



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104635806 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 20

(21) 申请号 201510018504. 0

(22) 申请日 2015. 01. 14

(71) 申请人 重庆大学

地址 400030 重庆市沙坪坝区沙正街 174 号

(72) 发明人 周雒维 吴军科 杜雄 孙鹏菊

张宴铭

(74) 专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限

公司 11228

代理人 朱振德

(51) Int. Cl.

G05D 23/24(2006. 01)

G05D 23/22(2006. 01)

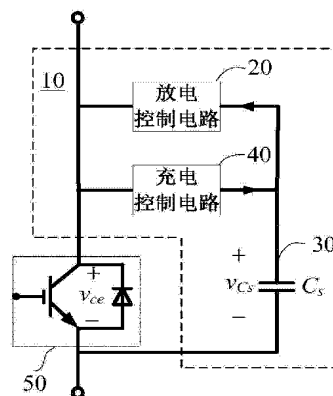
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种功率器件结温控制电路及主动热管理方法

(57) 摘要

本发明公开了一种功率器件结温控制电路及主动热管理方法,温度控制电路主要包括缓冲电容,充电控制电路,放电控制电路三部分。本发明利用缓冲吸收电路参数调整实现变流器中功率器件结温调节,可同时实现升温和降温功能,响应速度快,能同时实现开关周期、工频周期和低功率波动周期三个时间尺度段的结温控制。其基本原理是:在功率器件关断瞬间,原本流过器件的电流转移至缓冲电容通路,从而改变了集射极电压的上升速率,减小了器件关断损耗,降低了器件结温;在功率器件开通后,存储在缓冲电容上的电荷通过吸收电路和功率器件放电,一部分能量消耗在吸收电路上,另一部分能量消耗在器件上,使得器件结温升高。从而实现功率器件结温能升能降。



1. 一种功率器件结温控制电路,其特征在于:包括缓冲电容、充电控制电路、放电控制电路;所述缓冲电容,用于抑制器件关断瞬间的电压尖峰,减小集射极电压上升速率,同时存储功率器件关断时的能量;所述充电控制电路,用于给缓冲电容提供一个充电电流可调的充电通路;所述放电控制电路,用于给缓冲电容提供一个放电电流可调的放电通路,吸收缓冲电容释放的能量;所述缓冲电容和充电控制电路串联后连接于功率器件的集射极之间;所述放电控制电路与充电控制电路并联。

2. 根据权利要求1所述的功率器件结温控制电路,其特征在于:所述放电控制电路还包括单独放电回路;所述单独放电回路包括温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} ;所述温控开关 S_{on} ,用于给缓冲电容设置单独的放电回路,在降温控制且功率器件开通时启用;所述吸收电阻 R_{on} 与温控开关 S_{on} 串联,用于吸收缓冲电容放电能量;所述温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} 串联后连接于缓冲电容两端。

3. 根据权利要求1所述的功率器件结温控制电路,其特征在于:所述充电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管。

4. 根据权利要求1所述的功率器件结温控制电路,其特征在于:所述放电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管,根据需要也可以给三极管串联一个适当阻值的功率电阻,以加强对缓冲电容放电能量的吸收。

5. 一种基于功率器件结温控制电路的主动热管理方法,其特征在于:包括以下步骤:

S1:设置温度控制目标值;

S2:获取变流器中功率模块的温度信息;

S3:计算实时温度信息与温度参考量之间的差值;

S4:根据差值来确定需要升温控制还是降温控制;当差值为正时降温;差值为负时升温;

S5:按以下方式调节充电控制电路和放电控制电路中的电流大小:

在升温过程中,功率器件开通时,增大缓冲电容放电回路中的电流;功率器件关断时,减小缓冲电容充电回路中的电流;

在降温过程中,功率器件开通时,减小缓冲电容放电回路中的电流;功率器件关断时,增大缓冲电容充电回路的电流;

S6:重复步骤 S1-S5,直达到温度控制目标值。

6. 根据权利要求5所述的基于功率器件结温控制电路的主动热管理方法,其特征在于:所述放电控制电路还包括单独放电回路;所述单独放电回路包括温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} ;所述温控开关 S_{on} ,用于给缓冲电容设置单独的放电回路,在降温控制且功率器件开通时启用;所述吸收电阻 R_{on} 与温控开关 S_{on} 串联,用于吸收缓冲电容放电能量;所述温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} 串联后连接于缓冲电容两端。

7. 根据权利要求5所述的基于功率器件结温控制电路的主动热管理方法,其特征在于:所述充电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管;所述放电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管;所述单独放电回路中的温控开关 S_{on} 是在功率器件开通且需要降温时闭合连通。

8. 根据权利要求5所述的基于功率器件结温控制电路的主动热管理方法,其特征在于:所述充电控制电路和放电控制电路中的电流大小的调节是根据结温信息来调节充放电

控制电路中三极管的基极驱动电流来实现缓冲电容充放电回路的电流大小的。

9. 根据权利要求 5 所述的基于功率器件结温控制电路的主动热管理方法,其特征在 于:所述温度信息为可表征器件结温的参量,所述参量通过功率模块内置的温度传感器获 取;或通过温度传感器来测量功率模块底壳温度获取;或采用饱和压降等热敏电参数间接 测量获取。

10. 根据权利要求 5 所述的基于功率器件结温控制电路的主动热管理方法,其特征在 于:所述温度信息为温度平均值,或为温度波动幅度值。

一种功率器件结温控制电路及主动热管理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种变流器功率器件的热管理领域,特别涉及一种功率器件结温控制电路及基于缓冲吸收电路参数调整的变流器功率模块主动热管理方法。

背景技术

[0002] 工业界的反馈信息表明,与发电机等常规电力设备相比,功率变流器具有较低的可靠性。尤其在可再生能源发电中,系统要求功率变流器具有和发电机,变压器等常规电力设备相近的可靠性。由于可再生能源发电难于直接并网,因而功率变流器在系统中不可或缺。变流器在可再生能源发电中是连接发电机和公用电网的桥梁,担负着电能变换的重要作用。因此,提高变流器的可靠性是一个亟需解决的现实问题。

[0003] 功率变流器可靠性低下与其工作特点密切相关。变流器常常运行在处理功率大幅度随机波动的场合,其处理的是能量密度极高的脉冲电磁功率,在运行过程中功率模块持续承受巨大的热应力循环冲击,从而加速变流器的疲劳老化失效,缩短设备的使用寿命。器件结温越高,使用寿命越短,结温变化幅度越大,使用寿命也越短。但当器件的平均结温不超过额定工作温度时,温度变化的幅度对功率器件的寿命影响更大,起主要支配作用。实际上,功率器件的许多其他失效原因,其本质也与结温息息相关。如过电气应力失效的本质就是雪崩电压击穿时产生的热量累积引起结温不断上升,最终导致的热击穿失效。

[0004] 半导体功率器件在运行过程中会产生功率损耗,主要包括开通损耗,关断损耗,以及导通损耗,这些损耗会引起器件发热。功率器件运行过程中的结温及其产生的热应力冲击,是影响器件可靠性的一个十分重要的因素,需要采取措施减小或平滑这种热冲击,即对器件结温进行调节,通常以降低平均结温,减小结温波动幅度为控制目标。采用合适的控制策略抑制器件的热应力冲击,在不影响变流器功率处理能力的前提下,使系统运行在可靠性较高的模式,该方法是一种主动的寿命延长技术。功率模块的热应力控制包括器件内部结温控制和外部热管理两类,结温控制的本质是器件损耗控制,具有响应速度快,控制精度较高等优势;外部热管理的本质是热阻控制,属于传统热管理的范畴,响应速度较慢。现有为数不多的有关器件内部结温控制仅限于开关频率调节,调制方式调整,以及负载电流调节等少数方法。在实际功率变流器中,开关频率的变化范围有限,调节开关频率对电能质量有影响。而通过负载电流调节温度的方式,在绝大多数场合都不被允许,因此该方法的实际应用受到诸多限制。空间矢量调制方式对调节器件结温具有较好的效果,该方法的本质仍然是开关频率调整。

[0005] 因此,为实现变流器功率模块热管理的控制目标,解决现有结温控制方法存在的问题和缺陷,需要探索更多可行的热应力控制方案。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明所要解决的技术问题是提供一种功率器件结温控制电路及基于缓冲吸收电路参数调整的变流器功率模块主动热管理方法。

[0007] 本发明的目的之一是提出一种功率器件结温控制电路；本发明的目的之二是提出一种基于功率器件结温控制电路的主动热管理方法。

[0008] 本发明的目的之一是通过以下技术方案来实现的：

[0009] 本发明提供的一种功率器件结温控制电路，包括缓冲电容、充电控制电路和放电控制电路；所述缓冲电容，用于抑制器件关断瞬间的电压尖峰，减小集射极电压上升速率，同时存储功率器件关断时的能量；所述充电控制电路，用于给缓冲电容提供一个充电电流可调的充电通路；所述放电控制电路，用于给缓冲电容提供一个放电电流可调的放电通路，吸收缓冲电容释放的能量；所述缓冲电容和充电控制电路串联后连接于功率器件的集射极之间；所述放电控制电路与充电控制电路并联。

[0010] 进一步，所述放电控制电路还包括单独放电回路；所述单独放电回路包括温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} ；所述温控开关 S_{on} ，用于给缓冲电容设置单独的放电回路，在降温控制且功率器件开通时启用；所述吸收电阻 R_{on} 与温控开关 S_{on} 串联，用于吸收缓冲电容放电能量；所述温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} 串联后连接于缓冲电容两端。

[0011] 进一步，所述充电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管。

[0012] 进一步，所述放电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管。

[0013] 本发明的目的之二是通过以下技术方案来实现的：

[0014] 本发明提供的基于功率器件结温控制电路的主动热管理方法，包括以下步骤：

[0015] S1：设置温度控制目标值；

[0016] S2：获取变流器中功率模块的温度信息；

[0017] S3：计算实时温度信息与温度参考量之间的差值；

[0018] S4：根据差值来确定需要升温控制还是降温控制；当差值为正时降温；差值为负时升温；

[0019] S5：按以下方式调节充电控制电路和放电控制电路中的电流大小：

[0020] 在升温过程中，功率器件开通时，增大缓冲电容放电回路中的电流；功率器件关断时，减小缓冲电容充电回路中的电流；

[0021] 在降温过程中，功率器件开通时，减小缓冲电容放电回路中的电流；功率器件关断时，增大缓冲电容充电回路的电流；

[0022] S6：重复步骤 S1-S5，直到达到温度控制目标值。

[0023] 进一步，所述放电控制电路还包括单独放电回路；所述单独放电回路包括温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} ；所述温控开关 S_{on} ，用于给缓冲电容设置单独的放电回路，在降温控制且功率器件开通时启用；所述吸收电阻 R_{on} 与温控开关 S_{on} 串联，用于吸收缓冲电容放电能量；所述温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} 串联后连接于缓冲电容两端。

[0024] 进一步，所述充电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管；所述放电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管；所述单独放电回路中的温控开关 S_{on} 是在功率器件开通且需要降温时闭合连通。

[0025] 进一步，所述充电控制电路和放电控制电路中的电流大小的调节是根据结温信息来调节充放电控制电路中三极管的基极驱动电流来实现缓冲电容充放电回路的电流大小的。

[0026] 进一步，所述温度信息为可表征器件结温的参量，所述参量通过功率模块内置的

温度传感器获取 ;或通过温度传感器来测量功率模块底壳温度获取 ;或采用饱和压降等热敏电参数间接测量获取。

[0027] 进一步,所述温度信息为温度平均值,或为温度波动幅度值。

[0028] 本发明的有益效果在于:本发明采用功率器件结温控制电路,通过基于缓冲吸收电路参数调整来实现变流器功率模块主动热管理,该方法根据直接或间接获取的器件结温信息动态调整缓冲电容充放电回路的电流,从而调整器件开通关断的功率损耗,进而实现器件结温的主动调节。

[0029] 该方法结温控制响应速度快。传统基于散热器外部风冷和水冷调节的热管理措施,对于调节功率模块平均结温具有较好的效果,但温度控制响应速度较慢。本发明可根据器件结温信息调节每个开关周期内温控电路的充放电电流,因而调节速度快。控制精度高。由于本发明能够根据器件结温信息进行精确的反馈调节,因而控制精度较高。不影响变流器的功率处理能力。与变负载电流进行结温控制的方式相比,本发明提供的方法不影响变流器的功率处理能力。对变流器输出波形基本无影响。与变开关频率和变调制方式实现结温调节的方法相比,本发明提供的方法通过转移器件开通关断瞬间的能量实现热管理,不影响变流器输出波形质量。

[0030] 本发明提供的基于缓冲吸收电路参数调整的变流器功率模块主动热管理方法,可广泛应用于电动汽车驱动、机车牵引、舰船电驱动、可再生能源发电等对变流器可靠性要求较高的领域,通过该方法的应用,减小功率变流器中功率器件在实际运行过程中的热应力冲击,从而提高设备运行可靠性,延长使用寿命。

[0031] 本发明从功率器件开关运行轨迹调整的角度实现结温控制,该方法动态响应速度快,不影响变流器的功率处理能力,对变流器输出波形没有影响,是对已有结温控制策略的一种有益补充。

附图说明

[0032] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步的详细描述,其中:

[0033] 图 1 是功率器件开通关断的运行轨迹示意图;

[0034] 图 2 是结温控制时 IGBT 开关暂态过程;

[0035] 图 3 是功率器件结温控制电路电路图;其中,3a 是功率器件结温控制电路框图;3b 是功率器件结温控制电路图;3c 是功率器件结温控制电路的另一种实现方式;

[0036] 图 4 为三极管集电极电流随基极电流变化的曲线示意图;

[0037] 图 5 是功率器件结温控制电路 IGBT 开关实验波形图,其中,5a 是未加温控电路时 IGBT 开关实验波形;5b 是降温控制时 IGBT 开关瞬间实验波形;5c 是升温控制时 IGBT 开关瞬间实验波形;

[0038] 图 6 是功率器件结温控制电路控制 IGBT 芯片温度的实测结果图,其中,6a 是温度控制前 IGBT 芯片温度的实测结果;6b 是温度控制后 IGBT 芯片温度的实测结果。

[0039] 图中,结温控制电路 10、放电控制电路 20、缓冲电容 30、充电控制电路 40、功率器件 50。

具体实施方式

[0040] 以下将参照附图,对本发明的优选实施例进行详细的描述。应当理解,优选实施例仅为了说明本发明,而不是为了限制本发明的保护范围。

[0041] 实施例 1

[0042] 如图所示,本发明提供一种功率器件结温控制电路 10,包括缓冲电容 30、充电控制电路 40 和放电控制电路 20;

[0043] 所述缓冲电容,用于抑制器件关断瞬间的电压尖峰,减小集射极电压上升速率,同时存储功率器件 50 关断时的能量;

[0044] 所述充电控制电路,用于给缓冲电容提供一个充电电流可调的充电通路;

[0045] 所述放电控制电路,用于给缓冲电容提供一个放电电流可调的放电通路,吸收缓冲电容释放的能量;

[0046] 所述缓冲电容和充电控制电路串联后连接于功率器件的集射极之间;

[0047] 所述放电控制电路与充电控制电路并联。

[0048] 所述放电控制电路还包括单独放电回路;所述单独放电回路包括温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} ;

[0049] 所述温控开关 S_{on} ,用于给缓冲电容设置单独的放电回路,在降温控制且功率器件开通时启用;

[0050] 所述吸收电阻 R_{on} 与温控开关 S_{on} 串联,用于吸收缓冲电容放电能量;

[0051] 所述温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} 串联后连接于缓冲电容两端。

[0052] 所述充电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管。

[0053] 所述放电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管。

[0054] 本实施例还提供了一种基于功率器件结温控制电路的主动热管理方法,包括以下步骤:

[0055] S1:设置温度控制目标值;

[0056] S2:获取变流器中功率模块的温度信息;

[0057] S3:计算实时温度信息与温度参考量之间的差值;

[0058] S4:根据差值来确定需要升温控制还是降温控制;当差值为正时降温;差值为负时升温;

[0059] S5:按以下方式调节充电控制电路和放电控制电路中的电流大小;

[0060] 在升温过程中,功率器件开通时,增大缓冲电容放电回路中的电流;功率器件关断时,减小缓冲电容充电回路中的电流;

[0061] 在降温过程中,功率器件开通时,减小缓冲电容放电回路中的电流;功率器件关断时,增大缓冲电容充电回路的电流;

[0062] S6:重复步骤 S1-S5,直到达到温度控制目标值。

[0063] 所述放电控制电路还包括单独放电回路;所述单独放电回路包括温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} ; S_{on} 在图中表示独立放电回路温控开关; R_{on} 在图中表示独立放电回路吸收电阻;

[0064] 所述温控开关 S_{on} ,用于给缓冲电容设置单独的放电回路,在降温控制且功率器件开通时启用;

- [0065] 所述吸收电阻 R_{on} 与温控开关 S_{on} 串联,用于吸收缓冲电容放电能量;
- [0066] 所述温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} 串联后连接于缓冲电容两端。
- [0067] 所述充电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管;所述放电控制电路为基极驱动电流可调节的三极管;所述单独放电回路中的温控开关 S_{on} 是在功率器件开通且需要降温时闭合连通。
- [0068] 所述充电控制电路和放电控制电路中的电流大小的调节是根据结温信息来调节充放电控制电路中三极管的基极驱动电流来实现缓冲电容充放电回路的电流大小的。
- [0069] 所述温度信息为可表征器件结温的参量,所述参量通过功率模块内置的温度传感器获取;或通过温度传感器来测量功率模块底壳温度获取;或采用饱和压降等热敏电参数间接测量获取。
- [0070] 所述温度信息为温度平均值,或为温度波动幅度值。
- [0071] 实施例 2
- [0072] 本实施例提供的一种功率器件结温控制电路,包括缓冲电容、充电控制电路、放电控制电路;
- [0073] 所述缓冲电容,用于抑制器件关断瞬间的电压尖峰,减小集射极电压上升速率,同时存储功率器件关断时的能量;
- [0074] 所述充电控制电路,用于给缓冲电容提供一个充电电流可调的充电通路,由基极驱动电流可调节的三极管构成;
- [0075] 所述放电控制电路,用于给缓冲电容提供一个放电电流可调的放电通路,可以吸收缓冲电容释放的能量,由基极驱动电流可调节的三极管构成;(对于设置有单独放电回路的温控电路,包括由放电控制开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} 组成的单独放电回路)
- [0076] 所述缓冲电容和充电控制电路串联后连接于功率器件的集射极之间;
- [0077] 所述放电控制电路与充电控制电路并联。
- [0078] 除放电控制电路 20 可以作为缓冲电容的放电通路外,也可为缓冲电容 30 设置单独的放电回路;所述单独的放电回路包括放电控制开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} ;
- [0079] 所述温控开关 S_{on} ,用于给缓冲电容设置单独的放电回路,仅在降温控制且功率器件开通时启用;
- [0080] 所述吸收电阻 R_{on} ,用于吸收缓冲电容放电能量,仅与温控开关 S_{on} 联合使用;
- [0081] 所述温控开关 S_{on} 和吸收电阻 R_{on} 串联后连接于缓冲电容两端。
- [0082] 本实施例还提供了一种基于缓冲吸收电路参数调整的变流器功率模块主动热管理方法,包括以下步骤:
- [0083] S1:设置温度控制目标值;
- [0084] S2:获取变流器中功率模块的温度信息;
- [0085] S3:计算实时温度信息与温度参考量之间的差值;
- [0086] S4:根据差值来确定需要升温控制还是降温控制;当差值为正时降温;差值为负时升温;(对于设置有单独放电回路的温控电路,温控开关 S_{on} 仅在功率器件开通且需要降温时工作)
- [0087] S5:根据结温信息调节充放电控制电路中三极管的基极驱动电流,从而调节三极管所在回路(即缓冲电容充放电回路)的电流大小;

[0088] 升温过程,功率器件开通时增大缓冲电容放电回路 20 中三极管的基极电流,此时缓冲电容放电电流增大,流过器件的电流增大,器件升温;功率器件关断时减小缓冲电容充电回路 40 中三极管的基极电流,从而减小缓冲电容充电电流,缓冲效果受到影响,器件升温;

[0089] 降温过程,功率器件开通时减小缓冲电容放电回路 20 中三极管的基极电流,此时缓冲电容放电回路电流随之减小,流过器件的电流减小,器件降温;功率器件关断时增大缓冲电容充电回路 40 三极管的基极电流,从而利于缓冲电容充电,器件集射极电压上升速率减小,关断损耗减小,器件降温;

[0090] S6:重复步骤 S1-S5,直到达到温度控制目标值。

[0091] 所述温度信息,均为可以表征器件结温的参量,这些参量可通过功率模块内置的温度传感器获取;或通过温度传感器来测量功率模块底壳温度获取;或采用饱和压降等热敏电参数间接测量获取。

[0092] 所述温度信息为温度平均值,或为温度波动幅度值。

[0093] 实施例 3

[0094] 本实施例与实施例 1 的区别仅在于:

[0095] 本实施例提供的一种基于缓冲吸收电路参数调整的变流器功率模块主动热管理方法,根据直接或间接获取的器件结温信息动态调整缓冲电容放电回路的等效电阻,从而调整器件开通关断的功率损耗,进而实现器件结温的主动调节。

[0096] 基于缓冲吸收电路参数调整的变流器功率模块主动热管理方法的基本原理如下:

[0097] 图 1 为器件开通关断时的运行轨迹,如图 1 所示,理想开关的运行轨迹呈矩形;但由于实际的开关器件都是非理想的,加上硬件回路中杂散电感的影响,开关开通时可能会存在电流过冲,关断时可能存在电压过冲,同时电压电流变化率都较大,导致开通和关断瞬间的功率损耗很大。因此,在应用开关器件时,经常会用到缓冲吸收电路,用以抑制电压电流过冲,减小开关损耗,通常采用“感性开通,容性关断”的思路。即器件开通时采用感性电路,关断时则使用容性电路,并用功率电阻吸收缓冲能量。通常功率模块内外部都存在引线电感,因此感性开通的条件是能够满足的,关断缓冲电路应用较为普遍。

[0098] 采用结温控制后,器件的开关运行轨迹将发生变化,如图 1 中带箭头的虚线所示,实线则表示未加温控电路时的开关运行轨迹。图中分别有代表开通过程和关断过程。通过调节缓冲电路中充放电电流的大小,实现升温 and 降温控制。温度控制前后器件的开关暂态过程如图 2 所示。

[0099] 基于缓冲吸收电路参数调整的功率器件结温控制,具体包括以下步骤:

[0100] 1) 获取变流器中功率模块的结温信息,主要有如下方法可选:a) 采用功率模块内置的温度传感器获取结温,部分功率器件制造商产品内置热敏电阻,可以通过测量热敏电阻的阻值间接获取模块内部的温度信息;b) 采用温度传感器测量模块底壳温度,壳温是硅芯片产生的热量从芯片向底壳传导的结果,能从一定程度上反映结温变化情况,因此可以用铂电阻或热电偶等温度传感器测量模块底壳温度;c) 采用饱和压降等热敏电参数间接测量结温,器件结温影响饱和压降,开关时间,阈值电压等诸多温敏参量,可以通过对温敏参数的测量获取结温信息;由于模块壳温较容易测量,下述将以壳温作为反映器件结温的

参量进行说明；

[0101] 2) 将步骤 1) 中获取的温度信息与温度控制参考量进行比较,得到二者之间的差值;此处实时反馈的温度信息和温度控制参考量既可以为温度平均值,也可以为温度波动幅度;无论是平均温度还是温度波动幅度,均需要根据模块温度计算得到,计算的时间跨度通常是一个工频周期;

[0102] 3) 根据步骤 2) 中获取的温度实际值与参考值之间的差值,根据温度差确定需要升温控制还是降温控制;当差值为正时需要降温控制,当差值为负时选择升温控制;

[0103] 4) 降温控制时,器件关断瞬间通过充电控制电路 40 向缓冲电容充电,与没有缓冲电路的硬开关相比,器件集电极电压的上升速率变得缓慢,从而减小了关断损耗,使结温降低;器件开通后缓冲电容通过放电控制电路 20 向 IGBT 放电,通过调节放电回路中三极管基极电流的大小控制放电电流,从而控制温度上升幅度;此外也可以采用如图 3c 所示的拓扑,给缓冲电容 30 设置单独的放电回路,温控开关 S_{on} 仅在降温控制且功率器件开通时启用。降温控制的总体思路是:器件关断时增加缓冲电容的充电电流,增强缓冲电路的作用,器件开通时减小放电电流,减小向功率器件释放缓冲能量,让更多的缓冲能量消耗在吸收电阻或三极管上;

[0104] 5) 升温控制时,器件关断瞬间通过充电电路 40 向缓冲电容充电,通过减小充电电路中三极管的基极电流,减小缓冲电容充电电流,抑制缓冲过程,削弱缓冲电路的作用,使器件升温;器件开通后缓冲电容通过放电电路向 IGBT 放电,增大放电电路中三极管的基极电流,从而增大放电电流,结温上升;即升温控制的总体思路是:器件关断时减小缓冲电容的充电电流,削弱缓冲电路的作用,器件开通时增大放电电流,尽可能多地向器件释放缓冲能量;

[0105] 在开关关断瞬间,器件电流将转移至缓冲回路,电路向缓冲电容 C_s 充电。当开关再次开通,电容 C_s 则通过放电电路 20 和功率器件组成的回路放电。假设缓冲电容最终充电电压为 V_d ,放电电路的等效电阻为 R_s ,则缓冲电容 C_s 的值可确定为式(一):

$$[0106] \quad C_s = \frac{I_o t_{ff}}{2V_d}$$

[0107] 放电电路主要用于调节电容 C_s 放电回路的电流,其等效电阻 R_s 满足式(二):

$$[0108] \quad R_s = \frac{V_d}{0.2I_o}$$

[0109] 通过调节充放电电路中三极管的基极电流,间接调节三极管所在充放电回路的电流,根据式(三)

$$[0110] \quad i_b = \beta i_{cs}$$

[0111] 其中 i_{cs} 为三极管的集电极电流,即缓冲吸收电路充放电回路的电流。

[0112] 图 4 为三极管集电极电流随基极电流变化的曲线示意图,实际应用中的三极管,其电流放大系数 β 不是固定的,其随集电极电流 i_{cs} 的增大而减小。

[0113] 图 5a 为示波器测得未加温控电路时功率器件的开关波形,可以看出器件关断瞬间集电极电压 v_{ce} 冲击很大,因而关断损耗很大;

[0114] 图 5b 为示波器测得降温控制时功率器件的开关波形,可以看出器件关断瞬间集电极电压 v_{ce} 缓慢上升,开关损耗减小;

[0115] 图 5c 为示波器测得升温控制时功率器件的开关波形,器件开通后由缓冲电容释放的能量使得导通电流瞬时增大,开通损耗增加;

[0116] 为验证本发明所提供的热管理方法在原理上的可行性,对未灌胶的功率模块开封处理,通过红外测温仪测量了热管理前后变流器功率模块内部芯片表面的温度;

[0117] 图 6a 为通过红外测温仪测得热管理前芯片表面的温度,此时变流器工作在处理功率循环变化的情况下,因而温度大幅度波动该温度;

[0118] 图 6b 为通过红外测温仪测得热管理后芯片表面温度,可以看出此时温度波动幅度大大降低,从而验证了本发明提供的热管理方法。

[0119] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管通过参照本发明的优选实施例已经对本发明进行了描述,但本领域的普通技术人员应当理解,可以在形式上和细节上对其做出各种各样的改变,而不偏离本发明所限定的精神和范围。

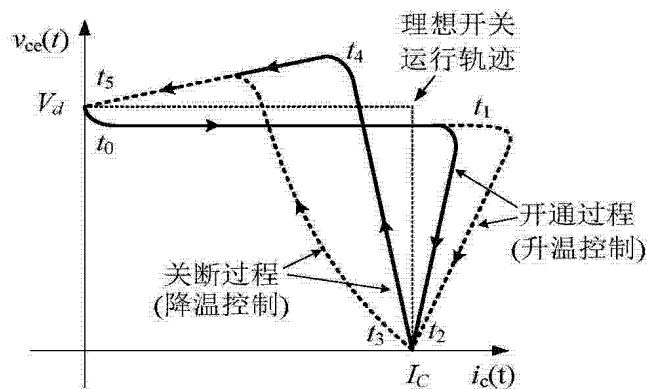


图 1

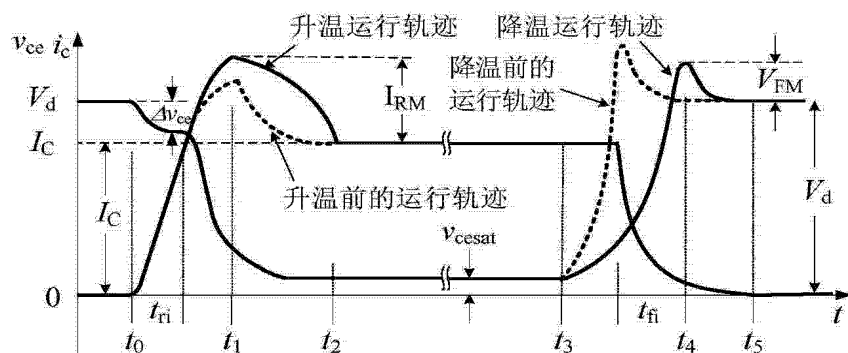
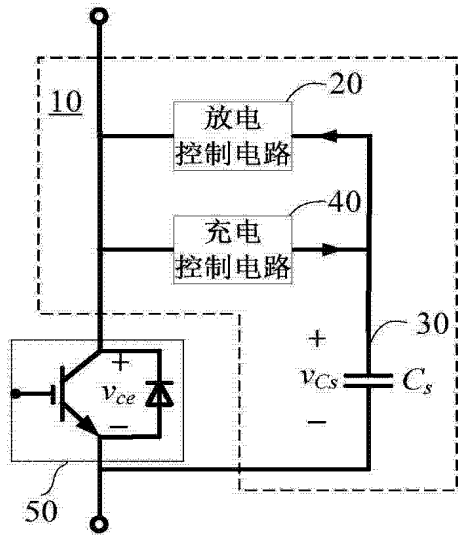
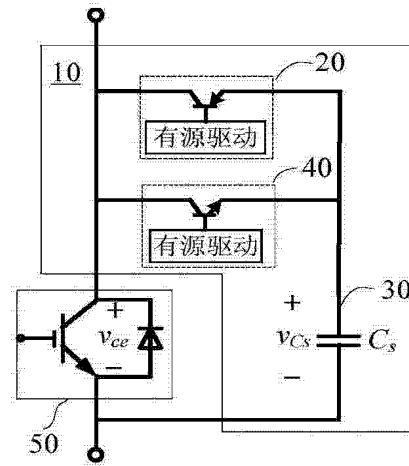


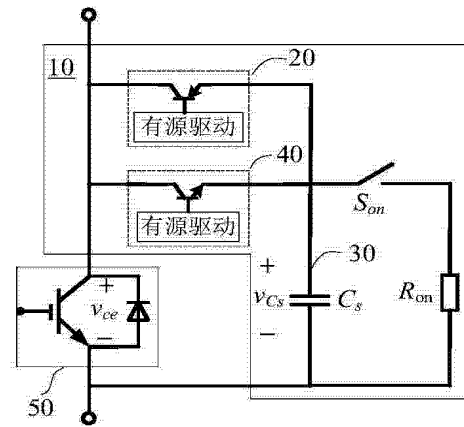
图 2



3a



3b



3c

图 3

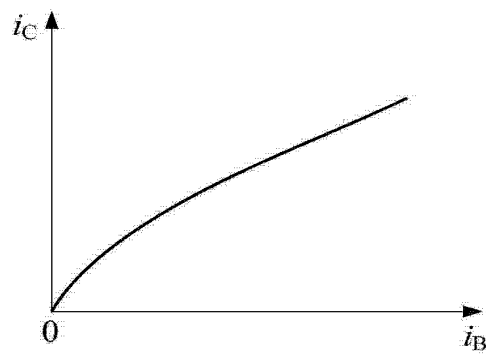
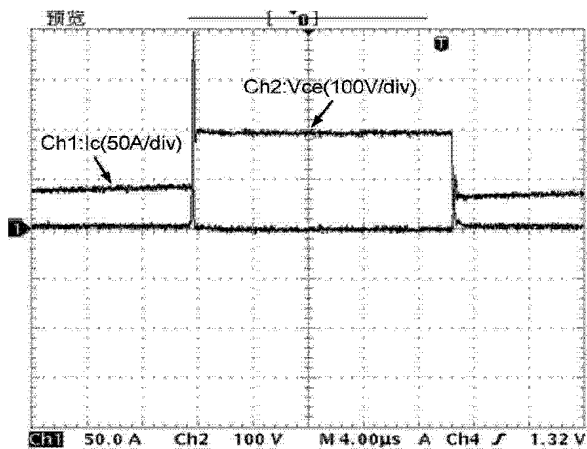
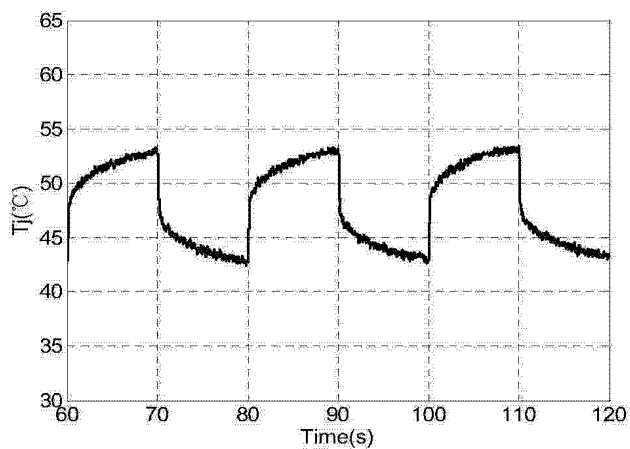


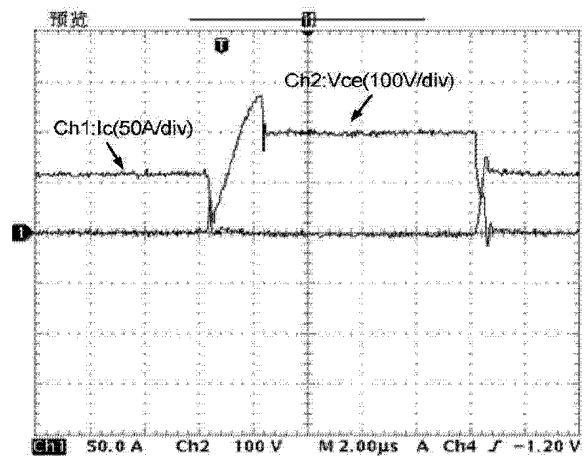
图 4



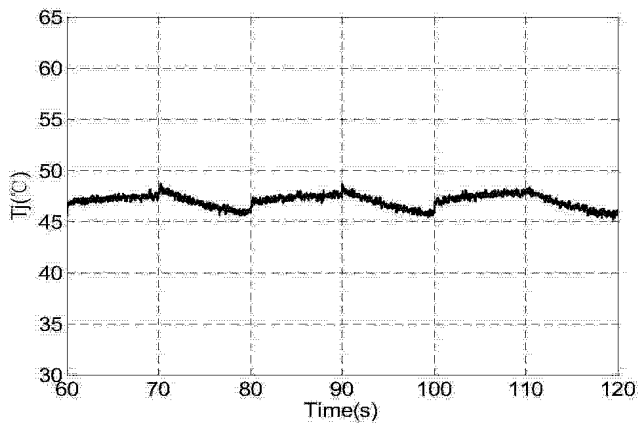
5a



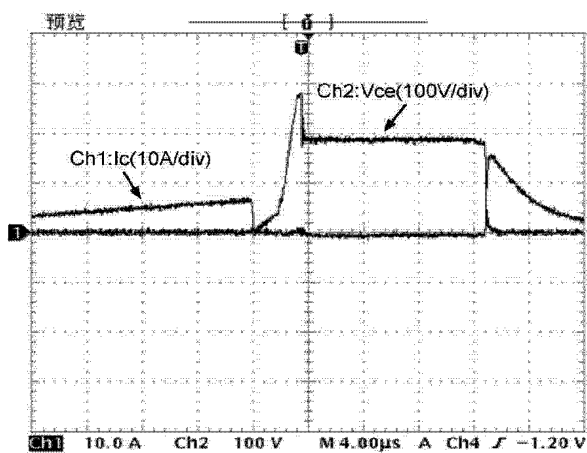
6a



5b



6b



5c

图 5

图 6