

1. 一种基于调节IGBT关断轨迹的结温平滑方法,其特征是:调节IGBT关断损耗,使IGBT的总损耗平衡,从而平滑IGBT结温波动。

2. 如权利要求1所述的一种基于调节IGBT关断轨迹的结温平滑方法,其特征是:所述调节IGBT关断轨迹是:当IGBT处理功率为额定负载时,使IGBT工作在关断软开关状态,使关断损耗最小;当负载向下波动时,IGBT内部损耗降低,通过调节IGBT关断轨迹增加关断损耗,使IGBT关断过程由软开关状态向硬开关状态过渡,增加关断损耗,从而平衡IGBT内部损耗,使IGBT结温不发生波动。

3. 一种基于调节IGBT关断轨迹的结温平滑电路,其特征是:在IGBT的充放电型RCD缓冲电路上增加一个辅助开关S,通过调节所述辅助开关S的开通时间,改变IGBT关断轨迹;其中:所述充放电型RCD缓冲电路连接于IGBT的集电极和发射极之间;所述辅助开关S,使用IGBT或MOSFET功率器件,连接于充放电型RCD缓冲电路的二极管和电容之间;其中所述辅助开关S的集电极连接于所述充放电型RCD缓冲电路中二极管的阴极;所述辅助开关S的发射极连接于所述充放电型RCD缓冲电路的电容;辅助开关S用于改变IGBT的关断轨迹,调节IGBT的关断损耗。

4. 如权利要求3所述的一种基于调节IGBT关断轨迹的结温平滑电路,其特征是:所述辅助开关S改变IGBT的关断轨迹,调节IGBT的关断损耗的步骤是:当IGBT的关断信号来临前,保持所述辅助开关S断开;当IGBT的关断信号来临后,所述辅助开关S根据负载电流情况延迟开通时间。

一种基于调节IGBT关断轨迹的结温平滑方法和电路

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子领域,特别是涉及IGBT的结温平滑方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着应用在新能源发电、电动汽车等非平稳工况下的电力电子装置的大量投运,电力电子装置的可靠性问题日益突出,可靠性问题成为当下电力电子学科的研究热点之一。IGBT是电力电子装置的核心组成部分,对电力电子装置的安全可靠运行起着举足轻重的作用。Coffin-Manson、Bayerer等主流的IGBT寿命模型表明IGBT老化失效的主要原因是结温波动造成的热应力冲击,由于IGBT芯片各层封装材料的热膨胀系数不一致,温度波动会引起各层的膨胀度不一样,从而产生热应力冲击,导致IGBT疲劳老化,大大减少其的使用寿命。

[0003] 负载波动造成的低频结温波动和正弦电流造成的工频结温波动均会造成热冲击,消耗IGBT寿命。文献指出,在风电变流器中,相对于工频波动,结温的低频波动是寿命消耗的主要因素。因此,平滑低频结温波动可以显著提高IGBT的期望寿命,提高系统的可靠性。

[0004] IGBT热管理技术是平滑低频结温波动的有效手段,目前IGBT的结温平滑方法主要有以下几种方式。

[0005] 一种方式是:基于调节开关频率的结温平滑方法,在IGBT处理的功率波动时,通过增加、降低开关频率来调节开关损耗,从而平滑IGBT的结温波动。该结温平滑方法的优点是不用增加额外的硬件电路,存在的主要问题是需要改变原系统的控制程序,改变原系统的运行状态,引入了不稳定因素。

[0006] 第二种方式是:基于调节门极驱动电阻的结温平滑方法,根据IGBT处理功率的波动,通过调节门极驱动电阻,调节开关损耗,平滑结温波动。该方法的优点是控制独立不需要改变变流器原来运行状态,但是如果驱动电阻控制电路发生故障,将会导致IGBT失控,引入了新的安全隐患。

[0007] 第三种方式是:基于无功电流循环的结温平滑方法,根据IGBT处理功率的波动,调节两台并联变流器间循环的无功电流,调节IGBT的损耗,平滑结温波动。该方法的应用仅限于三电平并联变流器系统并且控制较为复杂。

发明内容

[0008] 为了解决上述现有技术中所存在的问题,本发明提出一种基于调节IGBT关断轨迹的结温平滑方法和电路,以降低IGBT热应力冲击,提高IGBT使用寿命。

[0009] 为了实现上述目的,本发明采用调节IGBT关断轨迹的技术方案,其特征是:通过改变IGBT关断轨迹,调节IGBT关断损耗,使IGBT的总损耗平衡,平滑IGBT结温波动。

[0010] 进一步的,所述调节IGBT关断轨迹是:当IGBT处理功率为额定负载时,使IGBT工作在关断软开关状态,使关断损耗最小;当负载向下波动时,IGBT的内部损耗降低,通过调节IGBT关断轨迹,使IGBT关断过程由软开关状态向硬开关状态过渡,增加关断损耗,从而平衡

IGBT内部损耗,使IGBT结温不发生波动。

[0011] 一种基于调节IGBT关断轨迹的结温平滑电路,其特征是:在IGBT的充放电型RCD缓冲电路上增加一个辅助开关S,通过调节所述辅助开关S的开通时间,改变IGBT关断轨迹;其中:所述充放电型RCD缓冲电路连接于IGBT的集电极和发射极之间;所述辅助开关S,使用IGBT或MOSFET功率器件,连接于充放电型RCD缓冲电路的二极管和电容之间;其中所述辅助开关S的集电极(漏极)连接于所述充放电型RCD缓冲电路中二极管的阴极;所述辅助开关S的发射极(源极)连接于所述充放电型RCD缓冲电路的电容;辅助开关S用于改变IGBT的关断轨迹,调节IGBT的关断损耗。

[0012] 进一步的,所述辅助开关S改变IGBT的关断轨迹,调节IGBT的关断损耗的步骤是:当IGBT的关断信号来临前,保持所述辅助开关S断开;当IGBT的关断信号来临后,所述辅助开关S根据负载电流情况延迟开通时间。辅助开关延迟开通时间越久,IGBT的关断损耗越大,所以负载波动越大,辅助开关S的开通延迟时间越长。不同型号IGBT的关断特性不同,本领域技术人员可以通过实验得出负载波动和辅助开关S的延迟开通时间之间的关系。

[0013] Coffin-Manson、Bayerer等主流的IGBT寿命模型表明IGBT老化失效的主要原因是结温波动造成的热应力冲击,本文提出的基于调节IGBT关断轨迹的结温平滑方法,通过平滑IGBT结温波动从而显著提高IGBT的期望寿命,进而提高系统的可靠性。和目前已有的结温平滑方法相比,该方法具有应用范围广、控制简单等优点,并且该方法不改变原系统运行状态,控制独立,可以以模块化的方式安装应用,运用于非平稳工况的变流器。本方法亦可以和其他结温平滑方法联合使用,增大单一热管理方法的调节范围。

附图说明

[0014] 图1为本发明所示电路示意图。

[0015] 图2为IGBT的充放电型RCD缓冲电路示意图。

[0016] 图3为控制S的开关时刻,调节IGBT关断轨迹的示意图;

[0017] 图4为结温平滑前实时结温图。

[0018] 图5为结温平滑后实时结温图。

具体实施方式

[0019] 以下通过具体实例对本发明的技术方案作进一步的详细说明。

[0020] 实例1:如图2所示,对于图2所示IGBT的充放电型RCD缓冲电路来说,随着电阻电容取值不同,会影响IGBT的开关损耗。因为缓冲电容不方便连续调节,本发明提出了基于调节缓冲电阻的结温平滑方法,提出的结温平滑电路(如图1所示),其中辅助开关S,可使用IGBT、MOSFET功率器件,连接于充放电型RCD缓冲电路中二极管和电容之间,其中集电极(漏极)连接于二极管的阴极,发射极(源极)连接于缓冲电容。相对于充放电型RCD缓冲电路增加一个辅助开关S,通过调节S的开关时刻,可以调节IGBT的关断轨迹(如图3所示),从而连续的调节IGBT关断损耗,使IGBT内部损耗不随负载波动,平滑IGBT结温波动,提高IGBT寿命期望。所述调节开关轨迹的原理为:

[0021] 在 T_1 (图1中所示IGBT)关断期间,如果保持S(图1中所示辅助开关S)闭合,则热管理电路为充放电型RCD缓冲电路,其关断轨迹为强型吸收轨迹,如图3中的虚线所示, t_1 时刻

T_1 关断,IGBT集电极电流 i_{ce} 从负载电流 I_o 迅速下降到零,IGBT电压集射电压 v_{ce} 按指数规律从 v_{cesat} 上升至母线电压 V_{dc} ,强型吸收轨迹下的IGBT关断损耗较小。

[0022] 在 T_1 关断期间,如果保持S断开,则热管理电路为RC型缓冲电路,如果缓冲电阻(图1中所示缓冲电阻 R_{S1})较大,其关断轨迹为弱型吸收轨迹,如图3中黑实线所示, t_1 时刻 T_1 关断,负载电流 I_o 通过缓冲电阻向缓冲电容分流,如果缓冲电阻较大, i_{ce} 缓慢下降, t_3 时刻IGBT集射电压 v_{ce} 上升至母线电压 V_{dc} 后,集电极电流 i_{ce} 才能迅速下降,弱型吸收轨迹下的IGBT关断损耗较大。

[0023] 在 T_1 关断信号来临前,S为断开状态,在 T_1 关断信号来临后,IGBT工作在弱型吸收轨迹上,如果在集射电压 v_{ce} 上升期间内(t_1-t_3 阶段),控制S开通,就可以使IGBT工作轨迹从弱型吸收型切换到强型吸收性,如图3所示。 t_1 时刻 T_1 关断,S为断开状态,IGBT工作弱型吸收轨迹上,集电极电流 i_{ce} 缓慢下降,集射电压 v_{ce} 快速上升,在 t_2 时刻开通S,缓冲电阻 R_s 被短路, v_{ce} 突降为电容电压,负载电流 I_o 由缓冲电容分流, i_{ce} 可以迅速下降至零,IGBT工作轨迹由弱型吸收轨迹切换至强型吸收轨迹。所述开关时间节点为:

[0024] t_1 时刻:变流器正常工作时,控制器发出的IGBT关断信号的时刻。

[0025] t_2 时刻:辅助开关S导通时刻($t_1 < t_2 < t_3$)。根据IGBT处理功率的变化,确定辅助开关S的导通的时刻 t_2 。由于不同型号IGBT、不同调制方式、不同工况IGBT关断损耗各不相同, t_2 时刻和负载波动功率的关系,可以根据具体情况实验得出。辅助开关越晚导通,IGBT关断损耗越大。

[0026] t_3 时刻:IGBT关断信号到来后,集电极电压从零上升到母线电压的时刻。不同型号IGBT在不同工况下,集电极电压上升时间不同。

[0027] 负载电流以方波的形式模拟随机波动,如图4所示,负载电流按照33A-30A-33A-32A-33A-

[0028] 29A-33A-27A波动,波动间隔为20s。没有热管理的情况下,IGBT结温会随负载波动而波动。结温平滑后的结温波动波形如图5所示,可以看出,当负载波动为额定负载的12%(29A)以内时,关断轨迹结温平滑方法可以实现无极调节,完全的平滑结温波动;当负载电流波动高于额定值的12%(27A)时,关断轨迹热管理降低了结温波动的幅度。

[0029] 根据Bayerer寿命模型可知,降低IGBT结温波动可以显著的提高IGBT寿命期望。通过本发明提出的结温平滑方法,平滑了IGBT结温波动。同时本发明具有应用范围广、控制简单等优点,并且本方法不改变原系统运行状态,控制独立,可以以模块化的方式独立应用,亦可以和其他热管理方法联合使用,增大单一热管理方法的调节范围。

[0030] 最后应当说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。并且,实例说明中以IGBT举例,本发明的适用对象为半导体开关功率器件。

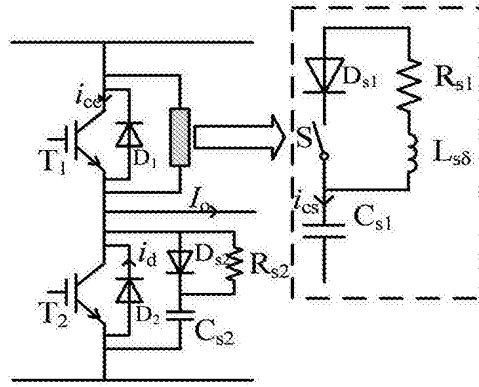


图1

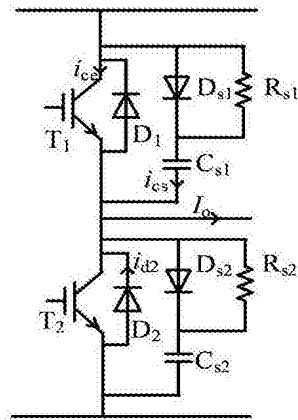


图2

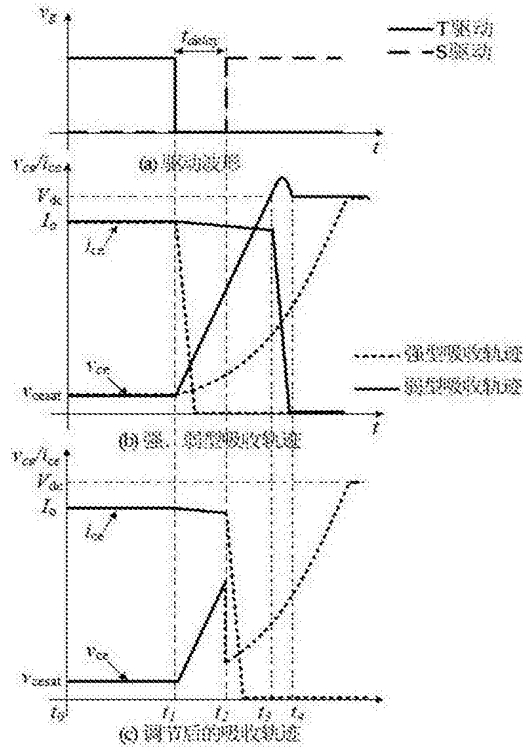


图3

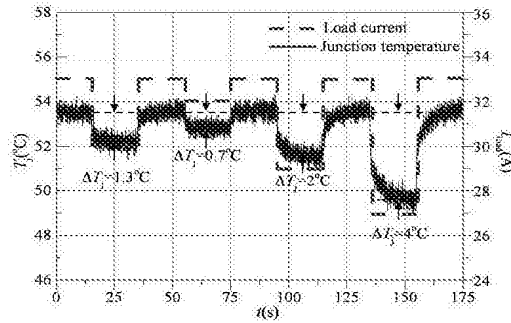


图4

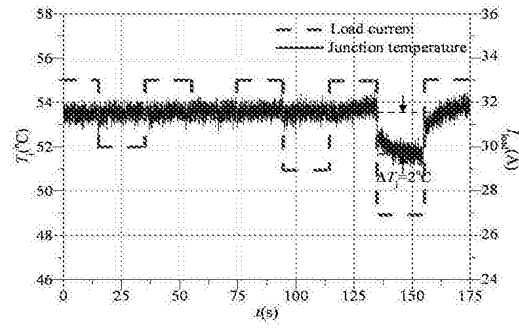


图5