

一文搞懂IGBT的损耗与结温计算：原理、公式与实例

原创 于 2024-11-04 15:58:22 发布 · 5.5k 阅读 · 15 · 58 · CC 4.0 BY-SA版权

文章标签：#人工智能

社区：DAMO开发



一文搞懂IGBT的损耗与结温计算：原理、公式与实例

引言

绝缘栅 双极型晶体管 (IGBT) 因其高效率和高开关速度，广泛应用于逆变器、电机驱动、开关电源等功率电子领域。然而，IGBT的损耗和结温直接影响其可靠性和寿命。本文将详细讲解IGBT的损耗类型、计算方法及结温的计算过程，并结合实例帮助您掌握这些计算方法，为您的设计提供支持。

第一部分：IGBT 的损耗类型

IGBT的损耗主要包括**导通损耗**、**开关损耗**和**栅极驱动损耗**。这些损耗源于IGBT的工作状态转换以及栅极驱动电路的能量消耗。

1. 导通损耗

导通损耗是指IGBT在导通期间因电流通过器件而产生的损耗。它通常由导通电压降 ($V_{CE(on)}$) 和导通电流 (I_C) 决定，计算公式为：

$$P_{on} = V_{CE(on)} \cdot I_C$$

其中：

- $V_{CE(on)}$ 是IGBT在导通状态下的集电极-发射极电压。
- I_C 是通过IGBT的电流。

CSDN @空间机器人

导通损耗随着工作电流的增大而增加。导通损耗的大小与温度有关，通常情况下，IGBT的导通电压在高温时会略微上升。

2. 开关损耗

开关损耗包含**开通损耗**和**关断损耗**，它们分别发生在IGBT从关断到导通和从导通到关断的瞬间。由于开关过程中电压和电流会在一段时间内同时存在损耗。

开通损耗计算公式为：

$$P_{sw(on)} = \frac{1}{2} V_{CE} \cdot I_C \cdot t_{on} \cdot f_s$$

关断损耗计算公式为：

$$P_{sw(off)} = \frac{1}{2} V_{CE} \cdot I_C \cdot t_{off} \cdot f_s$$

其中：

- V_{CE} 是关断状态的集电极-发射极电压。
- I_C 是导通电流。
- t_{on} 和 t_{off} 分别为开通和关断时间。
- f_s 是开关频率。



空间机器人

关注

登录后您可以享受以下权益：

免费复制代码

和博主大V互动

下载海量资源

发动态/写文章/加入社区

3分

开关损耗的大小受开关速度影响。更快的开关速度可以减少开关损耗，但可能导致电磁干扰（EMI）增加，因此需要平衡。

3. 栅极驱动损耗

栅极驱动损耗是指在IGBT的栅极与发射极之间充放电时，栅极驱动电路所消耗的能量。计算公式为：

$$P_{gate} = Q_g \cdot V_{GE} \cdot f_s$$

其中：

- Q_g 是IGBT的栅极电荷。
- V_{GE} 是栅极-发射极驱动电压。
- f_s 是开关频率。

CSDN @空间机器人

栅极驱动损耗通常较小，但在高频应用中，栅极损耗可能显著增加。

第二部分：结温计算

IGBT的结温（ T_j ）是其内部产生的热量传递到封装表面过程中不可忽视的关键参数，结温过高会导致IGBT的性能下降甚至损坏。因此，我们必须在设计中进行结温计算，确保器件在安全温度范围内工作。

1. 结温计算的基本公式

结温的计算可以通过以下公式进行：

$$T_j = T_a + (P_{total} \cdot R_{th(j-a)})$$

其中：

- T_j 是IGBT的结温。
- T_a 是环境温度。
- P_{total} 是IGBT的总功耗，等于导通损耗、开关损耗和栅极驱动损耗之和。
- $R_{th(j-a)}$ 是结-环境的热阻。

热阻参数通常可以从IGBT的数据手册中找到，例如结-壳热阻（ $R_{th(j-c)}$ ）和壳-环境热阻（ $R_{th(c-a)}$ ）。两者之和即为结-环境热阻。

CSDN @空间机器人

2. 散热设计与热阻计算

在设计散热系统时，我们可以选择合适的散热器来降低热阻。热阻越低，散热效果越好，使IGBT的结温降低，从而提高可靠性。

例如，如果我们选用一个热阻为 $R_{th(c-a)} = 1.5^\circ\text{C}/\text{W}$ 的散热器，并且数据手册给出的 $R_{th(j-c)} = 0.5^\circ\text{C}/\text{W}$ ，则结-环境热阻为：

$$R_{th(j-a)} = R_{th(j-c)} + R_{th(c-a)} = 0.5 + 1.5 = 2.0^\circ\text{C}/\text{W}$$

假设总功耗为 10 W，在环境温度 $T_a = 25^\circ\text{C}$ 下，结温为：

$$T_j = 25 + (10 \cdot 2) = 25 + 20 = 45^\circ\text{C}$$

第三部分：实例分析



空间机器人

关注

登录后您可以享受以下权益：

免费复制代码

和博主大V互动

下载海量资源

发动态/写文章/加入社区

3分

假设有一个额定电流为20A，开关频率为20kHz的IGBT，导通电压为2V，开通时间和关断时间分别为0.5μs和0.4μs，栅极电荷为200nC，栅极驱动电计算导通损耗、开关损耗和栅极驱动损耗，并最终确定结温。

1. 导通损耗

$$P_{on} = V_{CE(on)} \cdot I_C = 2\text{ V} \cdot 20\text{ A} = 40\text{ W}$$

2. 开关损耗

- 开通损耗:

$$P_{sw(on)} = \frac{1}{2} \cdot V_{CE} \cdot I_C \cdot t_{on} \cdot f_s = \frac{1}{2} \cdot 2\text{ V} \cdot 20\text{ A} \cdot 0.5\text{ }\mu\text{s} \cdot 20000 = 10\text{ W}$$

- 关断损耗:

$$P_{sw(off)} = \frac{1}{2} \cdot V_{CE} \cdot I_C \cdot t_{off} \cdot f_s = \frac{1}{2} \cdot 2\text{ V} \cdot 20\text{ A} \cdot 0.4\text{ }\mu\text{s} \cdot 20000 = 8\text{ W}$$

- 总开关损耗:

$$P_{sw} = P_{sw(on)} + P_{sw(off)} = 10 + 8 = 18\text{ W}$$

3. 栅极驱动损耗

$$P_{gate} = Q_g \cdot V_{GE} \cdot f_s = 200\text{ nC} \cdot 15\text{ V} \cdot 20000 = 0.06\text{ W}$$

4. 总功耗

$$P_{total} = P_{on} + P_{sw} + P_{gate} = 40 + 18 + 0.06 = 58.06\text{ W}$$

5. 结温计算 假设结-环境热阻 $R_{th(j-a)} = 2\text{ }^{\circ}\text{C/W}$ ，环境温度 $T_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$T_j = T_a + (P_{total} \cdot R_{th(j-a)}) = 25 + (58.06 \cdot 2) = 141.12\text{ }^{\circ}\text{C}$$

由此得出结温为141.12℃，若超过了IGBT的额定结温上限，则需要改进散热方案。

CSDN @空间机

结论

本文详细介绍了IGBT的损耗种类及其计算方法，并通过实例展示了损耗和结温的计算过程。掌握这些计算方法，可以帮助工程师在设计时优化散热和提高系统可靠性。



智能空间机器人 智能科技相关文章

微信

matlab **igbt**开关**损耗**,IGBT模块开关**损耗**计算方法综述 weixin_34260787的时
0 引言绝缘栅型晶体管(Insulated Gate Bipolar Transistor, **IGBT**)是由MOSFET和功率双极型晶体管复合而成的一种器件。**IGBT**既具有MOSFET的高速开关及电压驱动特

IGBT损耗计算方法
igbt损耗的**计算**方法和**损耗**模型的研究，此文给出了详细的**计算**方法

电机控制器中的**IGBT结温**估算‘算法+模型’国际大厂机密技术汇总-CSDN...
电机控制器, **IGBT结温**估算(算法+模型)国际大厂机密算法,多年实际应用,准确度良好 高价值知识 能够同时对**IGBT**内部6个三极管和6个二极管**温度**进行估计,并输出其中最
一种基于管壳表面**温度**估算**结温**的方法_芯片**结温**究竟应该如何评估...
测量和校验开关电源、电机驱动以及一些电力电子变换器的功率器件**结温**,如MOSFET或**IGBT**的**结温**,是一个不可或缺的过程,功率器件的**结温**与其安全性、可靠性直接相关

英飞凌**IGBT**功率**损耗**计算.docx
英飞凌功率**损耗**计算**方法**介绍，英飞凌功率器件的功率**损耗**计算**方法**，官网**计算**。。提供给初学者，谢谢。。。。。。。

IGBT模块开关**损耗**计算方法综述
IGBT模块开关**损耗**计算**方法**有基于物理**方法**的**损耗**计算**法**和基于数学**方法**的**损耗**计算**法**。基于物理**方法**的**损耗**计算**法**是采用软件仿真的**办法**建立相应的物理模型得到开关**功**

【MATLAB仿真】MATLAB仿真**损耗**分析,IGBT**结温**估算
本文通过MATLAB仿真平台对**IGBT**(绝缘栅双极晶体管)的导通和开关**损耗**进行建模与仿真分析,同时估算其**功**

《模块化多电平换流阀**IGBT**器件功率**损耗**计算与**结温**探测》文献总结(自 ...
在柔性直流输电系统中,准确**计算**模块化多电平换流阀(MMC)半桥子模块中绝缘栅双极晶体管(**IGBT**)器件的**功**

IGBT损耗新的**计算**方法
一种新的**IGBT损耗**计算**方法**，准确性高，可参考性强。

电机控制器, **IGBT结温**估算 (算法+模型 能够同时对**IGBT**内部6个三极管和6个二极管**温度**进行估计,并输出其中最
电机控制器, **IGBT结温**估算 (算法+模型) 国际大厂机密算法, ;



空间机器人

关注

登录后您可以享受以下权益：

免费复制代码

和博主大V互动

下载海量资源

发动态/写文章/加入社区

分

【免费】电力电子领域IGBT结温估算技术及其Python代码实践 结温...

内容概要:本文深入探讨了IGBT(绝缘栅双极型晶体管)结温估算的技术和模型,强调了其在电力电子领域的关键作用。文章首先介绍了IGBT的工作原理及其在高压大电流应用

IGBT损耗计算IGBT损耗计算_igbt开关损耗计算公式,igbt损耗计算...

资源浏览查阅196次。### IGBT损耗计算与损耗模型研究 IGBT(绝缘栅双极型晶体管)作为电力电子领域中的核心组件,其损耗计算对于系统设计、器件参数选择以及散热解

IGBT模块的损耗计算

描述IGBT损耗产生机理及计算方法的文章

IGBT损耗计算及散热设计方法 热门推荐

小幽余生不

一般情况下,虽然如前面所述,从平均产生的损耗考虑导通的Tj已经足够,但实际上每次反复开关产生的损耗是脉冲状态的,因此形成了如图6-10(a)所示的温度脉动。这

电机控制器,IGBT结温估算(算法+模型 能够同时对IGBT内部6个三极管和6...

该文介绍了一种电机控制器中用于IGBT的精确结温估算算法,该算法已经在国际大厂中得到多年实际应用,具有高准确度。它能估算内部6个三极管和6个二极管的温度,并标

IGBT损耗与结温计算方法详解:深入解析IGBT核心功能与应用

IGBT损耗与结温计算方法详解:深入解析IGBT核心功能与应用 去发现同类优质开源项目:https://gitcode.com/ 项目介绍 在现代电力电子领域,绝缘栅双极型晶体管(IGBT)作

IGBT导通损耗和开关损耗

blueoce的

从某个外企的功率放大器的测试数据上获得一个具体的感受:导通损耗60W,开关损耗251。大概是1:4.5

如何计算IGBT的损耗和结温?

IGBT作为电力电子领域的元件之一,其结温Tj高低,不仅影响IGBT选型与设计,还会影响IGBT可靠性和寿命。因此,如何计算IGBT的结温Tj,已成为大家普遍关注的焦点

如何计算IGBT的损耗和结温_.pdf 最新发布

如何计算IGBT的损耗和结温_

计及杂散电感的多芯片IGBT模块损耗计算.pdf

计及杂散电感的多芯片IGBT模块损耗计算.pdf

根据datasheet计算IGBT损耗

给出一种通过IGBT datasheet计算损耗的方法

揭秘3525逆变器的9大核心原理:一文读懂电力转换与应用

!揭秘3525逆变器的9大核心原理:一文读懂电力转换与应用]...# 1. 逆变器的基础概念与分类 ## 1.1 逆变器的基本定义 逆变器是一种电力电子设备,它能够将直流(DC)

【工业自动化入门必备】:一文看懂EV2000变频器的10大工作原理与应用案例

首先概述了变频器的基本概念和工作原理,详细介绍了变频技术及其在工业应用中的控制模式和参数设置。接着,重点解析了电机控制技术、效率优化技术以及故障诊断

【电源工程之美】:Boost电路公式背后的逻辑与应用深度剖析

[buck电路,boost电路及buck-boost降压升压原理三合一及buck,boost输入输出公式推导一文足矣](https://edit.wpgdadawant.com/uploads/news_file/blog/2020/1260/tiny

【海尔平板电视P32R1电源板终极指南】:一文掌握维修、优化与故障预防

[【海尔平板电视P32R1电源板终极指南】:一文掌握维修、优化与故障预防](https://smartacsolutions.com/wp-content/uploads/2023/02/Haier-Air-Conditioner-Fault-Code

PSCAD多域仿真力量:电机与电力电子的集成分析,一文掌握!

[PSCAD多域仿真力量:电机与电力电子的集成分析,一文掌握!](https://www.mipk.kharkiv.edu/wp-content/uploads/2021/04/screenshot-1024x514.png) 参考资源链接:

计算机视觉中的注意力机制:原理、模型与应用

本文主要探讨了计算机视觉中的注意力机制原理以及其模型的发展。注意力机制,作为聚焦于局部信息的关键工具,它在视觉任务中起着至关重要的作用。当处理图像时,

关于我们 招贤纳士 商务合作 寻求报道 400-660-0108 kefu@csdn.net 在线客服 工作时间 8:30-22:00

公安备案号11010502030143 京ICP备19004658号 京网文〔2020〕1039-165号 经营性网站备案信息 北京互联网违法和不良信息举报中心

家长监护 网络110报警服务 中国互联网举报中心 Chrome商店下载 账号管理规范 版权与免责声明 版权申诉 出版物许可证 营业执照

©1999-2025北京创新乐知网络技术有限公司



空间机器人

博客等级 码龄7年

2066

原创

1万+

点赞

1万+

收藏

1万+

粉丝

关注

私信

登录后您可以享受以下权益:

免费复制代码

和博主大V互动

下载海量资源

发动态/写文章/加入社区



空间机器人

关注

分



知道 猜你想问

- 如何计算IGBT的导通损耗? →
- 结温计算对散热设计有何影响? →
- 怎样通过损耗分析提升系统可靠性? →

热门文章

- RK3588 高性能应用处理器详解 33101
- 英伟达的芯片Orin-X&Thor-X&Thor-X-Super对比分析 22165
- 知识点拾遗：PD、PPS、QC、FCP、SCP、AFC、VOOC、ROM、RAM、EEPROM、UFS、eMMC、DDR、捕获、SPI（CPOL、CPHA）、积分和逐次逼近ADC、DCDC、LDO 20745
- 高通SA8295P芯片技术规格详解与原理解析 17919
- 一文搞懂 LTE Band 7 功放规格：电气性能大起底！ 15951

分类专栏

- 一次性讲明白系列 付费 153篇
- LLC PFC OBC专栏 付费 193篇
- ADAS方案精讲 付费 30篇
- 智能座舱&无人驾... 付费 189篇

展开全部

- 上一篇：比亚迪 vs 吉利：十二合一电驱...
- 下一篇：3纳米尖端芯片对决：联发科CT...

最新评论

宽压 DC⇌DC 也能“随心所欲”——全桥 L...
645106160: 输入780V，选型给的650V? 建议根据案例重新给个选型，谢谢

大家在看

- 关于 [汉芝电子在 2025 EE前瞻技术大会] 那档事 773
- Android15音频进阶之音频设备选择 <一> (一百三十九) 447
- 当思考成为“奢侈品”：AI 过度依赖下的认知惰性危机与破局之道
- 基于spark的西南天气数据的分析与应用(程序+文档+讲解)
- 计算机毕业设计springboot学生心理咨询评估系统 SpringBoot高校学生心理健康测评



空间机器人

关注

登录后您可以享受以下权益：

免费复制代码

和博主大V互动

下载海量资源

发动态/写文章/加入社区

3分