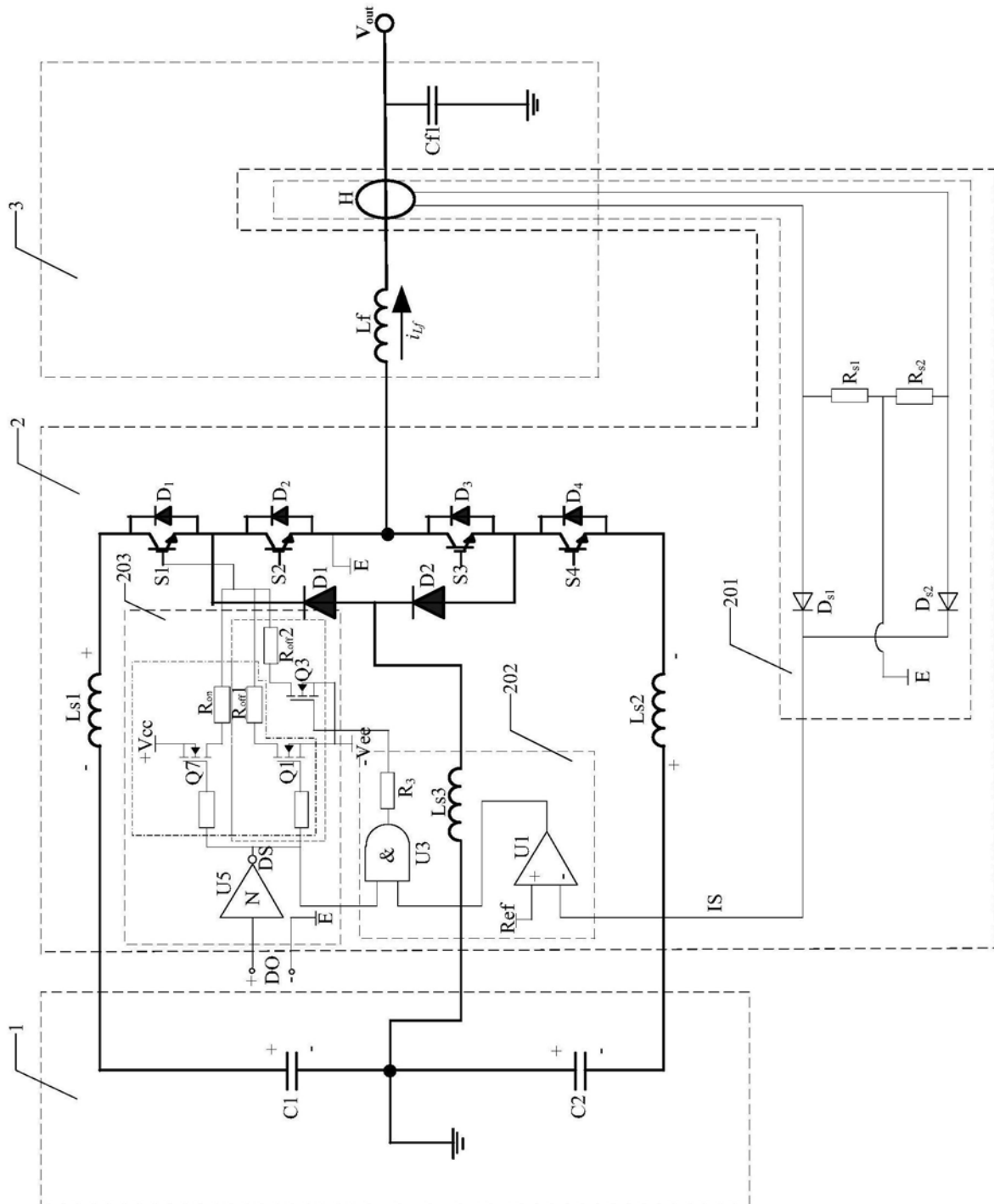


图11

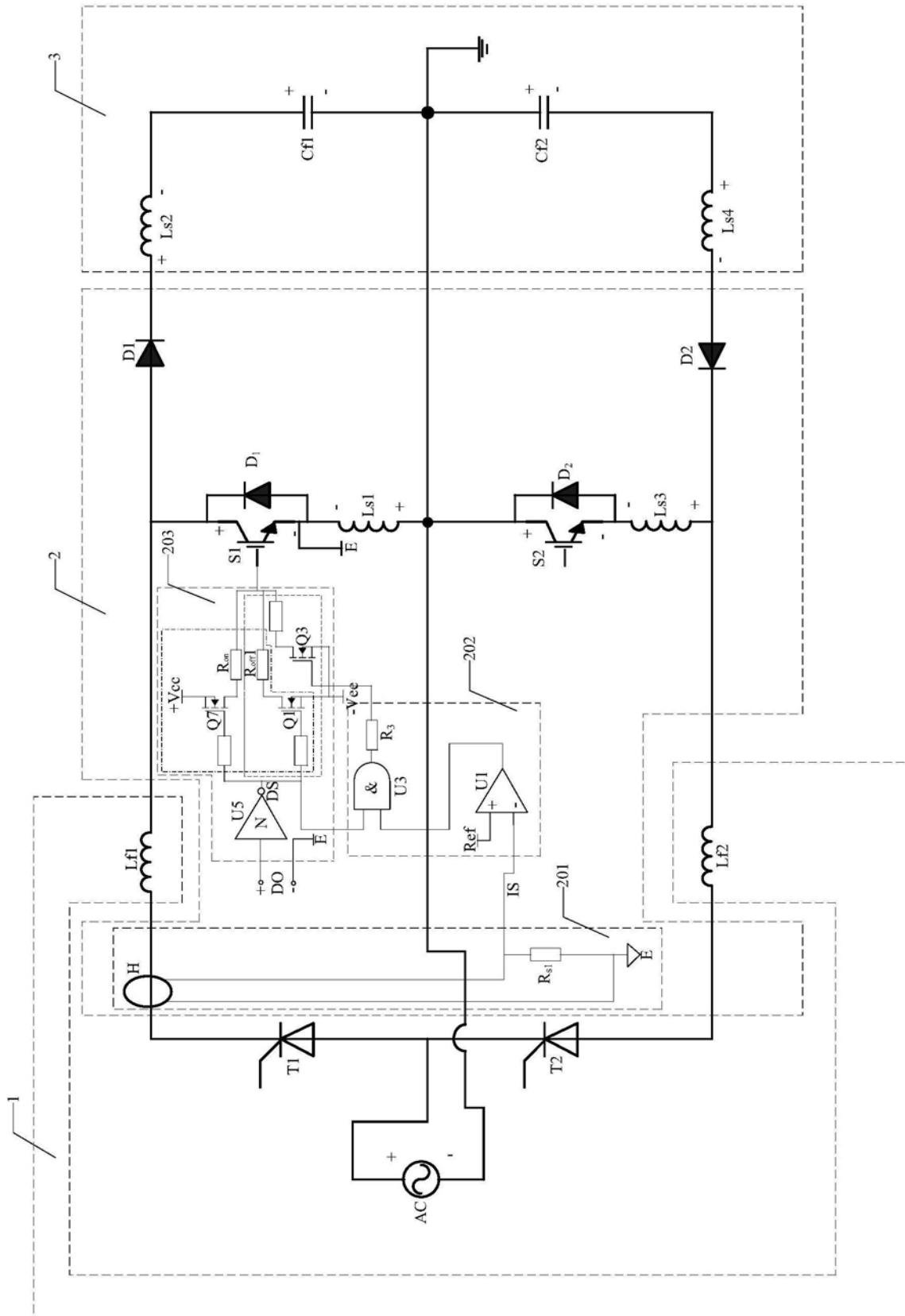


图12

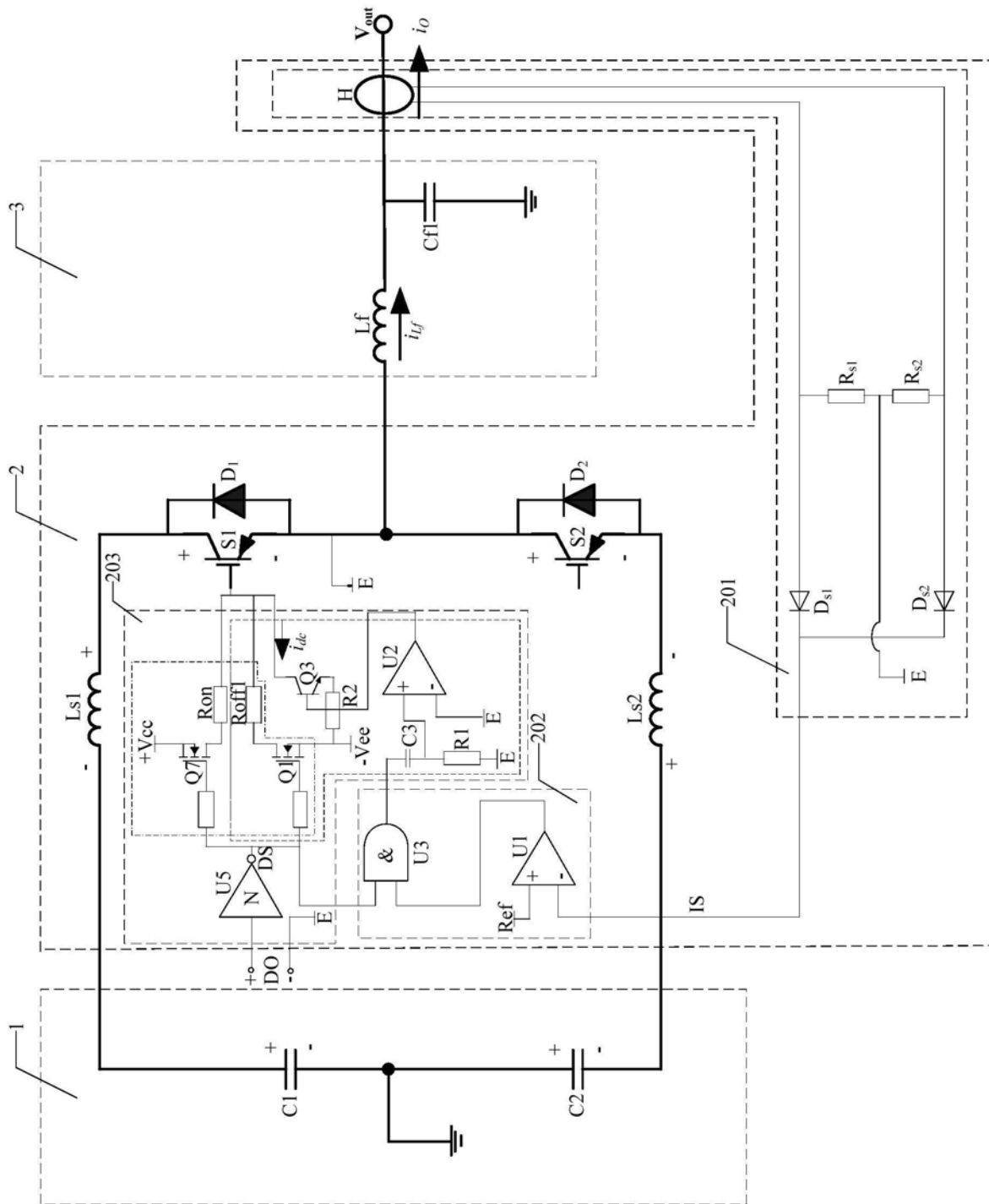


图13

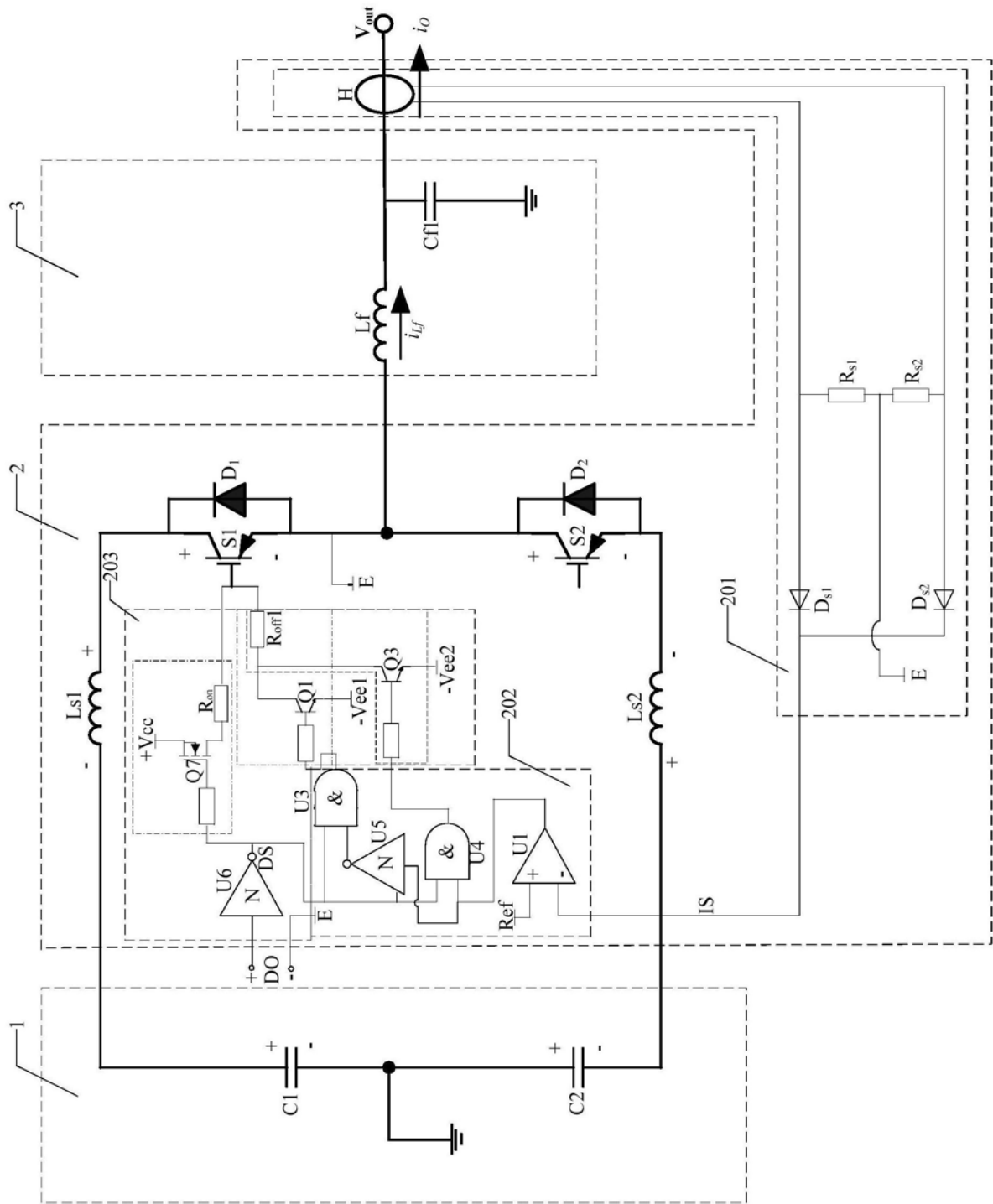


图14

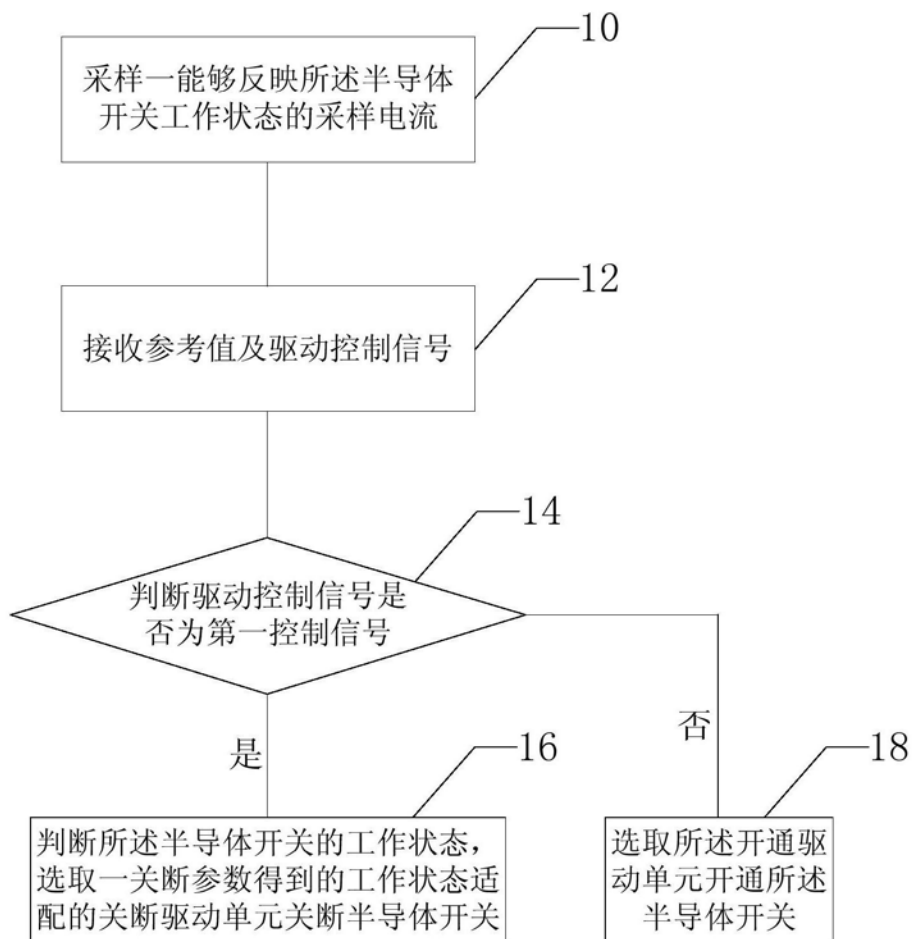


图16

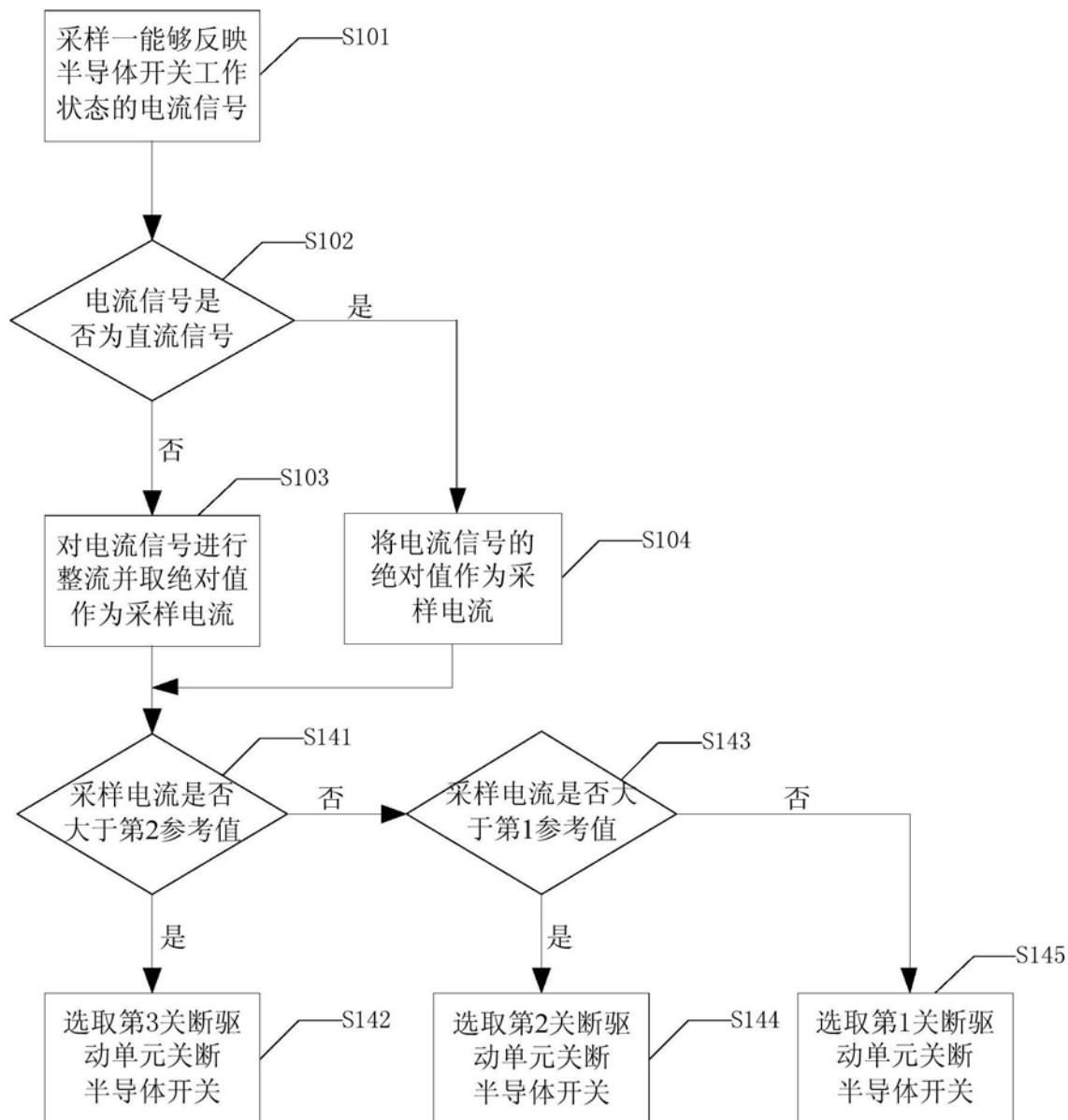


图17