



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104765300 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 08

(21) 申请号 201510069108. 0

(22) 申请日 2015. 02. 10

(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 周维维 于燕来 吴军科 杜雄

孙鹏菊

(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.

G05B 19/042(2006. 01)

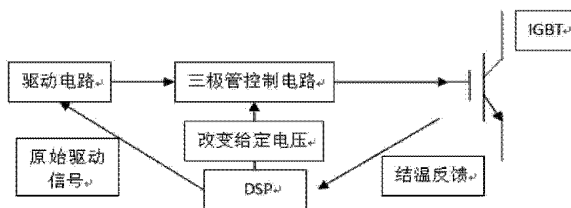
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

## (54) 发明名称

基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理装置及方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理装置,包括设置于驱动电路和 IGBT 栅极之间的 DSP 模拟电压输出电路、IGBT 栅极充放电控制回路;IGBT 栅极充放电控制回路,用于给 IGBT 栅极寄生电容提供充放电回路;DSP 模拟电压输出电路,用于产生 IGBT 栅极充放电控制回路的控制电压。本发明通过调节 DSP 模拟电压输出电路的输出模拟电压调节 IGBT 栅极充放电控制回路的基极电流,进而调节三极管的集电极电流,即 IGBT 的栅极峰值电流。本装置电路简单,克服了驱动电阻切换带来的电路冲击,及时间延迟难题;通过控制电路中的三极管的给定电压,不需要额外驱动电路。



1. 基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理装置,其特征在于:包括设置于驱动电路和 IGBT 栅极之间的 DSP 模拟电压输出电路、IGBT 栅极充电控制回路和 IGBT 栅极放电控制回路;

所述 IGBT 栅极充电控制回路,用于给 IGBT 栅极寄生电容提供充电回路,同时控制充电电流峰值;所述 IGBT 栅极放电控制回路,用于给 IGBT 栅极寄生电容提供放电回路,同时控制放电电流峰值;所述 DSP 模拟电压输出电路,用于产生 IGBT 栅极充电控制回路和 IGBT 栅极放电控制回路的控制电压。

2. 根据权利要求 1 所述的基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理装置,其特征在于:所述 IGBT 栅极充电控制回路包括第一三极管、第一集电极电阻和第一基极电阻;所述第一三极管的发射极连接于驱动电路输出端;所述第一三极管集电极串接电阻后连接于 IGBT 栅极;所述第一三极管管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。

3. 根据权利要求 1 所述的基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理装置,其特征在于:所述 IGBT 栅极放电控制回路包括第二三极管、第二集电极电阻和第二基极电阻;所述第二三极管的发射极连接于驱动电路输出端;所述第二三极管集电极串接电阻后与 IGBT 栅极连接;所述第二三极管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。

4. 根据权利要求 1 所述的基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理装置,其特征在于:所述 DSP 模拟电压输出电路包括运算放大器、第一电容和第二电容;所述第一电容、第二电容分别与运算放大器控制端连接;所述运算放大器的反向输入端与输出端连接;所述运算放大器的输出端与三极管基极控制电压端连接;所述运算放大器的同相输入端与 DSP 的给定模拟电压输出端连接。

5. 一种基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理方法,其特征在于:包括以下步骤:

S1:设置温度允许的波动范围;

S2:通过温度传感器来测量功率模块底壳温度获取;

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:按照以下方案,分别调节驱动电路中 IGBT 栅极电流的峰值:

在升温过程中,减小 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极放电控制回路基极给定电压,同时增加 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极充电控制回路基极给定电压;

在降温过程中,增加 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极放电控制回路基极给定电压,同时减小 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极充电控制回路基极给定电压;

S6:重复步骤 S1-S5,直到达到温度控制目标值。

6. 根据权利要求 5 所述的基于驱动电路自适应调节的功率模块管理方法,其特征在于:所述 IGBT 栅极充电控制回路包括第一三极管、第一集电极电阻和第一基极电阻;所述第一三极管的发射极连接于驱动电路输出端;所述第一三极管集电极串接电阻后连接于 IGBT 栅极;所述第一三极管管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。

7. 根据权利要求 5 所述的基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理方法,其特征在于:所述 IGBT 栅极放电控制回路包括第二三极管、第二集电极电阻和第二基极电阻;所述

第二三极管的发射极连接于驱动电路输出端；所述第二三极管集电极串接电阻后与 IGBT 栅极连接；所述第二三极管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。

8. 根据权利要求 5 所述的基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理方法，其特征在于：所述 DSP 模拟电压输出电路包括运算放大器、第一电容和第二电容；所述第一电容、第二电容分别与运算放大器控制端连接；所述运算放大器的反向输入端与输出端连接；所述运算放大器的输出端与三极管基极控制电压端连接；所述运算放大器的同相输入端与 DSP 的给定模拟电压输出端连接。

## 基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及功率模块热管理领域,特别涉及一种基于改进驱动电路的功率模块热管理装置及方法。

### 背景技术

[0002] 随着风力发电的广泛应用,风电变流器的可靠性受到了人们广泛关注。由于风电变流器是一个薄弱的子系统,风电系统发生故障有很大部分原因是内部变流器的故障。功率器件作为变流器的核心部件,成本高,而且易于受到复杂工况和事故的影响,因此也是最脆弱的部分。为降低装置运行和维护的成本,延长其使用寿命,需要提高其可靠性。

[0003] 由于功率器件的可靠性受到很多因素影响,所以国内外专家通过实验研究得出了其表征量,即功率循环失效周期数,即在一定工况下,器件失效所需的循环周期数。随着平均温度  $T_m$  减小和温度波动  $\Delta T$  减小,失效周期数越大,即器件平均结温越低,结温波动越小,其使用寿命越长。而且当器件的平均结温不超过额定温度时,结温波动  $\Delta T$  对功率器件的有效循环次数(即其使用寿命)影响更大,起支配作用。

[0004] 目前,平滑结温波动的方法主要分为外部散热设计和内部损耗控制。其中外部散热设计是通过改变外部散热器设计,改变功率器件的散热效果,进行结温控制,主要有水冷和风冷两种形式。内部损耗控制是通过改变开关器件(IGBT)在硬开关状态下的开关损耗和导通损耗,进而改变损耗产生的温度波动。其中开关频率的变化是通过改变单位时间内开关次数来影响开关损耗,但是会对变流器设计产生影响,同时,因为是时间上的积累,所以有一定的滞后。另一种是改变驱动电路的结构,改变 IGBT 开通关断时间,进而改变开关损耗,改变结温。这种方法,由于添加了额外电路,往往使得驱动电路过于复杂,同时增加了无用损耗。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明所要解决的技术问题是提供一种基于改进驱动电路的功率模块热管理装置及方法。

[0006] 本发明的目的之一是提出一种基于改进驱动电路的功率模块热管理装置;本发明的目的之二是提出一种基于改进驱动电路的功率模块热管理方法。

[0007] 本发明的目的之一是通过以下技术方案来实现的:

[0008] 本发明提供的基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理装置,包括设置于驱动电路和 IGBT 栅极之间的 DSP 模拟电压输出电路、IGBT 栅极充电控制回路和 IGBT 栅极放电控制回路;

[0009] 所述 IGBT 栅极充电控制回路,用于给 IGBT 栅极寄生电容提供充电回路,同时控制充电电流峰值;所述 IGBT 栅极放电控制回路,用于给 IGBT 栅极寄生电容提供放电回路,同时控制放电电流峰值;所述 DSP 模拟电压输出电路,用于产生 IGBT 栅极充电控制回路和 IGBT 栅极放电控制回路的控制电压。

[0010] 进一步,所述 IGBT 栅极充电控制回路包括第一三极管、第一集电极电阻和第一基极电阻;所述第一三极管的发射极连接于驱动电路输出端;所述第一三极管集电极串接电阻后连接于 IGBT 栅极;所述第一三极管管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。

[0011] 进一步,所述 IGBT 栅极放电控制回路包括第二三极管、第二集电极电阻和第二基极电阻;所述第二三极管的发射极连接于驱动电路输出端;所述第二三极管集电极串接电阻后与 IGBT 栅极连接;所述第二三极管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。

[0012] 进一步,所述 DSP 模拟电压输出电路包括运算放大器、第一电容和第二电容;所述第一电容、第二电容分别与运算放大器控制端连接;所述运算放大器的反向输入端与输出端连接;所述运算放大器的输出端与三极管基极控制电压端连接;所述运算放大器的同相输入端与 DSP 的给定模拟电压输出端连接。

[0013] 本发明的目的之二是通过以下技术方案来实现的:

[0014] 本发明提供的一种基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理方法,包括以下步骤:

[0015] S1:设置温度允许的波动范围;

[0016] S2:通过温度传感器来测量功率模块底壳温度获取;

[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:按照以下方案,分别调节驱动电路中 IGBT 栅极电流的峰值:

[0020] 在升温过程中,减小 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极放电控制回路基极给定电压,同时增加 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极充电控制回路基极给定电压;

[0021] 在降温过程中,增加 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极放电控制回路基极给定电压,同时减小 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极充电控制回路基极给定电压;

[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 IGBT 栅极充电控制回路包括第一三极管、第一集电极电阻和第一基极电阻;

[0024] 所述第一三极管的发射极连接于驱动电路输出端;

[0025] 进一步,所述第一三极管集电极串接电阻后连接于 IGBT 栅极;所述第一三极管管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。

[0026] 进一步,所述 IGBT 栅极放电控制回路包括第二三极管、第二集电极电阻和第二基极电阻;所述第二三极管的发射极连接于驱动电路输出端;所述第二三极管集电极串接电阻后与 IGBT 栅极连接;所述第二三极管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。

[0027] 进一步,所述 DSP 模拟电压输出电路包括运算放大器、第一电容和第二电容;所述第一电容、第二电容分别与运算放大器控制端连接;所述运算放大器的反向输入端与输出端连接;所述运算放大器的输出端与三极管基极控制电压端连接;所述运算放大器的同相输入端与 DSP 的给定模拟电压输出端连接。

[0028] 本发明的有益效果在于:本发明采用添加于驱动信号与 IGBT 栅极之间 DSP 模拟电压输出电路,并通过调节 DSP 模拟电压输出电路的输出模拟电压调节 IGBT 栅极充电控制

回路和 IGBT 栅极放电控制回路对应三极管的基极电流,进而调节三极管的集电极电流,即 IGBT 的栅极峰值电流。当 IGBT 的栅极峰值电流变化时,IGBT 的开通和关断时间就会随之改变,所以对应的开通关断损耗也会改变,完成热管理。本装置电路简单,可以在 IGBT 的每个开关周期进行控制,动态性能好,控制电路位于驱动侧对主电路及负载的影响较小,并且克服了驱动电阻切换带来的电路冲击,及时间延迟难题;通过控制电路中的三极管的给定电压,不需要额外驱动电路。

[0029] 控制快速,准确:反馈信号为测得的温度信息,控制信号为 DSP 的模拟电压输出,均能保证高速操作。输出的电压幅值为  $-10V \sim 10V$  能够很好的保证输出的电压范围以及精确度。控制电路与主电路隔离:控制电路在 IGBT 的驱动侧,与主电路隔离。同时,因为三极管电流控制特性,不会使得 IGBT 的栅极电路产生振荡,同时很好的解决了,用固态继电器机械切换驱动电阻所带来的电路冲击、时间延迟、以及稳定性危害。

### 附图说明

[0030] 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:

[0031] 图 1 是本发明的原理示意图;

[0032] 图 2 是三极管控制电路的示意图;

[0033] 图 3 是 IGBT 栅极放电回路增加 DSP 电压给定模块输出电流能力的电压跟随器示意图;

[0034] 图 4 是 IGBT 栅极充电回路增加 DSP 电压给定模块输出电流能力的电压跟随器示意图;

[0035] 图 5 是本发明中主电路示意图;

[0036] 图 6 是添加控制前、后的结温波形。

### 具体实施方式

[0037] 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。

[0038] 如图所示,本发明提供的基于驱动电路自适应调节的功率模块热管理装置,包括设置于驱动电路和 IGBT 栅极之间的 DSP 模拟电压输出电路、IGBT 栅极充电控制回路和 IGBT 栅极放电控制回路;

[0039] 所述 IGBT 栅极充电控制回路,用于给 IGBT 栅极寄生电容提供充电回路,同时控制充电电流峰值;所述 IGBT 栅极放电控制回路,用于给 IGBT 栅极寄生电容提供放电回路,同时控制放电电流峰值;所述 DSP 模拟电压输出电路,用于产生 IGBT 栅极充电控制回路和 IGBT 栅极放电控制回路的控制电压。

[0040] 所述 IGBT 栅极充电控制回路包括第一三极管、第一集电极电阻和第一基极电阻;

[0041] 所述第一三极管的发射极连接于驱动电路输出端;

[0042] 所述第一三极管集电极串接电阻后连接于 IGBT 栅极;

[0043] 所述第一三极管管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。

[0044] 所述 IGBT 栅极放电控制回路包括第二三极管、第二集电极电阻和第二基极电阻;

- [0045] 所述第二三极管的发射极连接于驱动电路输出端；
- [0046] 所述第二三极管集电极串接电阻后与 IGBT 栅极连接；
- [0047] 所述第二三极管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。
- [0048] 所述 DSP 模拟电压输出电路包括运算放大器、第一电容和第二电容；
- [0049] 所述第一电容、第二电容分别与运算放大器控制端连接；
- [0050] 所述运算放大器的反向输入端与输出端连接；
- [0051] 所述运算放大器的输出端与三极管基极控制电压端连接；
- [0052] 所述运算放大器的同相输入端与 DSP 的给定模拟电压输出端连接。
- [0053] 本实施例还提供一种基于驱动电路自适应调节的功率模块管理方法,包括以下步骤:
- [0054] S1:设置温度允许的波动范围；
- [0055] S2:通过温度传感器来测量功率模块底壳温度获取；
- [0056] S3:计算实时温度信息与温度参考量之间的差值；
- [0057] 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；
- [0058] S5:按照以下方案,分别调节驱动电路中 IGBT 栅极电流的峰值；
- [0059] 在升温过程中,减小 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极放电控制回路基极给定电压,同时增加 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极充电控制回路基极给定电压；
- [0060] 在降温过程中,增加 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极放电控制回路基极给定电压,同时减小 DSP 模拟电压输出电路输出的 IGBT 栅极充电控制回路基极给定电压；
- [0061] S6:重复步骤 S1-S5,直到达到温度控制目标值。
- [0062] 所述 IGBT 栅极充电控制回路包括第一三极管、第一集电极电阻和第一基极电阻；
- [0063] 所述第一三极管的发射极连接于驱动电路输出端；
- [0064] 所述第一三极管集电极串接电阻后连接于 IGBT 栅极；
- [0065] 所述第一三极管管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。
- [0066] 所述 IGBT 栅极放电控制回路包括第二三极管、第二集电极电阻和第二基极电阻；
- [0067] 所述第二三极管的发射极连接于驱动电路输出端；
- [0068] 所述第二三极管集电极串接电阻后与 IGBT 栅极连接；
- [0069] 所述第二三极管的基极串联电阻后与 DSP 模拟电压输出电路连接。
- [0070] 所述 DSP 模拟电压输出电路包括运算放大器、第一电容和第二电容；
- [0071] 所述第一电容、第二电容分别与运算放大器控制端连接；
- [0072] 所述运算放大器的反向输入端与输出端连接；
- [0073] 所述运算放大器的输出端与三极管基极控制电压端连接；
- [0074] 所述运算放大器的同相输入端与 DSP 的给定模拟电压输出端连接。
- [0075] 本实施例提供的 IGBT 栅极充电控制回路的三极管采用 pnp 三极管,采用型号为 BCS948 的 pnp 三极管;IGBT 栅极放电控制回路中的三极管采用 npn 三极管,采用型号为 BOS947 的 npn 三极管。运算放大器采用型号为 LF347BN 的放大器。
- [0076] 本实施例提供功率模块热管理装置的工作原理具体如下:三极管控制电路前端连接普通驱动电路,其输出为一定占空比的驱动波形,输出端连接 IGBT 栅极。以放电回路为

例,当驱动信号为低电平,当  $V_{be}$  之间压差大于 0.7V, npn 三极管满足,发射结正向偏置,集电结反向偏置,进入放大区,且  $V_b$  为一固定值,此时通过改变给定模拟电压,即可改变基极电阻  $R_b$  两端压差,即改变基极电流  $i_b$ , 根据放大关系,  $i_c = \beta i_b$ ,完成对三极管集电极电流,即 IGBT 栅极电流的控制,起到限流的作用。

[0077] 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。



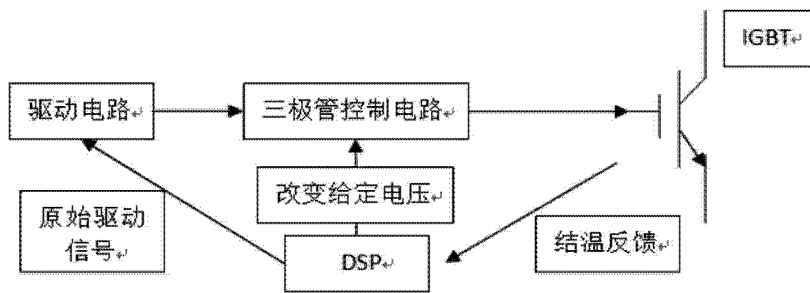


图 1

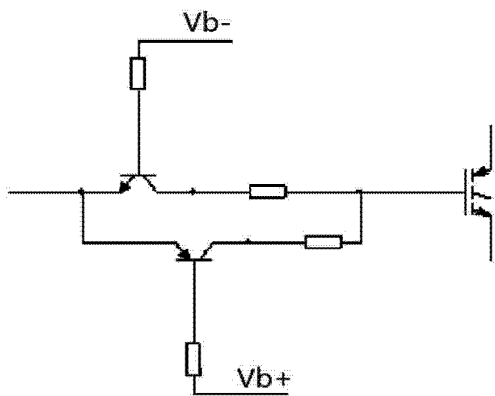


图 2

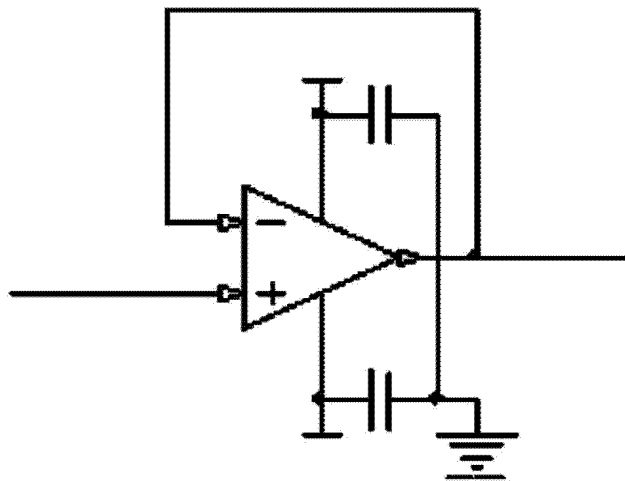


图 3

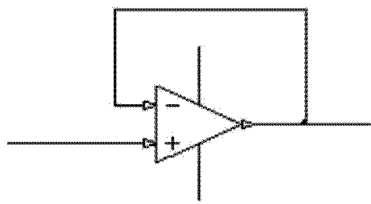


图 4

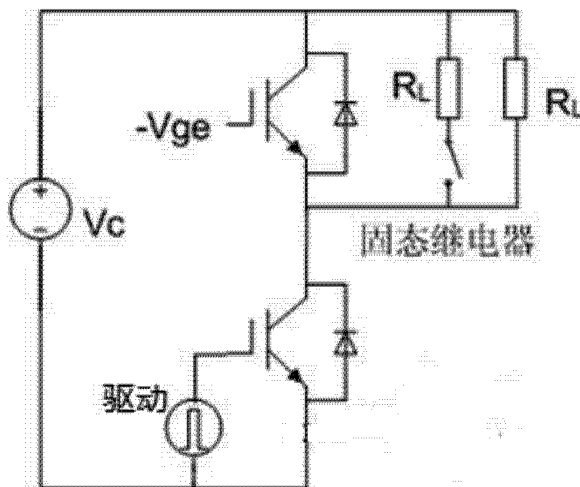


图 5

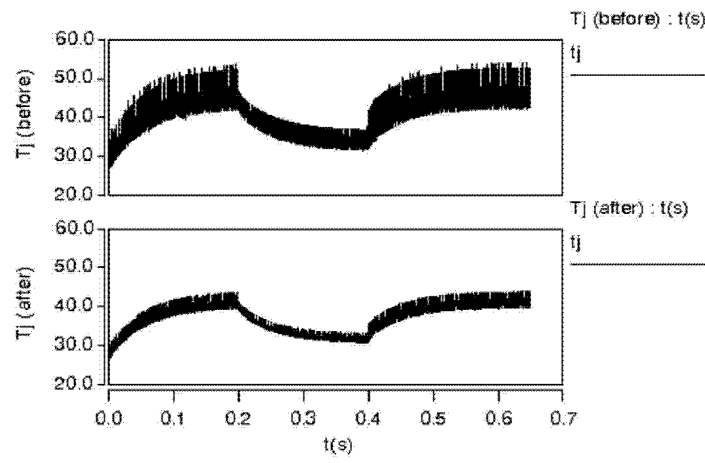


图 6