



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101741361 B

(45) 授权公告日 2011. 12. 28

(21) 申请号 200910237662. X

CN 1136730 A, 1996. 11. 27, 全文.

(22) 申请日 2009. 11. 13

审查员 郭从征

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华大学电机工程与应用电子技术系

(72) 发明人 张春朋 刘博超 姜齐荣 童陆园

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 徐宁 关畅

(51) Int. Cl.

H03K 17/567(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5929368 A, 1999. 07. 27, 全文.

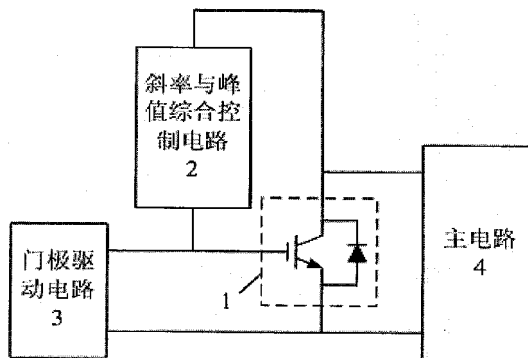
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种用于绝缘栅双极晶体管的斜率与峰值综合控制电路

(57) 摘要

本发明涉及一种用于绝缘栅双极晶体管的斜率与峰值综合控制电路,其特征在於:它包括一绝缘栅双极晶体管、一斜率与峰值综合控制电路、一门极驱动电路和一主电路;绝缘栅双极晶体管的门极并联连接斜率与峰值综合控制电路的输出端和门极驱动电路的一输出端,斜率与峰值综合控制电路的输入端并联连接绝缘栅双极晶体管的集电极和主电路的一输入端;门极驱动电路的另一输出端并联连接绝缘栅双极晶体管的发射极和主电路的另一输入端。本发明由於採用了电阻、电容和齐纳二极管等简单的小型元器件构成了斜率与峰值综合控制电路,并直接跨接在绝缘栅双极晶体管的集电极和门极之间,因此实现了电路拓扑简单的特点,提高了电路的可靠性。本发明可以广泛应用于电力电子领域的各种设备中。



1. 一种用于绝缘栅双极晶体管的斜率与峰值综合控制电路,其特征在於:它包括一绝缘栅双极晶体管、一斜率与峰值综合控制电路、一门极驱动电路和一主电路;所述绝缘栅双极晶体管的门极并联连接所述斜率与峰值综合控制电路的输出端和所述门极驱动电路的一输出端,所述斜率与峰值综合控制电路的输入端并联连接所述绝缘栅双极晶体管的集电极和所述主电路的一输入端;所述门极驱动电路的另一输出端并联连接所述绝缘栅双极晶体管的发射极和所述主电路的另一输入端。

2. 如权利要求 1 所述的一种用于绝缘栅双极晶体管的斜率与峰值综合控制电路,其特征在於:所述斜率与峰值综合控制电路包括三个电阻、两个电容、一个二极管和一个以上的齐纳二极管;第一个所述电阻的一端并联连接第三个所述电阻的一端和所述绝缘栅双极晶体管的集电极,另一端经串联第一个所述电容后,并联连接所述二极管的阴极和所述绝缘栅双极晶体管的门极;第三个所述电阻的另一端依次与全部所述齐纳二极管反向串联,最后一个所述齐纳二极管的两端分别并联连接第二个所述电阻和第二个所述电容,第一个所述齐纳二极管的阳极串联连接所述二极管的阳极。

3. 如权利要求 1 所述的一种用于绝缘栅双极晶体管的斜率与峰值综合控制电路,其特征在於:所述主电路连接一个以上串联连接的所述绝缘栅双极晶体管,每个所述绝缘栅双极晶体管对应连接一个所述斜率与峰值综合控制电路和一个所述门极驱动电路。

4. 如权利要求 2 所述的一种用于绝缘栅双极晶体管的斜率与峰值综合控制电路,其特征在於:所述主电路连接一个以上串联连接的所述绝缘栅双极晶体管,每个所述绝缘栅双极晶体管对应连接一个所述斜率与峰值综合控制电路和一个所述门极驱动电路。

5. 如权利要求 2 或 4 所述的一种用于绝缘栅双极晶体管的斜率与峰值综合控制电路,其特征在於:所述齐纳二极管的个数由所述绝缘栅双极晶体管的集-射电压峰值的参考值和单只所述齐纳二极管的启动电压值确定。

一种用于绝缘栅双极晶体管的斜率与峰值综合控制电路

技术领域

[0001] 本发明涉及一种功率半导体器件的控制电路,特别是关于一种电力电子领域中的用于绝缘栅双极晶体管(IGBT, Insulated Gate Bipolar Transistor)的斜率与峰值综合控制电路。

背景技术

[0002] IGBT 是当前应用最为广泛的可靠断电力电子器件,从低压电器到高压输配电设备、从民用电力设施到军事装备、从传统的火力发电到新能源发电,都应用了这种器件。在普通的应用场合中,采用普通的 IGBT 控制与保护电路,就可以满足运行要求。但在一些特殊的应用领域中,IGBT 器件必须承载很高的电压和很大的电流,甚至要求 IGBT 串联运行,例如高压电子开关、高压脉冲电源、高压变频器、高压静止无功发生器(STATCOM)、轻型直流输电、统一潮流控制器(UPFC)等等。这些应用场合都要求极高的可靠性,因此,必须重视 IGBT 的控制与保护,保证 IGBT 的集-射电压不超出安全极限。可能导致 IGBT 集-射电压越限的因素主要有以下两点:(1) IGBT 开关过程中,集-射电压变化斜率太大,使得回路杂散电感的感生电势过高,导致 IGBT 集-射电压峰值超过安全极限;(2) IGBT 串联运行时不均压,导致集-射电压峰值超过安全极限。由于 IGBT 开关速度极快,集-射电压变化斜率通常不低于 $6000\text{V}/\mu\text{s}$,所以对 IGBT 的控制与保护必须具有纳秒级的响应速度,技术难度很高。

[0003] 现有的 IGBT 集-射电压控制与保护的方法可大致分为两类:负载侧控制和门极侧控制。负载侧控制主要通过 IGBT 的集-射两端并联 RCD(电阻电容二极管)吸收电路实现,虽然效果较好,但其体积大、损耗高,不仅给实际电路结构设计带来很大麻烦,而且显著提高了造价。门极侧控制主要包括:门极信号延迟调整、米勒电容伺服控制、跟踪电压参考值和基于门极 RCD 辅助电路的控制。门极信号延迟调整,尤其是在线调整,控制电路必须能够适应随温升而变化的 IGBT 特性,所以比较复杂,可靠性偏低。米勒电容伺服控制在实用中也存在较大难度,因为很难精确定位米勒效应的起始和结束时刻。跟踪电压参考值的方法又包含具体的措施,但要么是对 IGBT 串联个数有限制,要么是控制电路用到了微处理器和高性能运放等芯片,比较复杂,可靠性较低而造价较高。基于门极 RCD 辅助电路的控制电路简单,可靠性较高,但最大的问题是,它会导致 IGBT 集-射电压出现显著的振荡,甚至可能导致 IGBT 误动作,危及设备安全。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种结构简单、可靠性较高、控制效果较好的用于绝缘栅双极晶体管的斜率与峰值综合控制电路。

[0005] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种用于绝缘栅双极晶体管的斜率与峰值综合控制电路,其特征在于:它包括一绝缘栅双极晶体管、一斜率与峰值综合控制电路、一门极驱动电路和一主电路;所述绝缘栅双极晶体管的门极并联连接所述斜率与峰值

综合控制电路的输出端和所述门极驱动电路的一输出端,所述斜率与峰值综合控制电路的输入端并联连接所述绝缘栅双极晶体管的集电极和所述主电路的一输入端;所述门极驱动电路的另一输出端并联连接所述绝缘栅双极晶体管的发射极和所述主电路的另一输入端。

[0006] 所述斜率与峰值综合控制电路包括三个电阻、两个电容、一个二极管和一个以上的齐纳二极管;第一个所述电阻的一端并联连接第三个所述电阻的一端和所述绝缘栅双极晶体管的集电极,另一端经串联第一个所述电容后,并联连接所述二极管的阴极和所述绝缘栅双极晶体管的门极;第三个所述电阻的另一端依次与全部所述齐纳二极管反向串联,最后一个所述齐纳二极管的两端分别并联连接第二个所述电阻和第二个所述电容,第一个所述齐纳二极管的阳极串联连接所述二极管的阳极。

[0007] 所述主电路连接一个以上串联连接的所述绝缘栅双极晶体管,每个所述绝缘栅双极晶体管对应连接一个所述斜率与峰值综合控制电路和一个所述门极驱动电路。

[0008] 所述齐纳二极管的个数由所述绝缘栅双极晶体管的集-射电压峰值的参考值和单只所述齐纳二极管的启动电压值确定。

[0009] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下优点:1、本发明由于采用了电阻、电容和齐纳二极管等简单的小型元器件构成了斜率与峰值综合控制电路,并直接跨接在绝缘栅双极晶体管的集电极和门极之间,因此实现了电路拓扑简单的特点,提高了电路的可靠性。2、本发明由于在斜率与峰值综合控制电路中采用了米勒阻抗和纳秒级响应的齐纳二极管,使得绝缘栅双极晶体管的集-射电压变化斜率和峰值均受到快速的负反馈控制,从而所有受控的绝缘栅双极晶体管的集-射电压的变化斜率和峰值均保持一致,确保不超过安全极限,因此改善了对绝缘栅双极晶体管的控制和保护效果。3、本发明由于采用在绝缘栅双极晶体管的开关过程中,分两个阶段对集-射电压变化斜率和峰值实施控制,控制的强度可通过电路参数进行调整,因此实现了可统筹考虑控制效果和开关损耗。因此,本发明可以广泛应用于电力电子领域的各种设备中。

附图说明

[0010] 图1是本发明的电路结构示意图

[0011] 图2是本发明的斜率与峰值综合控制电路示意图

[0012] 图3是本发明的实施例一实验结果

[0013] 图4是本发明的实施例二实验结果

[0014] 图5是本发明的实施例三实验结果

具体实施方式

[0015] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0016] 如图1所示,本发明包括一绝缘栅双极晶体管(IGBT, Insulated Gate Bipolar Transistor)1、一斜率与峰值综合控制电路2、一门极驱动电路3和一主电路4。绝缘栅双极晶体管1的门极并联连接斜率与峰值综合控制电路2的输出端和门极驱动电路3的一输出端,斜率与峰值综合控制电路2的输入端并联连接绝缘栅双极晶体管1的集电极和主电路4的一输入端。门极驱动电路3的另一输出端并联连接绝缘栅双极晶体管1的发射极和主电路4的另一输入端,以实现对主电路4的控制。

[0017] 如图 2 所示,斜率与峰值综合控制电路包括三个电阻 $R_1 \sim R_3$ 、两个电容 C_1 、 C_2 、一个用于防止门极驱动电流流向集电极的二极管 D 和 n 个齐纳二极管 $Z_1 \sim Z_n$,其中 $n \geq 1$ 。电阻 R_1 的一端并联连接电阻 R_3 的一端和绝缘栅双极晶体管 1 的集电极,另一端经串联电容 C_1 后,分别与二极管 D 的阴极和绝缘栅双极型晶体管 1 的门极并联连接。电阻 R_3 的另一端依次与 n 个齐纳二极管 $Z_n \sim Z_1$ 反向串联,并在第 n 个齐纳二极管 Z_n 的两端并联连接电阻 R_2 和电容 C_2 ,并且齐纳二极管 Z_1 的阳极串联连接二极管 D 的阳极。

[0018] 上述实施例中,主电路 4 可以连接一个以上串联连接的绝缘栅双极晶体管 1,每个绝缘栅双极晶体管 1 对应连接一个斜率与峰值综合控制电路 2 和一个门极驱动电路 3。

[0019] 上述实施例中,齐纳二极管 $Z_1 \sim Z_n$ 的个数 n ,根据绝缘栅双极晶体管 1 的集-射电压峰值的参考值和单只齐纳二极管的启动电压值确定。

[0020] 综上所述,本发明在使用时,其斜率与峰值综合控制过程如下:

[0021] 1) 当绝缘栅双极晶体管 1 的集-射电压变化时,绝缘栅双极晶体管 1 的集电极通过电阻 R_1 和电容 C_1 向门极提供反馈电流,电阻 R_1 和电容 C_1 为米勒阻抗,集-射电压变化斜率越大,该反馈电流越强,从而实现对集-射电压变化斜率的负反馈闭环控制。

[0022] 2) 当集-射电压峰值超过 $(n-1)$ 个齐纳二极管 $Z_1 \sim Z_{n-1}$ 的启动电压之和时, $(n-1)$ 个齐纳二极管 $Z_1 \sim Z_{n-1}$ 启动。此时,由绝缘栅双极晶体管 1 的集电极经电阻 R_3 、电容 C_2 、 $(n-1)$ 个齐纳二极管 $Z_1 \sim Z_{n-1}$ 和二极管 D 向门极提供反馈电流,此时电阻 R_3 和电容 C_2 为米勒阻抗,减小了集-射电压变化斜率,起到抑制集-射电压尖峰的作用,并且反馈电流使得绝缘栅双极晶体管 1 的门极电压升高,从而使得集-射电压不再迅速增加,实现了对集-射电压峰值的第一阶段的负反馈控制。

[0023] 3) 若集-射电压继续升高,反馈电流继续对电容 C_2 充电,使得电容 C_2 上的电压超过齐纳二极管 Z_n 的启动电压,那么齐纳二极管 Z_n 启动。此时,由绝缘栅双极晶体管 1 的集电极经电阻 R_3 、 n 个齐纳二极管 $Z_1 \sim Z_n$ 和二极管 D 向门极提供反馈电流,反馈电流使得门极的电压继续维持在较高的水平,从而抑制住集-射电压峰值的升高,实现了对集-射电压峰值的第二阶段的负反馈控制。

[0024] 下面通过具体实施例对本发明的控制电路进行进一步的描述。

[0025] 实施例一:

[0026] 如图 3 所示,在采用两个串联的 1.7kV/800A 绝缘栅双极晶体管,在直流电压 1.7kV、负载电流 520A 时关断(阻感性负载),集-射电压斜率参考值为 3000V/ μ s,集-射电压峰值参考值为 1.2kV 的情况下,本发明的斜率与峰值综合控制电路的控制效果。两个绝缘栅双极晶体管的斜率均受到控制,集-射电压 V_{CE} 峰值在达到约 1.1kV 时受到第一阶段的峰值控制,波形发生转折,接着在约 1.2kV 时受到第二阶段的峰值控制。其中, V_{CE} 为集-射电压; I_C 为集电极电流。实验证明,斜率和峰值综合控制有效,绝缘栅双极晶体管始终工作在安全范围之内,并实现了两个绝缘栅双极晶体管 1 的动态均压。

[0027] 实施例二:

[0028] 如图 4 所示,在采用两个串联的 1.7kV/800A 绝缘栅双极晶体管,在直流电压 1.7kV、负载电流 470A 时关断(阻感性负载),集-射电压斜率参考值为 3000V/ μ s,集-射电压峰值参考值为 1.1kV,两个绝缘栅双极型晶体管的关断信号相差 400ns 的情况下,本发明的斜率与峰值综合控制电路的控制效果。两个绝缘栅双极晶体管的斜率均受到控制,早

关断的绝缘栅双极晶体管的集-射电压 V_{CE} 峰值先达到 1.1kV, 并分别受到第一阶段和第二阶段峰值控制, 波形发生两次转折; 接着晚关断的绝缘栅双极晶体管的集-射电压 V_{CE} 峰值也达到 1.1kV, 并分别受到第一阶段和第二阶段的峰值控制, 波形也发生了两次转折。其中, V_{CE} 为集-射电压; I_C 为集电极电流。实验证明, 斜率和峰值综合控制有效, 绝缘栅双极晶体管始终工作在安全范围之内, 并实现了两个绝缘栅双极晶体管的动态均压。

[0029] 实施例三:

[0030] 如图 5 所示, 在采用八个串联的 1.7kV/800A 绝缘栅双极晶体管, 在直流电压 7.3kV、负载电流 700A 时关断 (阻感性负载), 集-射电压斜率参考值为 $3000V/\mu s$, 集-射电压峰值参考值为 1.2kV 的情况下, 本发明的斜率与峰值综合控制电路的控制效果。八个绝缘栅双极晶体管的斜率和峰值均受到控制, 全部工作在安全范围之内, 并实现了全部绝缘栅双极晶体管的动态均压。

[0031] 上述各实施例仅为本发明的应用, 并非用于限定本发明的实施范围。凡基于本发明技术方案上的变化和改进, 不应排除在本发明的保护范围之外。

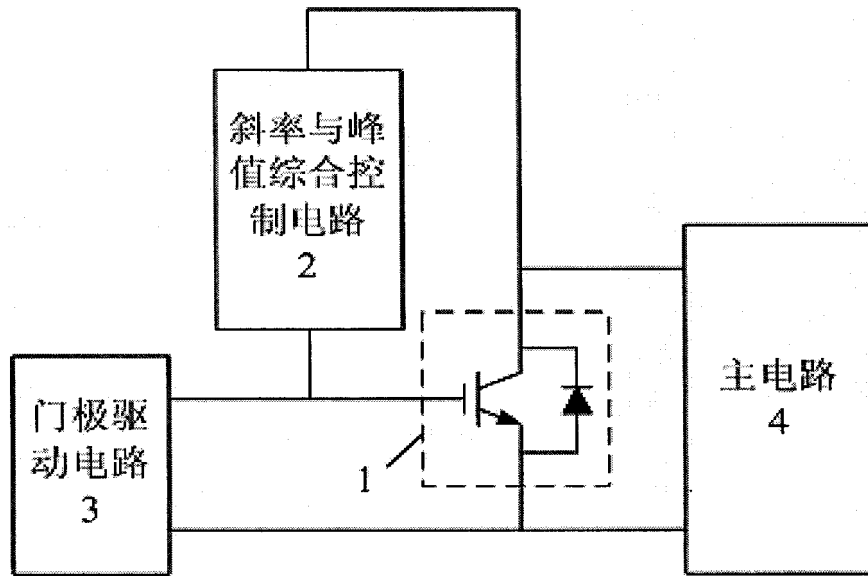


图 1

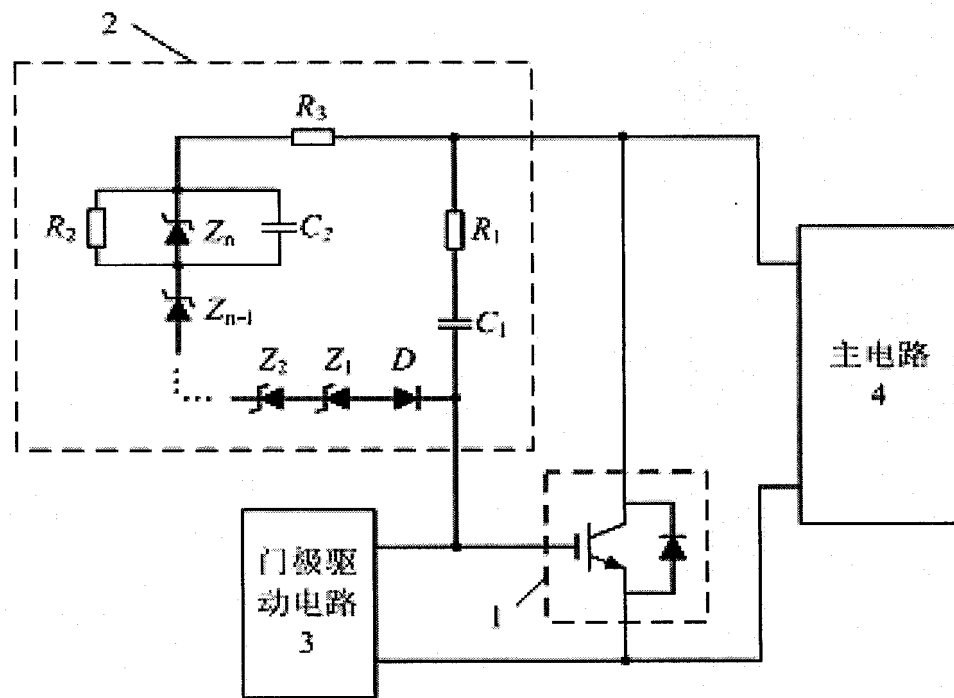


图 2

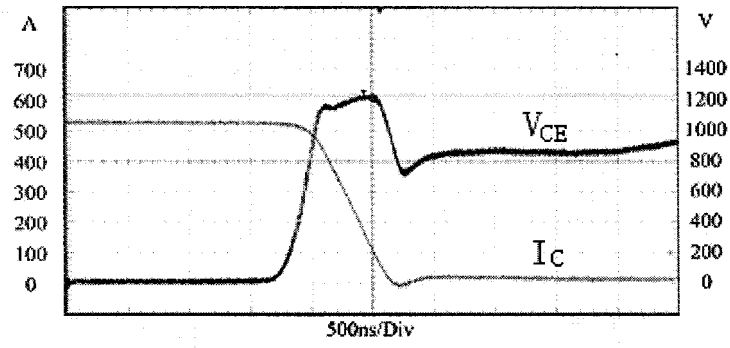


图 3

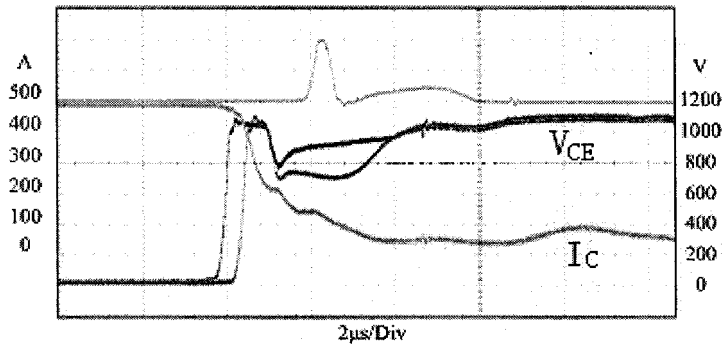


图 4

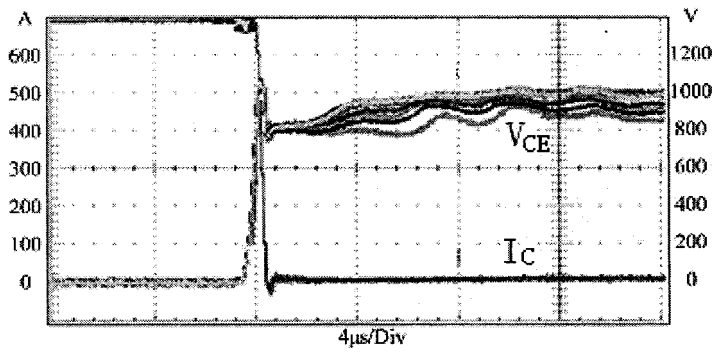


图 5