



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106416072 B

(45)授权公告日 2020.09.01

(21)申请号 201580031529.2

(22)申请日 2015.06.11

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106416072 A

(43)申请公布日 2017.02.15

(30)优先权数据  
14172012.8 2014.06.11 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2016.12.12

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2015/063060 2015.06.11

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02015/189332 DE 2015.12.17

(73)专利权人 电力集成瑞士有限公司  
地址 瑞士比尔

(72)发明人 马库斯·拉茨

(74)专利代理机构 北京汇知杰知识产权代理有限公司 11587  
代理人 李洁 董江虹

(51)Int.Cl.  
H03K 17/082(2006.01)  
H03K 17/16(2006.01)

(56)对比文件  
US 5453669 A, 1995.09.26  
CN 1265539 A, 2000.09.06  
CN 102684661 A, 2012.09.19  
JP 2008141390 A, 2008.06.19  
CN 101534110 A, 2009.09.16  
审查员 吴一帆

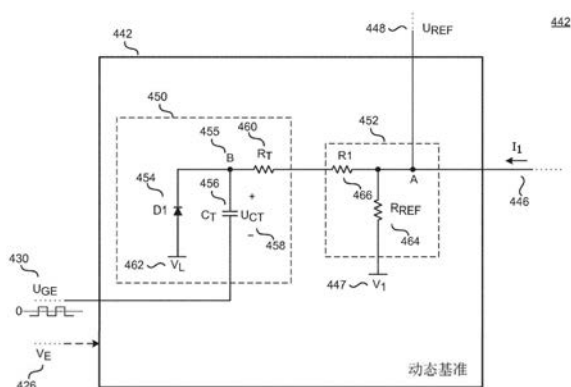
权利要求书2页 说明书14页 附图10页

### (54)发明名称

为用于半导体功率开关的驱动电路产生动态基准信号的装置和方法

### (57)摘要

一种用于为用于功率半导体开关的控制电路产生动态基准信号( $U_{REF}$ )的装置(442)包括:用于提供动态基准信号( $U_{REF}$ )的基准信号发生器(442),该动态基准信号在功率半导体开关的转换过程后的预定时间结束后具有稳态的信号电平;无源的充电电路(450),该充电电路被设计为响应于功率半导体开关的控制信号从断开状态到接通状态的转换,在至少一部分所述预定时间内,将动态基准信号的信号电平提高至高于稳态的信号电平,以便产生动态基准信号;以及用于分接出动态基准信号( $U_{REF}$ )的输出端(A)。



1. 一种功率转换器,被设计为通过对功率半导体开关的控制来传递电能,所述功率转换器包括:

控制电路,用于所述功率半导体开关,所述控制电路包括用于产生用于其的动态基准信号的装置,其中所述装置包括:

-基准信号发生器,所述基准信号发生器用于提供动态基准信号,在所述功率半导体开关的转换过程后的预定时间结束后,所述动态基准信号具有稳态的信号电平,

-无源的充电电路,所述充电电路被设计为响应于所述功率半导体开关的控制信号从断开状态到接通状态的转换,在至少一部分所述预定时间内,将所述动态基准信号的信号电平提高至高于稳态的所述信号电平,以便产生所述动态基准信号,以及

-输出端,所述输出端用于分接出所述动态基准信号。

2. 根据权利要求1所述的功率转换器,其中所述动态基准信号是动态基准电压。

3. 根据权利要求1所述的功率转换器,其中无源的所述充电电路包括RC元件。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的功率转换器,其中无源的所述充电电路被设计为响应于所述控制信号的转换,跳跃式地提高所述动态基准信号的信号电平。

5. 根据权利要求3所述的功率转换器,其中无源的所述充电电路被进一步设计为使得紧接着所述功率半导体开关的控制信号从接通状态到断开状态的转换,所述RC元件的电容充电。

6. 根据权利要求3或5所述的功率转换器,其中无源的所述充电电路被设计为使得紧接着所述控制信号的所述转换,所述RC元件的电容放电,并且因此产生所述动态基准信号的暂时提高的电平,并且通过放电,使其再次返回稳态的电平。

7. 根据权利要求1至3中任一项所述的功率转换器,其中所述基准信号发生器含有用于产生稳态的所述信号电平的电路。

8. 根据权利要求1所述的功率转换器,进一步包括:

第一箝位电路,所述第一箝位电路被设计为将所述动态基准信号限定至预定的最小电平。

9. 根据权利要求1至3和8中任一项所述的功率转换器,进一步包括:

第二箝位电路,所述第二箝位电路被设计为将所述动态基准信号限制至预定的最大电平。

10. 根据权利要求1至3和8中任一项所述的功率转换器,进一步包括:

无源的开关,所述无源的开关耦合在所述基准信号发生器和无源的所述充电电路之间,其中无源的所述开关被设计为响应于所述功率半导体开关的控制信号从接通状态到断开状态的转换,将所述基准信号发生器与无源的所述充电电路隔离。

11. 根据权利要求1至3和8中任一项所述的功率转换器,其中所述动态基准信号是电流信号。

12. 根据权利要求1至3和8中任一项所述的功率转换器,其中用于产生动态基准信号的所述装置具有用于耦合至外部的静态基准电平的输入端,并且其中用于产生动态基准信号的所述装置被设计为将所述静态基准电平直接或者以转换的形式用作稳态的所述信号电平。

13. 根据权利要求1至3和8中任一项所述的功率转换器,其中所述装置的内部基准电平

形成稳态的所述信号电平。

14. 根据权利要求3或5所述的功率转换器, 其中所述RC元件的电容以一时间常数放电, 所述时间常数被选择以避免在正常运行中短路和/或过电流状态检测电路检测到短路和/或过电流状态。

15. 根据权利要求3或5所述的功率转换器, 其中所述RC元件的电容以一时间常数放电, 所述时间常数被选择以确保在短路和/或过电流情形下短路和/或过电流状态检测电路检测到短路和/或过电流状态。

## 为用于半导体功率开关的驱动电路产生动态基准信号的装置 和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于为用于半导体功率开关的驱动电路产生可变的基准信号的一种装置和一种方法。此类装置用于例如检测IGBT(“绝缘栅双极型晶体管(Insulated Gate Bipolar Transistor)”)中的短路或者过电流状态。

### 背景技术

[0002] 在一些功率半导体开关中,可以施加有高电压并且引入有高电流。短路或者过高的电流由此会快速地导致功率半导体开关的热破坏。因此,功率半导体开关可以具有用于检测短路或者过电流状态的保护电路。检测这些状态的可能性在于,根据功率半导体开关上下降的电压,间接地监控流经功率半导体开关的电流。而该电压应在闭合功率半导体开关后,快速地从关断的状态(“关断的状态”或者“断开(AUS)状态”是功率半导体开关“断开”并且没有电流通过的状态)中相对高的电平降至合拢的状态(“合拢的状态”或者“接通(AN)状态”是功率半导体开关“闭合”并且有电流通过的状态)中相对低的电平。对应地,功率半导体开关的控制信号(例如栅极-发射极驱动信号)具有接通状态和断开状态,其中在接通状态中,功率半导体开关保持闭合状态,而在断开状态中,功率半导体开关保持断开状态。

[0003] 图6中左下的实曲线678示出在从关断的状态到合拢的状态的转换过程中,IGBT(IGBT是一种示例性功率半导体开关)的集电极-发射极电压的示例性曲线走向(相关的示例性控制信号630的曲线走向显示在左上方)。如所显示的,集电极-发射极电压剧烈地下降至极低的数值(几乎为0伏)。IGBT的示例性短路特性显示在图6中的右下方(实曲线678)。相反于正常运行,集电极-发射极电压没有下降至极低的数值,然而,同时IGBT中能够有高电流流过(例如在IGBT的三倍的额定电流至十倍的额定电流之间)。在其它短路情形下,集电极-发射极电压虽然首先降低至正常运行中的数值,但是随后再次升高。由此引起功率半导体开关的较高的热负荷,而功率半导体开关在相对短的时间后可能会受损。就此而言,例如若干IGBT在合拢的状态中经受住短路约10 $\mu$ s,而不会受损。因此,用于检测在该时间范围内的短路或者过电流状态的保护电路确保功率半导体开关被切断。在除了IGBT的其它功率半导体开关中也可以发现类似的工作特性。如短路状态,可以通过提高的集电极-发射极电压显示出过电流状态。不过,相较于短路情形下,在过电流情形下,集电极-发射极电压可以更接近正常情形下的集电极-发射极电压。

[0004] 所描绘的正常运行与短路和/或过电流情形之间的集电极-发射极电压的曲线走向中的区别可以在用于检测短路或者过电流状态的保护电路中得到充分利用,以便检测短路或者过电流状态。因此,有可能定义用于集电极-发射极电压的阈值,使用该阈值,以便检测短路或者过电流状态的存在。举例而言,当集电极-发射极电压上升到超过阈值时(参见图6的右下部),可以检测到短路或者过电流状态。

## 发明内容

[0005] 根据本发明的一种实施方式的用于为用于功率半导体开关的控制电路产生动态基准信号的第一种装置包括：用于提供动态基准信号的基准信号发生器，该动态基准信号在功率半导体开关的转换过程后的预定时间结束后具有稳态的信号电平；无源的充电电路，该充电电路被设计为响应于功率半导体开关的控制信号从断开状态到接通状态的转换，在至少一部分所述预定时间内，将动态基准信号的信号电平提高至高于稳态的信号电平，以便产生动态基准信号；以及用于分接出动态基准信号的输出端。

[0006] 通过此类装置，有可能可靠地并且足够快速地检测功率半导体开关中的短路和/或过电流状态。特别地，相较于具有稳态的基准信号的装置而言，可以降低错误地检测短路和/或过电流状态的概率。这通过响应于功率半导体开关的控制信号从断开状态到接通状态的转换，在至少一部分预定时间内，短时地提高基准信号的电平得以实现。同时，本发明的装置能够完成动态基准信号的电平的提高，而无需有源的部件。相较于具有有源的部件的同类装置，该装置由此可以更成本低廉和更稳固。在一些实施例中，能够可靠地以相对较低的花费并且以可忽略地低的温度漂移设计该装置。

[0007] 动态基准信号的示例性曲线走向示出在图6中的左下部(虚线648)。响应于功率半导体开关的控制信号从断开状态到接通状态的转换，动态基准信号的电平跳跃式地提高，并且接着持续地下降，直至再次达到稳态的电平。紧接着从断开状态到接通状态的转换过程的该提高的基准电压可以用在保护电路中。保护电路不触发，因为代表集电极-发射极电压的信号( $U_{CE}$ )始终停留在基准信号以下。

[0008] 在根据第一种装置的第二种装置中，动态基准信号是动态基准电压。

[0009] 在根据第一种或者第二种装置的第三种装置中，功率半导体开关是IGBT。

[0010] 在根据在前的装置中任一种的第四种装置中，无源的充电电路包括RC元件。

[0011] 在根据第四种装置的第五种装置中，无源的充电电路被设计为使得功率半导体开关的控制信号可以耦合至RC元件的电容的第一端子上，并且RC元件的电容的第二端子直接或者间接地耦合至用于分接出动态基准信号的输出端上。

[0012] 在根据在前的装置中任一种的第六种装置中，无源的充电电路被设计为响应于控制信号的转换，跳跃状地提高动态基准信号的信号电平。

[0013] 在根据第五种或者第六种装置的第七种装置中，无源的充电电路被进一步设计为使得紧接着功率半导体开关的控制信号从接通状态到断开状态的转换，RC元件的电容充电。

[0014] 在根据第四种装置或者第四种装置和第五种至第七种装置中任一种的第八种装置中，无源的充电电路被设计为使得紧接着控制信号的转换，RC元件的电容放电，并且因此产生动态基准信号的暂时提高的电平，并且通过放电，使其再次返回稳态的电平。

[0015] 在根据第八种装置的第九种装置中，RC元件的 $1/e$ 时间常数大于 $1\mu s$ 。

[0016] 在根据第八种装置的第十种装置中，RC元件的 $1/e$ 时间常数位于 $5$ 至 $15\mu s$ 之间。

[0017] 在根据在前的装置中任一种的第十一种装置中，基准信号发生器含有用于产生稳态的信号电平的电路。

[0018] 在根据第十一种装置的第十二种装置中，用于产生稳态的信号电平的电路包括一个或多个电阻以及用于接收恒定电流的输入端，其中用于产生稳态的信号电平的电路被配

置为将恒定电流传导通过一个或多个电阻,使得在一个或多个电阻上,稳态的基准电压下降,以便产生稳态的信号电平。

[0019] 在根据第十二种装置的第十三种装置中,一个或多个电阻耦合至第一内部基准电平。

[0020] 在根据第十三种装置的第十四种装置中,第一内部基准电平对应于功率半导体开关的发射极电压、阴极电压或者源极电压。

[0021] 在根据在前的装置中任一种的第十五种装置中,装置进一步包括第一箝位电路,该箝位电路被设计为将动态基准电压限定至预定的最小电平。

[0022] 在根据第十五种装置的第十六种装置中,最小电平对应于功率半导体开关的发射极电压、阴极电压或者源极电压。

[0023] 在根据第十五种装置的第十七种装置中,最小电平小于或者等于稳态的信号电平。

[0024] 在根据在前的装置中任一种的第十八种装置中,装置进一步包括第二箝位电路,该箝位电路被设计为将动态基准电压限制至预定的最大电平。

[0025] 在根据第十八种装置的第十九种装置中,最大电平对应于接通状态中控制信号的信号电平。

[0026] 在根据在前的装置中任一种的第二十种装置中,装置进一步包括无源的开关,该无源的开关耦合至基准信号发生器和无源的充电电路之间,其中无源的开关被设计为响应于功率半导体开关从接通状态到断开状态的转换,将基准信号发生器和无源的充电电路隔离。

[0027] 在根据在前的装置中任一种的第二十一种装置中,预定时间位于4和25 $\mu$ s之间。

[0028] 在根据在前的装置中任一种的第二十二种装置中,预定时间位于8至15 $\mu$ s之间。

[0029] 在根据在前的装置中任一种的第二十三种装置中,无源的充电电路被设计为响应于功率半导体开关的控制信号从断开状态到接通状态的转换,在整个预定时间内,将动态基准信号的信号电平提升至高于稳态的信号电平,以便产生动态基准信号。

[0030] 在根据在前的装置中任一种的第二十四种装置中,动态基准信号是电压信号。

[0031] 在根据第一种至第二十三种装置中任一种的第二十五种装置中,动态基准信号是电流信号。

[0032] 在根据第十一种装置或者第十一种装置和在前的装置中任一种的第二十五种装置中,用于产生稳态的信号电平的电路包括用于接收恒定电压的输入端。

[0033] 在根据在前的装置中任一种的第二十六种装置中,装置的内部基准电平形成稳态的信号电平。

[0034] 根据本发明的一种实施例的用于功率半导体开关的第一种控制电路包括:根据第一种至第二十六种装置中任一种的用于为用于功率可半导体开关的控制电路产生动态基准信号的装置;短路和/或过电流状态检测电路,其接收用于产生动态基准信号的装置输出的动态基准信号,以及代表集电极-发射极电压的信号、代表阳极-阴极电压的信号或者代表功率半导体开关的漏极-源极电压的信号,并且设计为将动态基准信号与代表集电极-发射极电压、代表阳极-阴极电压或者代表漏极-源极电压的信号相比较,以便产生指示在功率半导体开关中存在短路和/或过电流状态的故障信号;以及驱动电路,其接收故障信号并

且设计为当故障信号指示在功率半导体开关中存在短路和/或过电流状态时,关断功率半导体开关。

[0035] 在根据第一种控制电路的第二种控制电路中,当代表集电极-发射极电压、代表阳极-阴极电压或者代表漏极-源极电压的信号大于动态基准信号时,短路和/或过电流状态检测电路指示在功率半导体开关中存在短路和/或过电流状态。

[0036] 在根据第一种或者第二种控制电路并且第十一种至第十三种装置中任一种装置的第三种控制电路中,驱动电路进一步包括用于产生恒定电流的电流源。

[0037] 第一种用于提供电能的装置包括一个或多个用于连接至电能源的输入端、一个或多个用于连接一个或多个负载的输出端、第一种至第三种控制电路中的一种以及通过控制电路控制的功率半导体开关,其中装置设计为通过控制功率半导体开关,将电能从一个或多个输入端传递至一个或多个输出端。

[0038] 在根据第一种用于提供电能的装置的第二种用于提供电能的装置中,功率半导体开关是IGBT或者反向闭塞的IGBT。

[0039] 在根据第一种用于提供电能的装置的第三种用于提供电能的装置中,功率半导体开关是GTO、IEGT、MOSFET或者双极型晶体管。

[0040] 在根据第一种至第三种用于提供电能的装置中任一种的第四种用于提供电能的装置中并且在第四种装置中,RC元件的电容以一时间常数放电,该时间常数被选择以避免在正常运行中短路和/或过电流状态检测电路检测到短路和/或过电流状态。

[0041] 在根据第一种至第四种用于提供电能的装置中任一种的第五种用于提供电能的装置中并且在第四种装置中,RC元件的电容以一时间常数放电,该时间常数被选择以确保在短路和/或过电流情形下短路和/或过电流状态检测电路检测到短路和/或过电流状态。

[0042] 在根据第一种至第五种用于提供电能的装置中任一种的第六种用于提供电能的装置中,控制电路进一步包括第二功率半导体开关、用于第二功率半导体开关的第二控制电路,其中第二控制电路包括根据装置1至25中任一种的为用于第二功率半导体开关的控制电路产生动态基准信号的第二装置;第二短路和/或过电流状态检测电路,其接收用于产生动态基准信号的第二装置输出的动态基准信号以及代表集电极-发射极电压的信号,或者代表集电极-发射极电压、代表阳极-阴极电压或者代表功率半导体开关的漏极-源极电压的信号,并且设计为将动态基准信号与代表集电极-发射极电压、代表阳极-阴极电压或者代表漏极-源极电压的信号相比较,以便产生指示在第二功率半导体开关中存在短路和/或过电流状态的第二故障信号;以及第二驱动电路,其接收第二故障信号并且设计为当故障信号指示在功率半导体开关中存在短路和/或过电流状态时,关断第二功率半导体开关。

[0043] 在根据第六种用于提供电能的装置的第七种用于提供电能的装置中,第一和第二功率半导体开关串联连接,并且装置设计为使得在第一和第二功率半导体开关之间耦合有负载,并且经由串联连接的第一和第二功率半导体开关施加输入电压。

[0044] 在根据第七种用于提供电能的装置的第八种用于提供电能的装置中,第一和第二功率半导体开关设计为承载100V至15kV之间的电压。

[0045] 根据本发明的实施例的用于为功率半导体开关产生动态基准信号的方法,其中该方法包括产生稳态的基准信号;接收功率半导体开关的控制信号;使用无源的电路,响应于功率半导体开关的控制信号从断开状态到接通状态的转换,在至少一部分预定时间内提高

稳态的基准信号的电平;并且输出动态基准信号。

## 附图说明

[0046] 参考下面的附图,说明本发明的非限制性的以及非详尽的实施例,其中只要没有另外说明,在不同附图中相同的参考标号标记相同的部件。

[0047] 图1示出一种为负载提供电能的装置。

[0048] 图2显示一种示例性的控制电路。

[0049] 图3示出一种示例性的用于产生动态基准信号的装置。

[0050] 图4A示出用于产生动态基准信号的装置的一个实施例。

[0051] 图4B示出用于产生动态基准信号的装置的另一实施例。

[0052] 图5A示出根据图4A的用于产生动态基准信号的装置中的不同信号。

[0053] 图5B示出根据图4B的用于产生动态基准信号的装置中的不同信号。

[0054] 图6示出在正常状态中以及在短路和/或过电流状态中,用于为根据图1的负载提供电能的不同信号。

[0055] 图7示出用于产生动态基准信号的装置的另一实施例。

[0056] 图8示出根据图7的用于产生动态基准信号的装置中的不同信号。

## 具体实施方式

[0057] 在接下来的说明中,列举出大量细节,以便能够深刻理解本发明。然而,本领域技术人员能够明白,要实施当前发明,具体的细节并非必要的。在别处没有详细地描绘已知的装置和方法,以便不非必要地使得本发明很难理解。

[0058] 在本说明书中,提及“一种实施方案”、“一种设计方案”、“一种实施例”或者“实施例”指的是与该实施方式相关所说明的特定特征、结构或者属性包含在本发明的至少一种实施方式中。因此,在该说明书中的不同位置处的短语“在一种实施方案中”、“在一种实施方式中”、“一种实施例”或者“实施例”并非全都绝对指的是同一实施方式或者同一实施例。此外,特定的特征、结构或者属性可以在一个或多个实施方式或者实施例中以任意合适的组合和/或子组合中组合。特别的特征、结构或者属性可以包含在集成电路中、电子电路中、电路逻辑中或者其它提供所说明的功能性的合适的部件中。另外,还应指出,附图用于为本领域技术人员进行阐述的目的,并且未必按照比例绘制这些附图。

[0059] 上文中说明的、在正常运行和短路和/或过电流运行之间的集电极-发射极电压的曲线走向的区别可以在保护电路中得到充分利用,以便检测短路或者过电流状态。举例而言,当集电极-发射极电压上升至高于阈值时(参见图6的右下部),可以检测到短路或者过电流状态。不过,集电极-发射极电压的下降并非必然是单调的。如同在图6中显示的,恰巧就在合拢功率半导体开关后,该下降可以具有电压峰值和电压谷值。对于静态的基准电压,这可能会导致保护电路错误地接受短路和/或过电流情形并且关断功率半导体开关。同样地,对于具有相对惰性的转换特性的功率半导体开关,达到静态状态的时间相对长(例如明显长于 $10\mu\text{s}$ )。设定为接近功率半导体开关的具体静态正向电压(spezifische statische Flussspannung)的静态基准电压可以因此同样导致保护电路错误地接受短路情形和/或过电流情形并且关断功率半导体开关。在这种情形下,保护电路可以检测到危险



地提高的电压,即便在特定时间点提高的电压电平应只归于功率半导体开关的惰性。

[0060] 图1示出用于为负载110提供电能的装置100(也可以称为功率转换器)。不过,能量流也可以显示其它方向。那时,元件110指的是发电机。在另外的其它装置中,在不同运行状态中的元件110既可以作为负载起作用,也作为发电机起作用。在下文中谈论的仅仅是用于提供能量的装置,这包括此时讨论的所有情形(能量可以被提供至不同的输出端)。装置包括两个串联连接的功率半导体开关104、106。此外,装置100可以接收直流输入电压 $U_{IN}$ 。装置设计为通过控制功率半导体开关104、106,将电能从输入端传递至输出端,而在输出端上连接有负载110(或者以相反的方向)。用于提供电能的装置在此可以控制传达给负载的电压电平、电流电平或者这两个参数的组合。

[0061] 在图1的实施例中,功率半导体开关104、106是IGBT。在下文中以IGBT为例子阐述这些装置和方法。不过,用于产生动态基准信号的装置、控制电路和根据本发明的用于提供电能的装置并不局限于IGBT的使用。更确切地说,它们也可以与其它功率半导体开关组合使用。举例而言,金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)、双极型晶体管、IEGT(注入增强栅极晶体管“injection enhancement gate transistor”)和GTO(门极可关断晶闸管“gate turn-off thyristor”)可以与用于产生动态基准信号的装置、控制电路和根据本发明的用于提供电能的装置一起使用。用于检测功率半导体开关上的电压的曲线走向的装置、控制电路以及用于提供电能的装置也可以与基于氮化镓(GaN)半导体或者碳化硅(SiC)半导体的功率半导体开关一起使用。

[0062] 关断的状态中功率半导体开关的最大标称集电极-发射极电压、阳极-阴极电压或者漏极-源极电压可以高于500V,优选地高于2kV。

[0063] 另外,用于产生动态基准信号的装置、控制电路以及根据本发明的用于提供电能的装置不局限于功率半导体开关。因此,其它半导体开关也可以与用于检测功率半导体开关上的电压的曲线走向的装置、控制电路以及用于提供电能的装置一起使用。在此讨论的效果和优点也至少部分地出现在具有其它半导体开关的系统中。

[0064] 因为在下文中讨论的是IGBT,所以功率半导体开关的端子可以被称为“集电极”、“栅极”和“发射极”。然而,如之前在上文中已经阐述过的,这些装置和方法并不局限于IGBT。为了避免不必要的长度,名称“发射极”在此也包括对应的功率半导体开关的被称为“源极”或者“阴极”的端子。同样地,概念“集电极”在此也包括被称为“漏极”或者“阳极”的端子,而概念“栅极”包括对应的功率半导体开关的被称为“基极”的端子。因此,概念“集电极-发射极电压”也包括“漏极-源极电压”以及“阴极-阳极电压”,而概念“集电极电压”和“发射极电压”也包括“漏极电压”或者“阳极电压”,或者说“源极电压”或者“阴极电压”。

[0065] 功率半导体开关104、106分别由第一和第二控制电路118、120控制(相关于图2阐述示例性的控制电路)。它们提供第一和第二栅极-发射极驱动信号130、132( $U_{GE1}$ ,  $U_{GE2}$ ),以便控制第一和第二IGBT的开关时间点。两个控制电路118、120可以可选的又由系统控制器114控制。系统控制器114可以具有用于接收系统输入信号的输入端116。在图1的实施例中,显示了半桥配置中的两个功率半导体开关104、106。然而,用于产生动态基准信号的装置、控制电路和用于提供电能的装置也可以用在其它拓扑中。比如说,单个的功率半导体开关(例如单个的IGBT)可以配备有用于产生动态基准信号的装置或者控制电路。在其它实施例中,在具有六个功率半导体开关或者十二个功率半导体开关的三相系统中,每个功率半导

体开关都具有用于产生动态基准信号的装置。

[0066] 除了输出栅极-发射极驱动信号,控制电路118、120还接收代表施加在功率半导体开关104、106上的电压的信号。信号指的是电压信号或者电流信号。在图1的实施例中,每个控制电路118、120都分别具有代表集电极-发射极电压的并且被称为集电极-发射极电压信号122,124 ( $U_{CE1}$ ,  $U_{CE2}$ ) 的信号。

[0067] 在图1以及下文中,说明了电路,在电路中使用代表施加在功率半导体开关104、106上的电压的信号(比如说集电极-发射极电压信号)。如上文中进一步阐述的,根据施加在功率半导体开关上的电压,可以间接地监控流经功率半导体开关的电流。不过,也能够以其它方式评估或者直接测量流经功率半导体开关的电流(例如集电极电流、漏极电流或者阴极电流)。在一种实施例中,用于为负载提供电能的装置(也称为功率转换器)可以具有用于直接测量流经功率半导体开关的电流的检测电路(例如用于测量集电极电流的装置)。

[0068] 在图1中,控制电路118、120绘制为单独的控制电路。不过,两个控制电路118、120也可以组合在唯一的电路中。在这种情形下,唯一的控制电路控制两个功率半导体开关104、106。此外,第二栅极-发射极驱动信号132 ( $U_{GE2}$ ) 可以是反向的第一栅极-发射极驱动信号130 ( $U_{GE1}$ )。

[0069] 两个控制电路118、120包括用于产生动态基准信号的装置。借助于其帮助,可以基于相应的集电极-发射极电压信号122,124,确定相应功率半导体开关的短路和/或过电流状态。响应于短路和/或过电流状态的确定,相应的功率半导体开关104、106可以被切断。

[0070] 在图2中显示了控制电路218(例如图1中的控制电路118、120中的一个)。控制电路218包含四个功能单元:用于产生动态基准信号的装置242、短路和/或过电流状态检测电路240、驱动电路236和可选的驱动接口234。用于产生动态基准信号的装置242适于从驱动电路236处接收栅极-发射极驱动信号230。不过,用于产生动态基准信号的装置242也可以接收其它代表栅极-发射极驱动信号230的信号。仅仅有必要的是,可以从信号中得出关于受控的功率半导体开关从关断的状态到合拢的状态的转换过程的时间点的信息(以及可选地,关于受控的功率半导体开关从合拢的状态到关断的状态的转换过程的时间点的信息)。附加地,用于产生动态基准信号的装置242可选地设计为接收外部的基准信号。在图2的实施例中,外部的基准信号可以是代表功率半导体开关的发射极电压的基准信号226。不过,可替换地,也可以将其它电压电平用作外部的基准信号,这些电压电平相对于功率半导体开关的发射极电压偏移恒定的偏移量。

[0071] 除此之外,用于产生动态基准信号的装置242设计为接收恒定电流信号246 ( $I_1$ )。在图2的实施例中,恒定电流信号246由驱动电路236提供。恒定电流信号246也可以可替换地由控制电路218的其它功能单元提供或者也可以由外部源提供,或者由用于产生基准信号的电路本身在内部产生。为了产生恒定电流246,每个合适的电流源都可以列入考虑范围。

[0072] 基于所接收的信号(即恒定电流信号246和栅极-发射极驱动信号230),用于产生动态基准信号的装置242提供动态基准信号248。该动态基准信号由短路和/或过电流状态检测电路240接收。在功率半导体开关的转换过程后的预定时间结束后,该动态基准信号248具有稳态的信号电平。当功率半导体开关从断开状态切换至接通状态时,动态基准信号248至少在从功率半导体开关的转换过程开始到预定时间结束的时间段的至少一部分内,

被提高至高于稳态的信号电平。然而,动态基准信号的稳态的信号电平不必在所有运行情况下都相等。因此,稳态的信号电平的偏移或者其与开关操作循环的长度相关的缓慢的改变都是可能的。同样地,稳态的信号电平也可以是可设定的。

[0073] 短路和/或过电流状态检测电路240在其自身方面设计为接收信号222,该信号对应于功率半导体开关的集电极-发射极电压 $U_{CE}$ (例如图1中的信号122或124)。基于对应于功率半导体开关的集电极-发射极电压的该信号222,短路和/或过电流状态检测电路240确定代表功率半导体开关上的集电极-发射极电压的信号( $U_{CE}$ )。在其它实施例中,短路和/或过电流状态检测电路240根据其它信号确定该信号或者从另外的电路组块处接收代表功率半导体开关上的集电极-发射极电压的信号。在另外的实施例中,短路和/或过电流状态检测电路240接收代表流经功率半导体开关的电流的信号(例如集电极电流)。如相关于图1所实施的,可以通过直接测量流经功率半导体开关的电流,产生代表流经功率半导体开关的电流的信号。短路和/或过电流状态检测电路240可以由此将代表流经功率半导体开关的电流的信号与动态基准信号相比较,以便检测功率半导体开关中短路和/或过电流状态的存在。在图6中的下部示出代表流经功率半导体开关的电流的信号的示例性曲线走向(以集电极电流 $I_C'$ 为例)。在此也可以看出,既可以在电流的曲线走向的特征性改变处直接地检测正常状态以及短路和/或过电流状态,也可以在电压的曲线走向的特征性改变处间接地检测正常状态以及短路和/或过电流状态。

[0074] 响应于所接收的或者所确定的代表功率半导体开关上的集电极-发射极电压的信号(或者所接收的或者所确定的代表流经功率半导体开关的集电极电流的信号)以及所接收的动态基准信号248,短路和/或过电流状态检测电路240确定是否存在短路和/或过电流状态。

[0075] 在一种实施例中,当代表集电极-发射极电压的信号(或者代表流经功率半导体开关的集电极电流的信号)大于动态基准信号248时,短路和/或过电流状态检测电路240检测到存在短路和/或过电流状态。如在上文中已经进一步说明的,在合拢功率半导体开关后,集电极-发射极电压(或者集电极电流)应快速地下降至相对较低的数值,并且提高得高于该数值的集电极-发射极电压(或者提高的集电极电流)是适用于短路和/或过电流状态的存在间接(或者直接)指示器。图6中的下部曲线对其进行图解,并且图解了短路和/或过电流状态检测电路240的运行。在图6的左侧,显示了正常的合拢过程。在开关过程之后,电压 $U_{CE}$ (在该情形下为代表集电极-发射极电压的信号)快速地降低。电流 $I_C'$ (在该情形下为代表集电极电流的信号)同样快速地达到或多或少稳态的电平。动态基准信号始终高于信号 $U_{CE}$ 678(或者高于代表集电极电流的信号),使得不确定短路和/或过电流状态。如已经提及的,动态基准信号的电平在转换过程后的暂时提高可以防止错误地检测短路和/或过电流状态。

[0076] 与此相反,在图6中的右侧下方,描绘了在短路和/或过电流情形下,代表集电极-发射极电压的信号的典型曲线走向以及代表集电极电流的信号的曲线走向。在此可以看出,信号 $U_{CE}$ 678和信号 $I_C'$ 超过动态基准信号(例如在转换过程后的8至12 $\mu s$ 后)并且短路和/或过电流状态检测电路240由此检测到短路和/或过电流状态。如在前阐述的,动态基准信号在至少一部分预定时间内(例如整个预定时间内)被提高,使得在如下情形下不检测到故障:在预定时间内在合拢功率半导体开关后出现电压峰值和电压谷值,或者代表集电极-

发射极电压的信号完整地降低至低于静态基准信号的低数值原则上持续的时间更长,长于定义的对于功率半导体开关来说最大允许的短路时长。可以设定动态基准信号的提高的持续时间,以便最小化出现错误的故障检测的频率。如在图6中可以看出,尽管基准信号在预定时间内有动态提高,代表集电极-发射极电压的信号或者代表流经功率半导体开关的集电极电流的信号足够大的提升可以触发短路和/或过电流状态的检测。也可能仅仅是通过基准信号的动态提高,将检测的时间点后移。

[0077] 过电流状态检测电路240,当其已经检测到短路和/或过电流状态时,可以输出故障信号。在图2的实施例中,故障信号244 ( $U_{FT}$ ) 传达至驱动电路236。驱动电路可以响应于故障信号244,切断功率半导体开关,以避免对其的损坏。不过,在可替换的布置中,也能够以其它方式处理故障信号。举例而言,可以仅仅将故障信号250 ( $U_{FT}$ ) 供应给另外的控制元件(例如供应给系统控制器214)。该另外的元件可以由此以预定的顺序切断两个或更多功率半导体开关。

[0078] 为了确定故障信号,短路和/或过电流状态检测电路240可以继续处理所接收的信号。举例而言,短路和/或过电流状态检测电路240可以包含消隐电路,以便设定检测短路和/或过电流状态的预定延迟。另外或者可替换地,短路和/或过电流状态检测电路240可以含有电路,以便设定代表集电极-发射极电压的信号(或者代表功率半导体开关的集电极电流的信号)的电压电平。因为集电极-发射极电压本身可以为几千伏或者更多,所以该电路可以包括具有高阻电阻的线路。但是该线路还可以包含另外的为高电压设计的元件(例如电容部件或者二极管)。其根据集电极-发射极电压产生信号,而该信号与集电极-发射极电压成比例,但是具有相较于其低(得多)的电压电平(例如在图6中绘制的信号 $U_{CE}$ )。

[0079] 如已经说明的,驱动电路236可以接收表示短路和/或过电流状态的故障信号244,并且响应于检测到的短路和/或过电流状态,切断功率半导体开关。短路和/或过电流状态检测电路240的一个或多个部件可以可选地包含在驱动电路236中。比如说,驱动电路236可以接收动态基准信号 $U_{REF}$ 248以及代表集电极-发射极电压的信号(或者代表流经功率半导体开关的集电极电流的信号)。除此之外,驱动电路236还可以供应栅极-发射极驱动信号,以控制功率半导体开关。

[0080] 在图2的实施例中,驱动电路236通过电流隔离238(例如变压器),与可选地驱动接口234相连,以便从系统控制器214处接收控制信号。驱动接口234可以又与系统控制器214相连,而系统控制器接收系统输入216的并且由其控制。

[0081] 在图3中显示了一种示例性的为用于功率半导体开关的控制电路产生动态基准信号的装置342(例如图2中的组块242)。用于产生动态基准信号的装置342含有两个功能组块、基准信号发生器352和无源的充电电路350。这些组块的功能在下文中进行阐述。然而,示例性的电路没有被局限于在分开的单元中实施下文中阐述的功能的情形。更确切地说,也可以共同实现组块的部分或者全部功能。

[0082] 用于产生动态基准信号的装置342接收功率半导体开关的控制信号330 ( $U_{GE}$ ) 和恒定电流信号346 ( $I_1$ )。

[0083] 在图3和接下来的附图中,用于产生动态基准信号的装置接收恒定电流信号。如已经在上文中进一步阐述的,也可能有其它设计方案。在一种实施例中,用于产生动态基准信号的装置接收恒定电压信号。

[0084] 功率半导体开关的控制信号330 ( $U_{GE}$ ) 可以是代表功率半导体开关的转换过程的时间程序的每个信号。举例而言,如在图1中所示,可以使用栅极驱动信号。不过,(首先在复杂的IGBT驱动电路中)也可以在其它地方存在合适的信号,以便为用于产生动态基准信号的装置342提供关于功率半导体开关的转换过程的信息。恒定电流信号346 (或者恒定电压信号) 也可以在用于产生动态基准信号的装置342自身中产生。

[0085] 用于产生动态基准信号的装置342的基准信号发生器352提供动态基准信号348 ( $U_{REF}$ 或者 $I_{REF}$ ) 以供使用,而该动态基准信号在功率半导体开关的转换过程后的预定时间结束后具有稳态的信号电平。举例而言,基准信号发生器352可以包括一个或多个部件,这些部件用于响应于恒定电流信号346 (或者恒定电压信号) 产生稳态的信号电平。相关于图4A、图4B和图7,示出关于基准信号发生器352的实施例。

[0086] 设计无源的充电电路350,使得响应于功率半导体开关的控制信号从断开状态到接通状态的转换,在至少一部分的预定时间内 (例如在整个预定时间内),将动态基准信号的信号电平提高至高于稳态的信号电平,以便产生动态基准信号。比如说,无源的充电电路350接收控制信号 $U_{GE}$ 330。控制信号 $U_{GE}$ 330由无源的充电电路350处理,以便决定功率半导体开关的控制信号从关断的状态到合拢的状态的转换过程的时间点。另外,可以至少部分地基于控制信号 $U_{GE}$ 330,决定将动态基准信号提高至高于稳态的信号电平的幅度和时间曲线走向 (还有动态基准信号348具有提高的信号电平的整个预定时间或者其一部分的长度)。无源的充电电路350在没有有源的部件 (例如晶体管) 的情况下,完成动态基准信号的暂时提高。示例性的无源的充电电路350再次相关于图4A、图4B和图7示出。

[0087] 在一种实施例中,配置无源的充电电路350,以便如在图6中所显示的,至少部分地控制动态基准信号的暂时提高的时间曲线走向。这包括响应于功率半导体开关的控制信号从断开状态到接通状态的转换的跳跃式提升,并且接下来持续地再次降低至稳态的电压信号的电平。降低的时间常数 ( $1/e$ 时间常数) 可以位于1至50 $\mu s$ 之间 (例如5至15 $\mu s$ 之间)。为了产生动态基准信号348的该时间上的特性,无源的充电电路350可以含有RC元件,其中RC元件的电容的时间常数至少部分地决定降低至稳态的电压信号的电平的速度的速度。另外,动态基准信号348的电平至高于静态基准信号的电平的上升可以与控制信号 $U_{GE}$ 330的幅度中的跳跃相关联。相关于图6,阐述示例性的信号电平。

[0088] 图4A示出用于产生动态基准信号的装置442的第一实施例。该装置含有基准信号发生器452和无源的充电电路450。另外,如也在图3的实施例中,用于产生动态基准信号的装置442接收功率半导体开关的控制信号430 ( $U_{GE}$ )、恒定电流信号446 ( $I_1$ )。关于这些信号的选择以及可替换的信号,可以参见图3的说明中的相应部分。

[0089] 基准信号发生器452含有用于产生静态基准信号的电路。该用于产生静态基准信号的电路包含基准电阻464 ( $R_{REF}$ )。恒定电流信号346耦合至基准电阻464的第一端子,流经基准电阻464并且由此产生恒定的电压降 ( $I_1 * R_{REF}$ )。同样地,如果在图4A中基准电阻464显示为单个的部件,也可以使用多个电阻的组合。

[0090] 在其它实施例中,恒定电压源可以用在用于产生动态基准信号的装置中 (代替通过基准电阻 $R_{REF}$ 464上的恒定电流 $I_1$ 的降低产生它)。在一种实施例中,恒定的电压源可以串联地连接至基准电阻 $R_{REF}$ 464 (几乎位于V1的位置)。举例而言,恒定的电压源可以连接至基准电阻 $R_{REF}$ 和 $V_E$ 之间。在其它实施例中,用于产生动态基准信号的装置中已有的内部基准电

平在此可以形成静态的电压基准电平(例如内部的基准电平447 ( $V_1$ ))。举例而言,可以通过无源的半导体电路(例如通过齐纳二极管)产生内部的基准电平。在另一实施例中,可以省去基准电阻 $R_{REF}$ 464。用于产生动态基准信号的装置由此产生基准电流 $I_{REF}$ (代替基准电压 $U_{REF}$ )。

[0091] 用于产生动态基准信号的装置442产生第一内部基准电平447 ( $V_1$ )。举例而言,可以基于基准电平426或者对应于其,产生第一内部基准电平447 ( $V_1$ )。在一种实施例中,第一内部基准电平447基本上等于功率半导体开关的发射极电压。这是有利的,因为典型地在短路和/或过电流状态检测电路中(参见图2中的组块240),同样使用代表发射极电压的基准信号。因此,在这种情形下,不仅集电极-发射极电压信号,还有动态基准信号都参照同一信号,而集电极-发射极电压信号和动态基准信号彼此相比较。这可以使信号的相互稳定更容易。尽管如此,每个低于静态电压基准电平的电平都可以用于第一内部基准电平447 ( $V_1$ )。

[0092] 基准信号发生器452的节点A因此由用于产生稳态的信号电平的电路提升至稳态的信号电平,其中基准信号发生器的节点与用于输出动态基准信号448的输出端相连。在图4A和下文中的附图中,动态基准信号448 ( $U_{REF}$ )是动态电压信号。不过,如已经多次实施的,也可以使用动态电流信号。该稳态的信号电平在根据图4A的示例性装置中为 $V_1 + R_{REF} * I_1$ 。如果节点A的电压电平没有受无源的充电电路450的影响,动态基准信号448的电平对应于稳态的信号电平(即 $V_1 + R_{REF} * I_1$ )。该特性显示在图5A中。最下方的曲线显示节点A处的电压(并且由此动态基准信号548)的示例性曲线走向。可以看出,从紧随半导体开关的转换过程的特定的时间来看,节点A处的电压电平是稳态的。

[0093] 无源的充电电路450通过电阻466 ( $R_1$ )与基准信号发生器452相连(电阻在图4A中归于基准信号发生器452,可是这是任意划分)。无源的充电电路450含有RC元件。该元件包括电容456 ( $C_T$ )和电阻460 ( $R_T$ )。电容456耦合在节点B和接收功率半导体开关的控制信号430的输入端之间。电阻460耦合在节点B和基准信号发生器452的节点A之间。电阻460和466也可以是单个的电阻。

[0094] 此外,无源的充电电路450含有可选的第一箝位电路454,其将节点B处的电压电限定至第二内部基准电平462 ( $V_L$ )。在图4A的实施例中,第一箝位电路454含有二极管454。第二内部基准电平462可以是每一小于或者等于静态电压基准电平的电平。如果外部的基准电平426满足该条件,外部的基准电平就可以用作第二内部基准电平462。因此,第二内部基准电平462可以又代表功率半导体开关的发射极电压。无源的充电电路450不含有任何有源部件。

[0095] 再次根据图5A阐述无源的充电电路的功能。如已经讨论过的,用于产生动态基准信号的装置442直接在转换过程前输出动态基准电压,其基本上对应于内部基准电平447加上在电阻 $R_{REF}$ 464上由恒定电流446产生的电压(图4A的装置中的 $I_1 * R_{REF} + V_1$ )。换言之,在快要开始转换过程之前,动态基准电压448等于稳态的电压电平。图5A的最上边的曲线示出功率半导体开关的控制信号530 ( $U_{GE}$ )的示例性曲线走向。控制信号530的电压电平从关断的状态中的电平 $V_{OFF}$ 上升至合拢的状态中的电平 $V_{ON}$ 。原则上,可以任意选择该电平。在一种实施例中,电平 $V_{OFF}$ 和 $V_{ON}$ 对应于功率半导体开关在关断的状态或者说闭合的状态中的栅极发射极电压,该电压控制功率半导体开关。举例而言,对于IGBT来说,关断的状态中的电平 $V_{OFF}$ 可以位于-20V和-5V之间(优选地位于-15V和-7V之间),并且合拢的状态中的电平 $V_{ON}$ 对于IGBT

来说可以位于10V和20V之间(优选地位于13V和15V之间)。对于功率MOSFET来说,电平 $V_{OFF}$ 和 $V_{ON}$ 相应地对应于功率MOSFET在关断的状态或者说闭合的状态中的栅极源极电压的电压。举例而言,对于功率MOSFET来说,关断的状态中的电平 $V_{OFF}$ 可以位于-5V和0V之间,并且合拢的状态中的电平 $V_{ON}$ 对于MOSFET来说可以位于10V和25V之间。对于SiC基极上的部件来说,关断的状态中的电平 $V_{OFF}$ 同样可以位于-5V和0V之间,并且合拢的状态中的电平 $V_{ON}$ 可以位于10V和20V之间。

[0096] 如在图5A中所示,在功率半导体开关从关断的状态到合拢的状态的转换的时间点,用于产生动态基准信号的装置442的节点B处和节点A处的电压电平跳跃式上升。该上升对应于从关断的状态转换至合拢的状态时控制信号530(图4A中的控制信号430)的电压行程。这可以根据图4A进行理解:因为控制信号430的电压行程提高电容456的输出端上的电压电平,所以节点B处的电压电平也同样提高相同数值(二极管454是不传导的,因为节点B处的电平高于第二基准电压的电平)。电压跃变的幅度也对应于控制信号530(图4A中的430)的合拢的状态中的电平 $V_{ON}$ 与关断的状态的电平 $V_{OFF}$ 之间的差值。由此得出在转换过程后的时间点中,节点B处的电压电平 $V_{Bpeak}$

$$[0097] \quad V_{Bpeak} = V_{ON} + I_1 R_{REF} + V_1 - V_{OFF} \quad (\text{等式1})$$

[0098] 其结果是,附加电流被驱动流经电阻460( $R_T$ )、466( $R_1$ )和464( $R_{REF}$ )。该电流将节点A处的电压电平提高特定的数值(即附加电流的电流强度乘以电阻464的值)。由此得出直接在闭合功率半导体开关后,节点A处的电压

$$[0099] \quad V_{Apeak} = \frac{(I_1 R_{REF} + V_1)(R_1 + R_T) + V_{Bpeak} R_{REF}}{R_{REF} + R_1 + R_T} \quad (\text{等式2})$$

[0100] 因为用于分接出动态基准信号448的输出端直接与节点A相连,所以在图5A中示出的电压电平对应于动态基准信号448。

[0101] 附加地,附加电流对无源的充电电路450的电容456进行放电。其结果是,电容454上的电压减小,并且节点B处的电压电平也由此下降。这再次引起附加电流减小并且节点A处的电压(并且因此动态基准信号448的电平)也下降。在预定时间后,电容放电,使得不再有附加电流被驱动流经电阻464。因此,节点A处的电压再次处于其稳态的电平( $I_1 * R_{REF} + V_1$ )。由无源的充电电路产生的、动态基准信号的暂时提高衰减。

[0102] 电容456的放电过程的时间常数由电阻460( $R_T$ )、466( $R_1$ )和464( $R_{REF}$ )的值以及电容456( $C_T$ )的值决定。可以选择这些数值和动态基准信号448中的电压行程的幅度,使得避免或者至少减少在功率半导体开关从关断的状态到合拢的状态的转换过程后错误地检测到短路和/或过电流状态,并且尽管如此,通过安全地切断功率半导体开关,达到保护作用。这可以又根据图6进行图解。动态基准信号648的暂时提高确保代表集电极-发射极电压的信号在正常情形下(图6中的左侧)低于动态基准信号。图2中的短路和/或过电流状态检测电路240也可能检测不到短路和/或过电流状态。

[0103] 另外,在图5A中示出了在功率半导体开关从合拢的状态到关断的状态的转换过程后,用于产生动态基准信号的装置442的特性。如在上文中进一步说明的、从关断的状态到合拢的状态的转换过程的情形下,在此发生相反的过程。再次地,在电容454的第一输入端上施加有控制信号530的、在这种情形下为负的电压行程,并且节点B处的电压减小。这又引



起附加电流,该附加电流减低节点A处的电压。然而,相反于合拢过程,第一箝位电路454现在为有源的(aktiv)并且将节点B处的电压降限定至第二内部基准电平 $V_L$ 。如已经提及的,第一箝位电路454是可选的,并且也可以在没有第一箝位电路的情形下,使用用于产生动态基准信号的装置442。由此,动态基准信号448可能会降低控制信号430的整个电压行程。然而,这会是不利的,因为节点A处的电压(动态基准信号448)和节点B处的电压有可能没有足够的时间返回稳态的信号电平。

[0104] 由第一箝位电路向下限定的节点A处的电压行程由此得出:

$$[0105] \quad V_{Aclamp} = \frac{(I_1 R_{REF} + V_1)(R_1 + R_T) + V_L R_{REF}}{R_{REF} + R_1 + R_T} \quad (\text{等式 } 3)$$

[0106] 类似于上文中说明的情况,附加电流现在导致电容456充电。在该充电过程结束时,电容456上的电压458再次对应于转换过程开始前的电压,附加电流停止流动,并且动态基准电压548再次具有其稳态的信号电平( $I_1 * R_{REF} + V_1$ )。

[0107] 图4B示出用于产生动态基准信号的装置的第二实施例。该结构对应于在图4A中示出的装置,在该装置中附加地预设第二箝位电路468、470。该第二箝位电路设计为将动态基准电压448限定至预定的最大值。在图4B中,动态基准电压448的最大值由第三内部基准电平 $V_H$ 确定。因为第二箝位电路468、470耦合在电阻460和466之间,所以节点A处的电压的最大值 $V_{Apeak}$ 箝定为

$$[0108] \quad V_{Apeak} = \frac{(I_1 R_{REF} + V_1)R_1 + V_H R_{REF}}{R_{REF} + R_1} \quad (\text{等式 } 4)。$$

[0109] 为了不要没必要地将显示复杂化,如果二极管在正向方向上极化,对于在此讨论的等式来说,接受二极管上的电压降为零。第二箝位电路468、470可以含有第二二极管468。选择第三内部基准电平 $V_H$ ,以避免与用于产生动态基准信号的装置442相连的部件上的损坏。比如说,如在图2中所示,由驱动电路236供应恒定电流 $I_1$ 。因为动态基准信号448位于驱动电路236的基准输出端上,所以这可能会由于动态基准信号448的提高了的电压电平受损。举例而言,驱动电路236的基准输出端上的最大允许的电压对应于 $V_{ON}$ 。在其它环境下,最大允许的电压也可以更高,为此借助于第二箝位电路468的限定并非绝对必要。

[0110] 在图5B中绘制了根据图4B的装置中暂时提高的动态基准信号448的曲线走向。在此可以看出,在根据图4A和图4B的装置中,节点B处的电压电平的曲线走向一致。同样地,动态基准信号548的、位于其稳态电平下的暂时降低的曲线走向对应于在图5A中绘制的。在功率半导体开关从关断的状态至合拢的状态的转换过程中可以看出区别。动态基准信号在此首先被箝定至在等式4中给出的值,直至第二箝位电路的二极管468停止导电。紧接着,动态基准电压548再次降至其稳态的信号电平。

[0111] 在图7中是用于产生动态基准信号的装置742的第三实施例。该装置对应于在图4B中示出的装置442,而其例外在于第三二极管772( $D_3$ )布置在第二箝位电路768、570和电阻760( $R_T$ )之间。第三二极管772( $D_3$ )影响用于产生动态基准信号的装置742在从闭合的状态至关断的状态的转换过程后的特性。如从图8中可见,在合拢过程后,节点A处电压电平(对应于动态基准信号848)以及节点B处的电压电平855的曲线走向对应于在图5B中所示出的。然



而,在功率半导体开关从合拢的状态到关断的状态的转换过程后,根据图4B和图8的用于产生动态基准信号的装置的特性彼此不同。

[0112] 如果控制信号830的负电压行程降低节点B处的电压电平(又由第一箝位电路754限定至电压电平 $V_L$ ),二极管772(D<sub>3</sub>)关断。因此,基准信号发生器752从无源的充电电路752处去耦。这又使得可以避免节点A处的电压电平降至稳态的电压电平以下或者明显减小该下降(并且由此还有动态基准信号748的下降)。节点A处的电压电平极快地返回其静态电平( $V_1 + I_1 * R_{REF}$ ),因为该过程不再与无源的充电电路750的RC元件的电容756的放电特性相关。电容756( $C_T$ )上的电压 $U_{CT}$ 在从断开状态切换至接通状态后为静态的, $U_{CT} = (I_1 * R_{REF} + V_1) - V_{ON}$ 。电容通过 $R_T$ 、 $R_1$ 和 $R_{REF}$ 被放电至该值,这引起动态基准电压 $U_{REF}$ 的动态提高。在从接通状态切换至断开状态时,电容756( $C_T$ )通过第一箝位电路754无明显延迟地(没有电阻参与充电,而二极管D1在此被忽略),再充电至值 $U_{CT} = V_L - V_{OFF}$ 。因为第二内部基准电平762( $V_L$ )比 $I_1 * R_{REF} + V_1$ 更深,所以二极管772(D<sub>3</sub>)关断。因此,电容756( $C_T$ )不经由该路径附加地再充电。该特性显示在图8中的曲线848中,其示出根据图8的装置中的动态基准信号的时间曲线走向。

[0113] 抑制或者降低负偏离(低于稳态的电压电平)是有利的,因为动态基准信号748的负偏离例如在短的断开时段876( $t_{OFF}$ )的情形下可以有下列结果,即当进行接下来的合拢过程时,动态基准信号848还没有再次返回其静态值。这可以产生这样的结果,即在闭合时,动态基准信号 $U_{REF}$ (参见图6左下部)动态地被“压缩”(即动态基准信号 $U_{REF}$ 的峰值比更长的断开时段876下的更深)。这又可能会导致,代表集电极-发射极电压的信号 $U_{CE}$ 可以在正常闭合时,与动态基准信号 $U_{REF}$ 的曲线走向本身交叉。因此,过电流状态检测电路240向驱动电路236报告过电流或者短路状态,即便没有出现类似情况。

[0114] 所显示的当前发明的实施例的上述说明并不是详尽的或者并不意味着局限于这些实施例。在在此为了图解目的说明本发明的具体实施方式和实施例的同时,也可能有不同的变型,而无需偏离当前发明。电压、电流、频率、功率、范围值、时间等的具体实施例仅仅是解释性的,以便可以用其它适合于这些参数的值实现当前发明。

[0115] 鉴于上文中的详细说明,可以在本发明的实施例中实现这些变型。在接下来的权利要求中使用的概念不应理解为将本发明限制于在说明书和权利要求书中公开的具体的实施方式。当前的说明书和附图应视作图解的,并非限制性的。

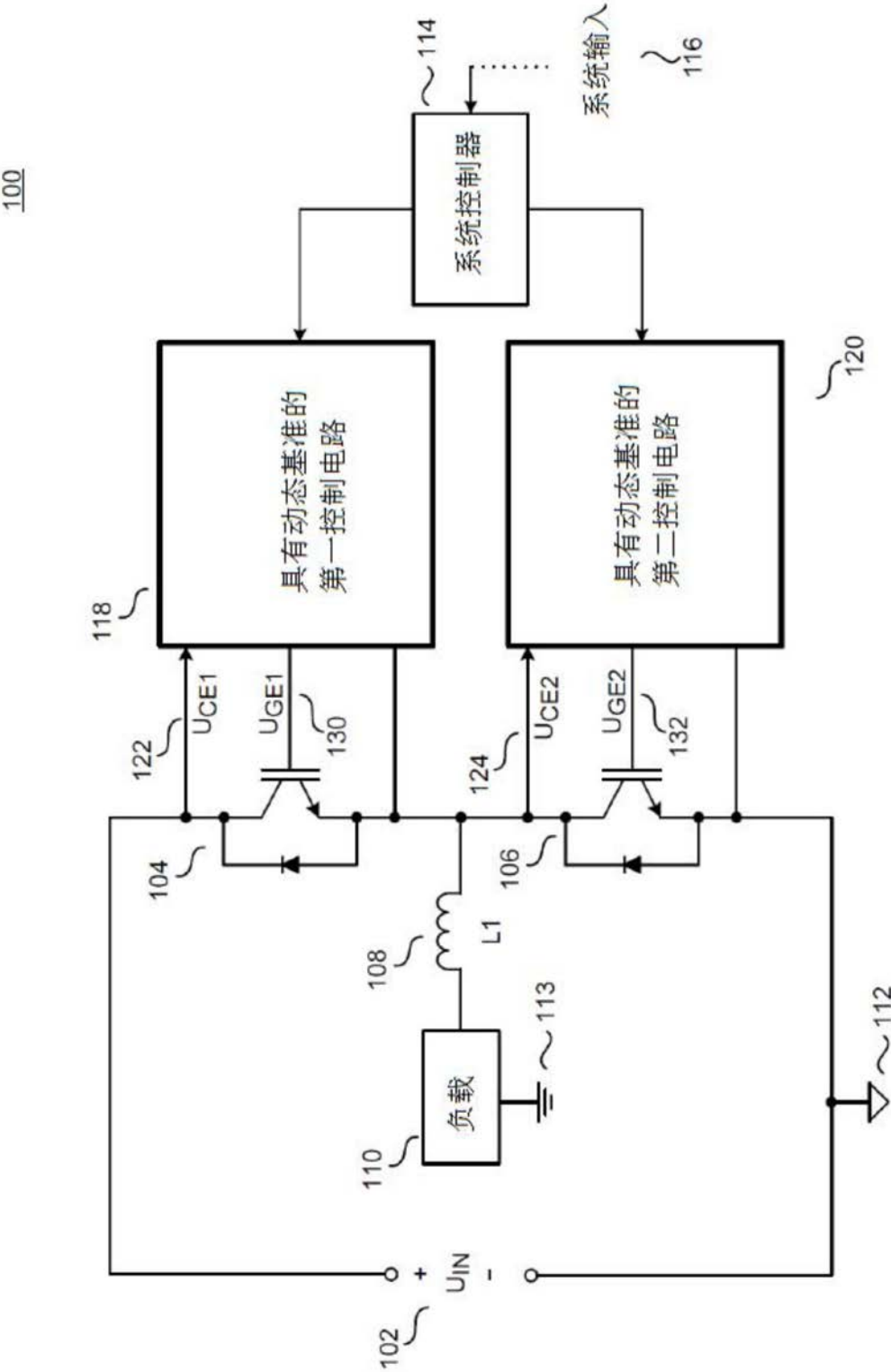


图1

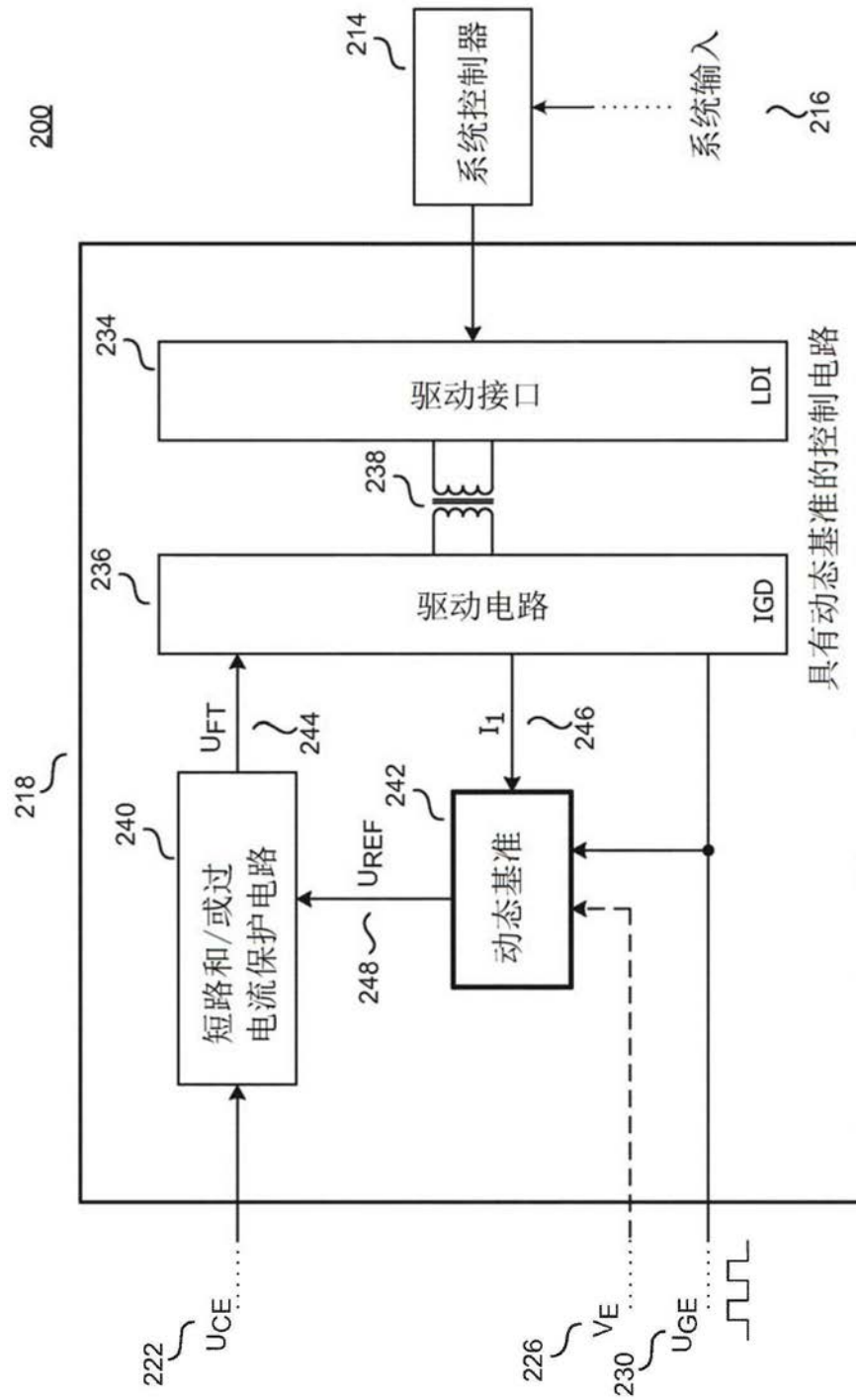


图2

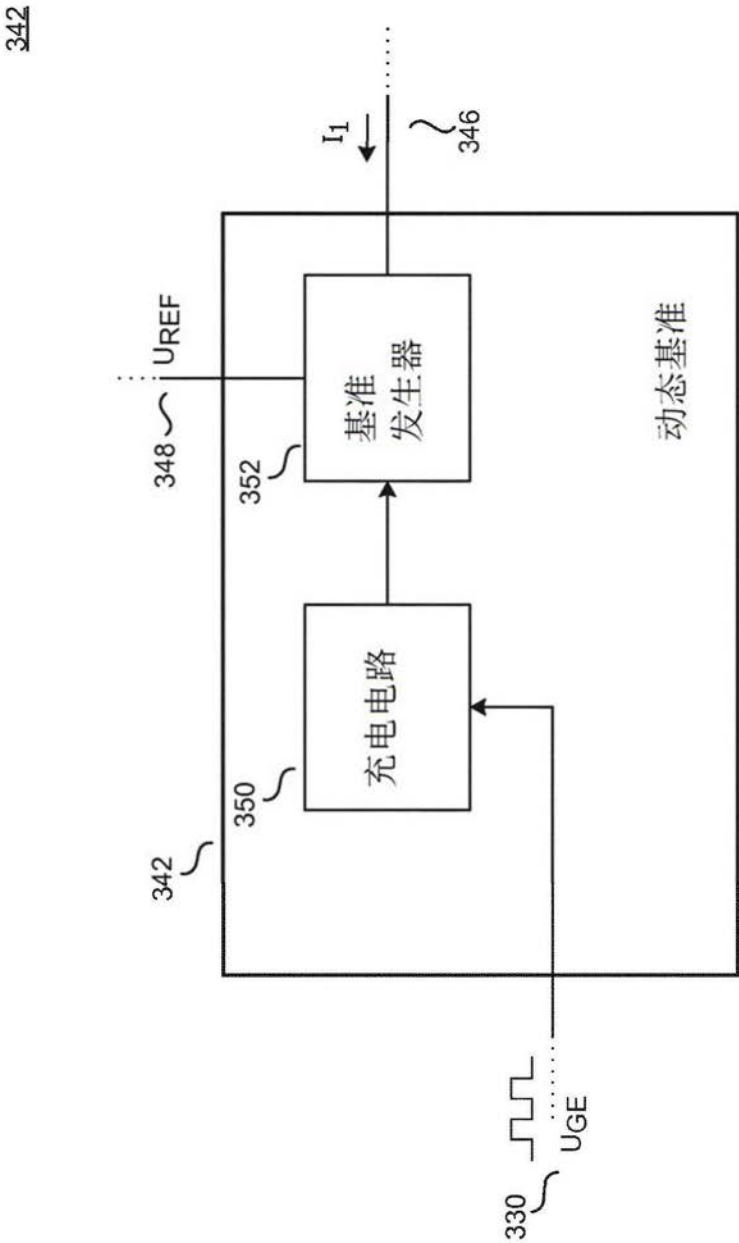


图3

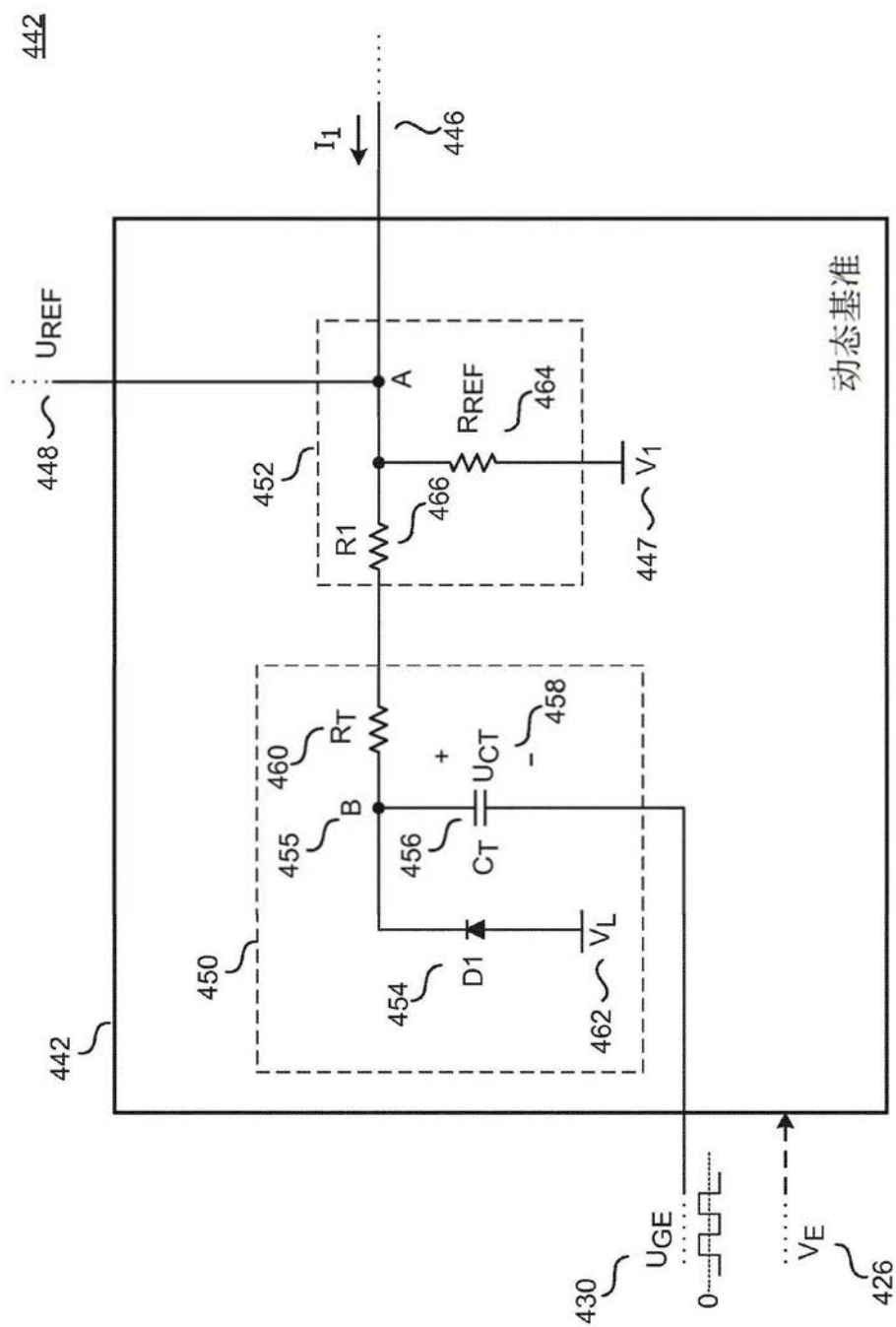


图4A

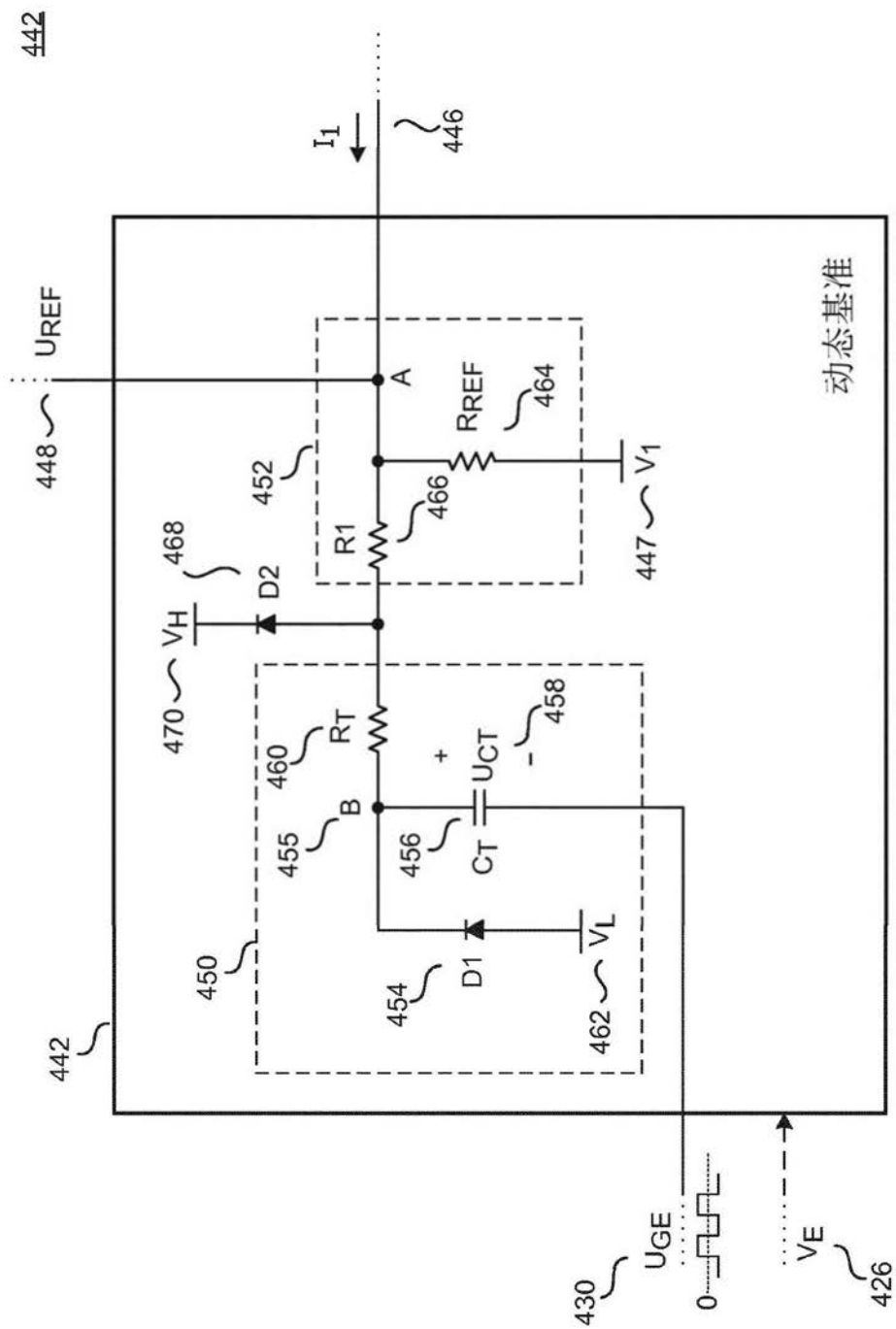


图4B

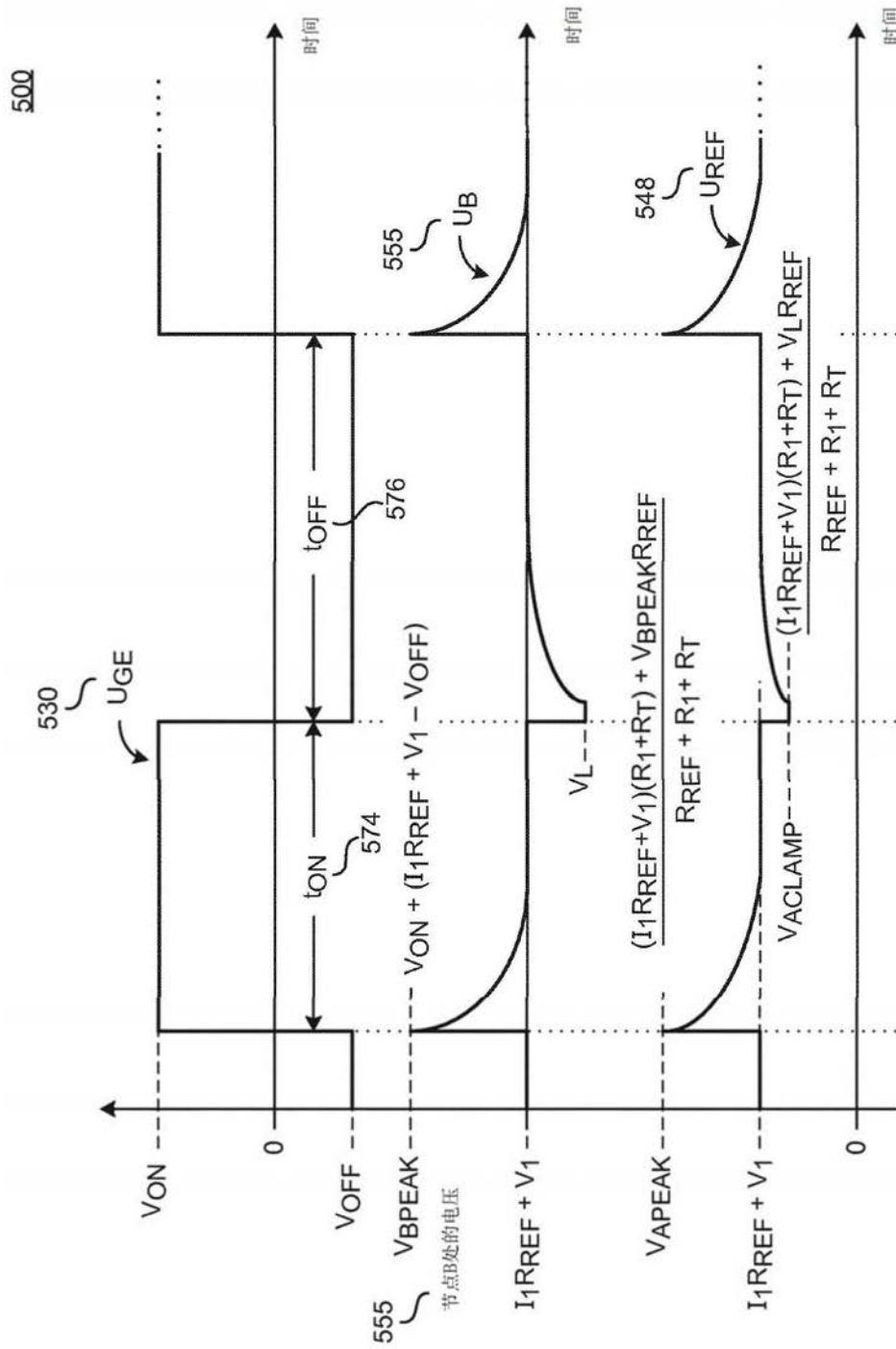


图5A

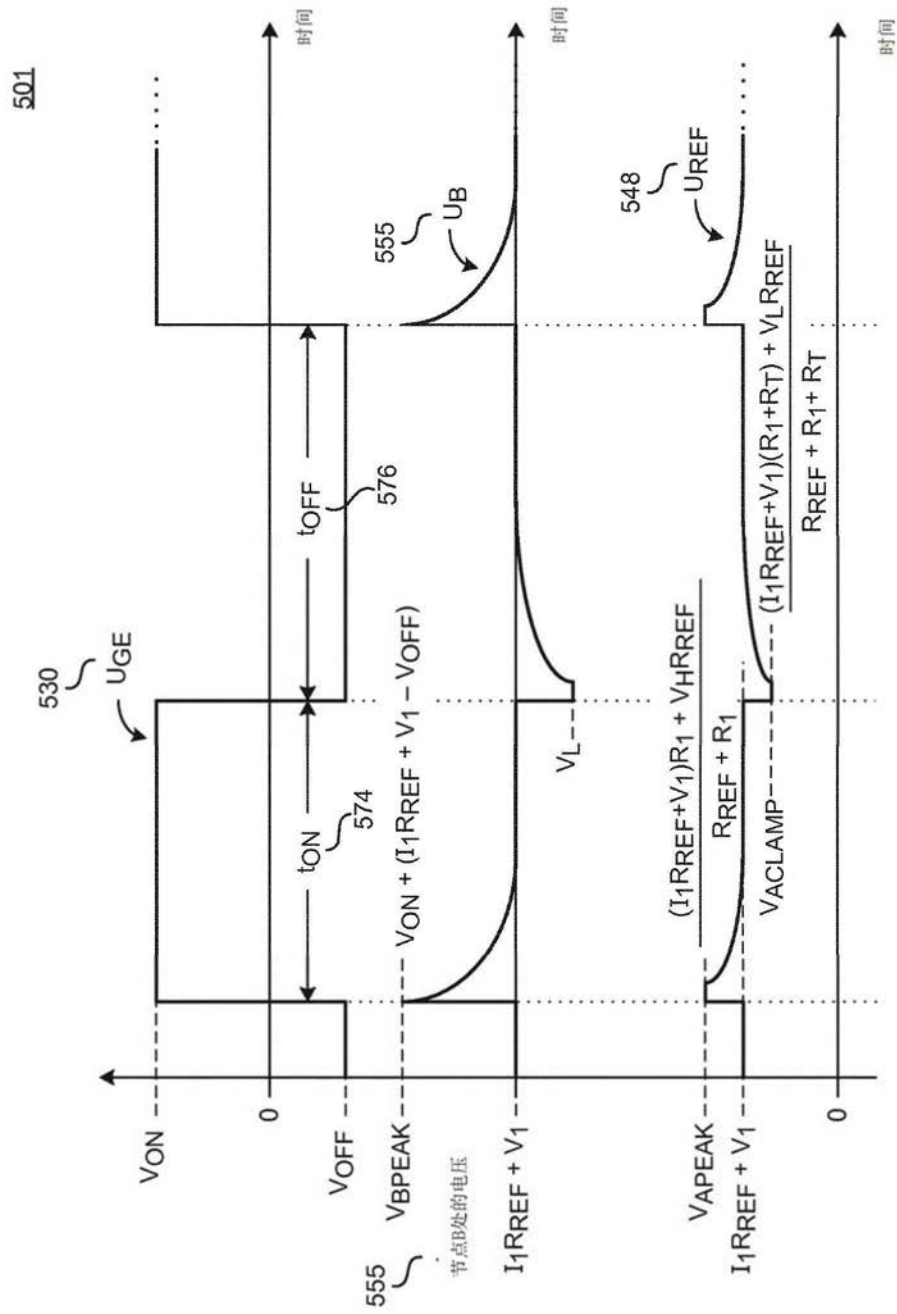


图5B



600

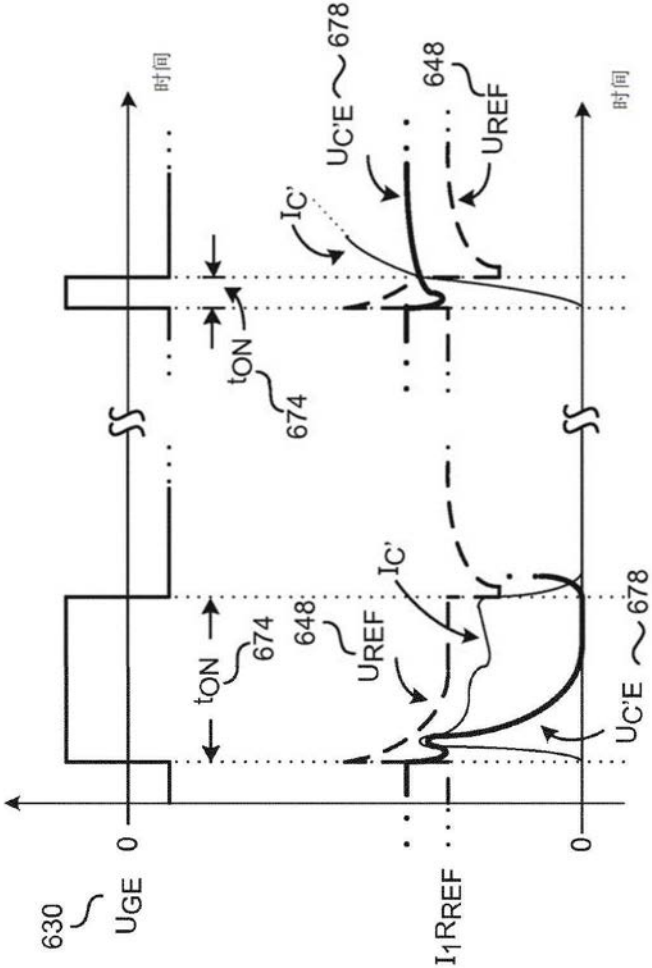


图6

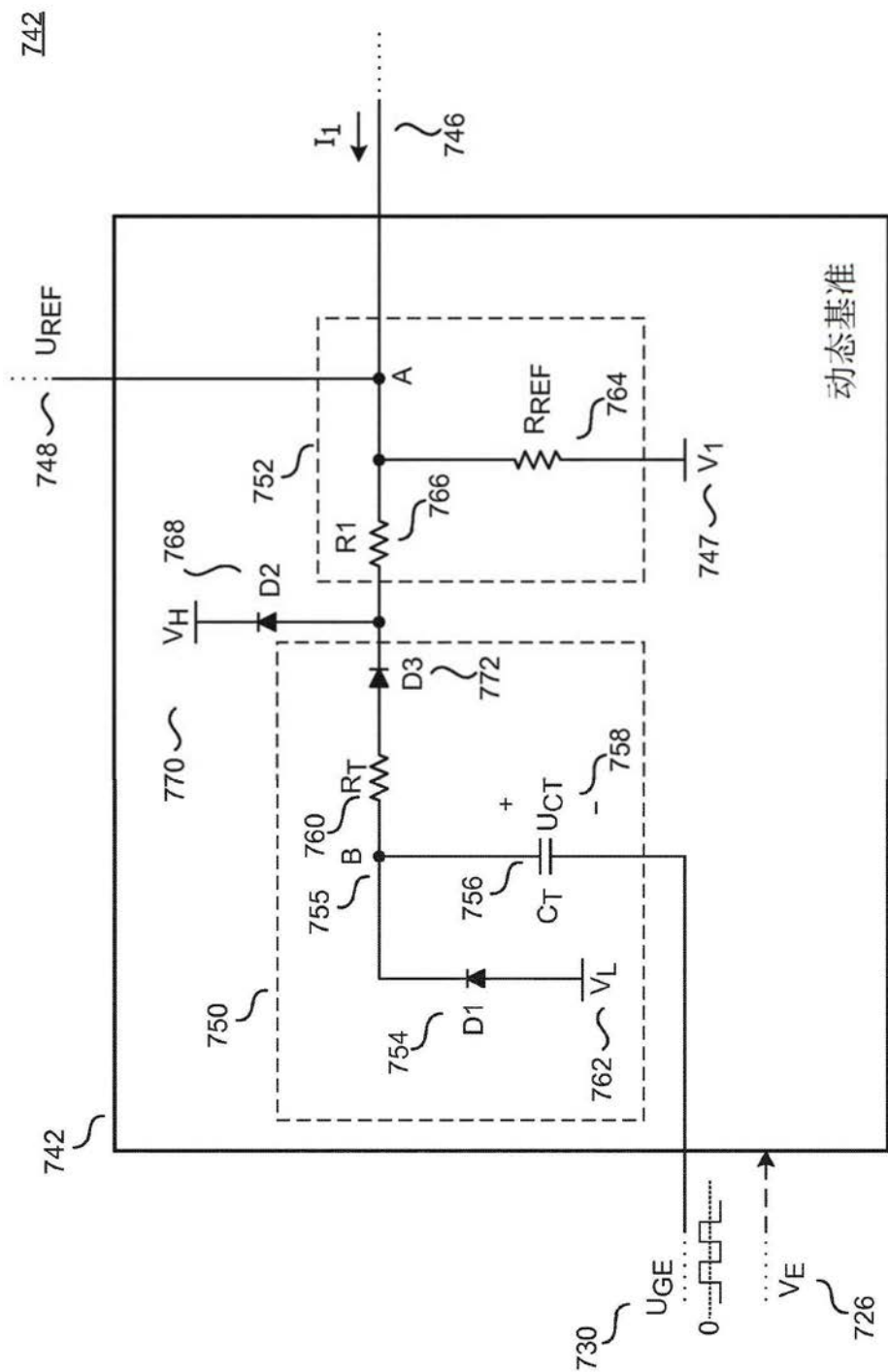


图7

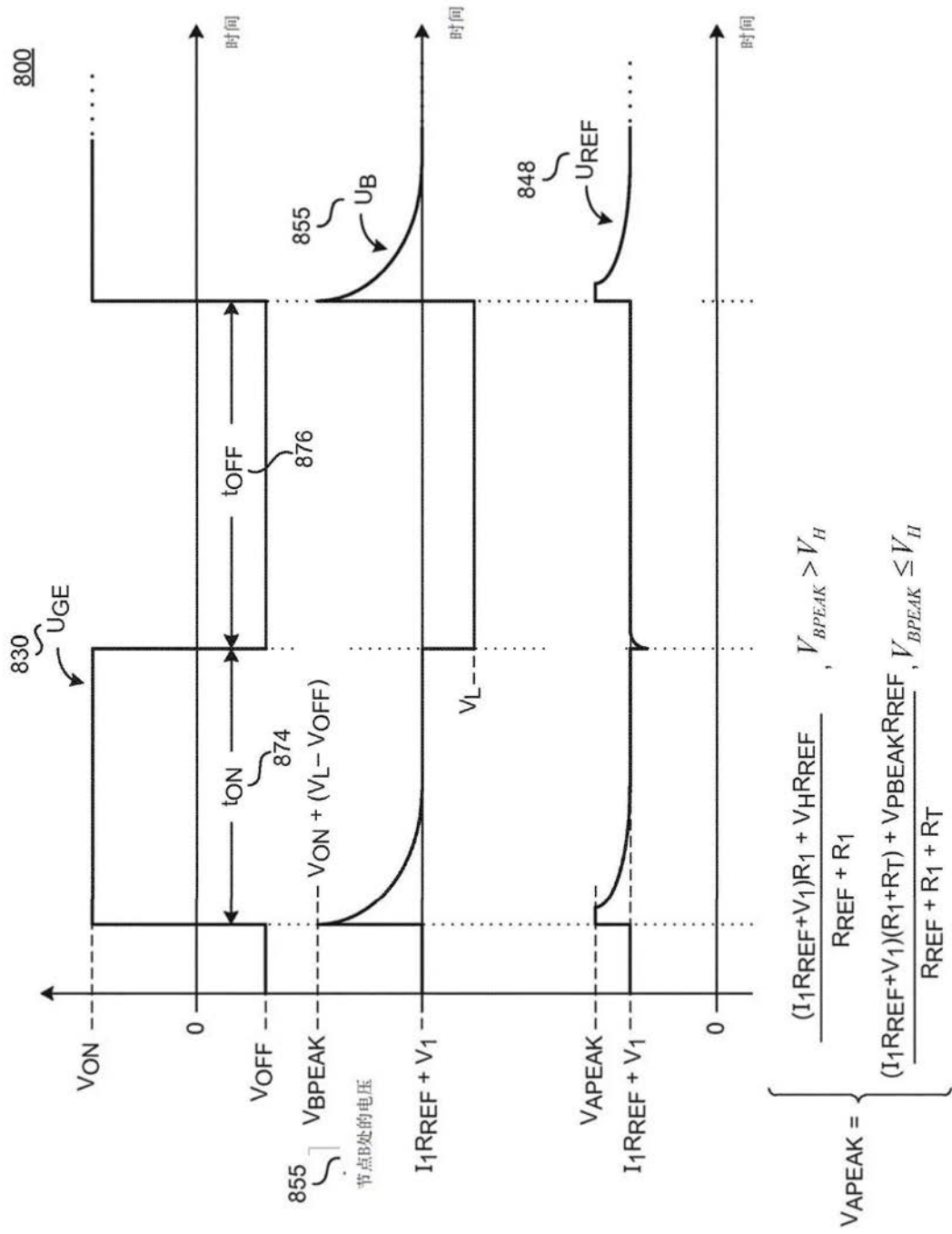


图8