

IGBT在雷达发射机中的应用

Application of IGBT to the Transmitter of Radar

空军第一航空学院 董兵 张庆海 钟循进 (河南信阳 464000)

摘要:介绍了用 IGBT 实现单脉冲雷达调制器电路的方法;对 IGBT 驱动模块 M57962L 进行了分析,通过对该调制器电路波形的测试及分析,证明了 IGBT 在窄脉冲状态下作为脉冲调制器控制开关应用的可行性。

Abstract: This article introduces the way that modulator circuit of the single pulse radar was realized by IGBT. IC M57962L performance is studied, and analysis the wave of the modulator prove it is feasible that under state of narrow pulse the IGBT apply to control switch of the pulse modulator.

叙词: 调制器 单片机/绝缘栅双极晶闸管

Key words: module; microcomputer; IGBT

1 引言

某厘米波单脉冲体制雷达发射机的调制器采用的是两级脉冲压缩直流磁调制器技术。第一级脉冲形成电路由单向晶闸管作为控制开关,第二级则采用磁调制器作为控制开关。当第二级负载阻抗严重失配时,第一级可控硅截止,两端的正向电压接近 1100V、反向电压接近 800V;晶闸管正向导通时的电流上升率大于 $450\text{A}/\mu\text{s}$,其导通、关断的频率 PRF 高达 1200Hz,极易造成可控硅损坏,严重影响了雷达正常性能的发挥。

由于 IGBT 具有耐高压、耐大电流冲击。易于程控等优点,开发出用 IGBT 取代该雷达发射机中晶闸管,通过实测表明:该电路在不影响原发射机性能的前提下,提高了整机的可靠性。

2 电路的组成

图 1 为两级脉冲压缩直流磁调制器电路原理图。

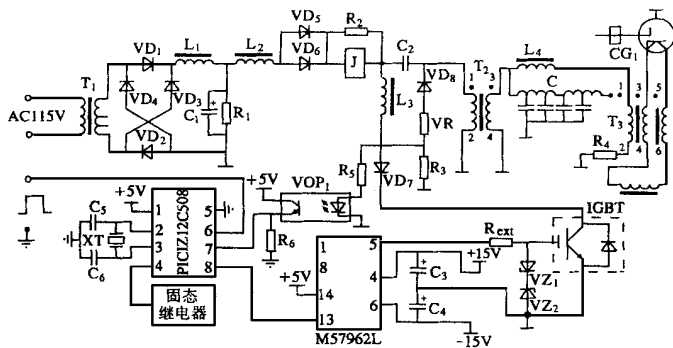


图 1 两级脉冲压缩直流磁调制器电路原理

图中 R_{ext} ——限流电阻

VZ_1, VZ_2 ——限幅器

调制器脉冲形成的过程是:由主电路电源整流为直流电源,经电感 L_1 、变压器 T_2 初级向电容 C_2 充电,当 C_2 上电压达到峰值时,由定时脉冲通过单

片机 PIC12C508 经驱动模块 M57962L 触发 IGBT 导通, C_2 通过 T_2 初级、 L_3 放电形成第一级调制脉冲,脉冲宽度由 L_3 和 C_2 的数值决定。单片机通过 M57962L 控制 IGBT 关断。第二级脉冲形成电路由磁性开关 L_4 控制仿真线 C 的充放电,形成调制脉冲使磁控管产生大功率射频振荡信号,经微波馈电系统输出加到天线,向空间辐射。

3 第一级脉冲调制器

第一级脉冲调制电路如图 1 所示。它是由 IGBT、驱动模块 M57962L、过压保护电路及 PIC12C508 单片机等组成:

(1) IGBT 取代原有的单向晶闸管,选择 2CL-300 VD7 为 IGBT 反向隔离管;

(2) M57962L 是日本三菱公司生产的专用驱动 IGBT 模块的驱动器,它的特点是:具有较高的输入输出隔离度;采用双电源供电方式,以确保 IGBT 可靠通断;内有短路保护电路;输入端为 TTL 电平。

由于调制器是工作在脉冲重复频率 1200Hz、脉冲宽度为 $7\mu\text{s}$,驱动模块在窄脉冲工作状态下,易产生共态导通,不能对内部起保护作用^[1],为此,设计了过压保护电路;

(3) 过压保护电路由隔离二极管 VD_8 、压敏电阻 VR 和取样电阻 R_3 组成。当正常工作时,过压保护电路不影响调制器电路的效率;当负载严重失配时,由于 T_2 上反射电压的作用,使 VR 阻值变小,过压保护电路释放一部分反射能量,阻止了 C_2 上过电压的产生,提高了调制开关的可靠性;

(4) PIC12C508 主要用于控制 IGBT 及主电源的通断。当正常工作时,调制脉冲通过 M57962L 驱动 IGBT 工作;当负载出现严重失配时,单片机将 (5) 端输出低电平关断 IGBT,同时关

断脉冲调制器的主电源供电。

4 测试结果及分析

在雷达发射机上,当输入的调制脉冲重复频率为1200kHz、脉冲宽度为7μs时,对第一级调制器的IGBT和VD₇两端电压波形及IGBT的正向电流波形进行测试。

(1) 负载正常工作

发射机正常工作时,IGBT和VD₇两端的电压波形如图2所示,正向导通电流波形如图3所示。从图中可以看出:在充电中,IGBT两端的正向电压为560V,反向电压为80V。放电时,流过IGBT的脉冲电流小于200A,脉冲宽度为7μs,平均电流小于1.7A,电流上升率小于50A/μs。

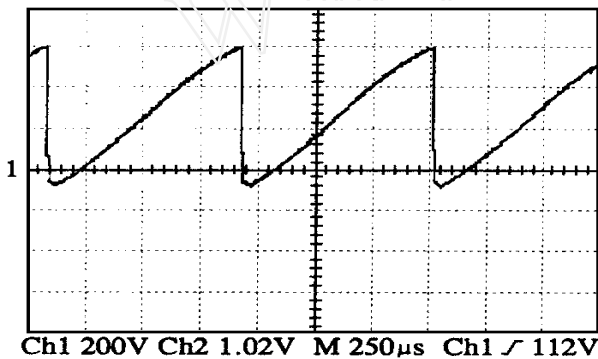


图2 IGBT和VD₇两端电压波形

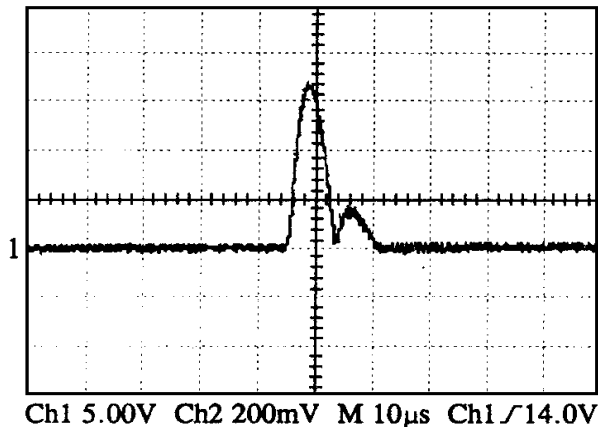


图3 IGBT正向导通电流波形

(2) 负载严重失配,无过压保护

为试验IGBT在负载严重失配情况下的抗过载能力,将过压保护电路断开,负载模拟严重失配,对其进行测试。

图4为负载严重失配时IGBT和VD₇两端的电压波形。从图中可以看出:无过压保护时,其正向电压为1100V,反向电压为800V。

图5为负载严重失配时,流过IGBT的正向导通电流波形。从图中可以看出:负载严重失配,无过压保护时,流过IGBT的脉冲电流大于400A,脉冲

宽度大于14μs,平均电流大于6.8A,电流上升率大于450A/μs。

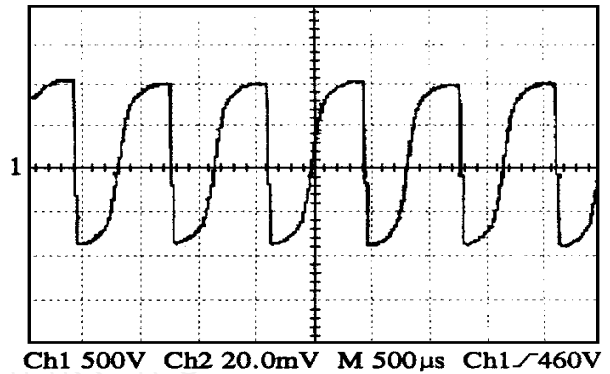


图4 IGBT和VD₇两端的电压波形

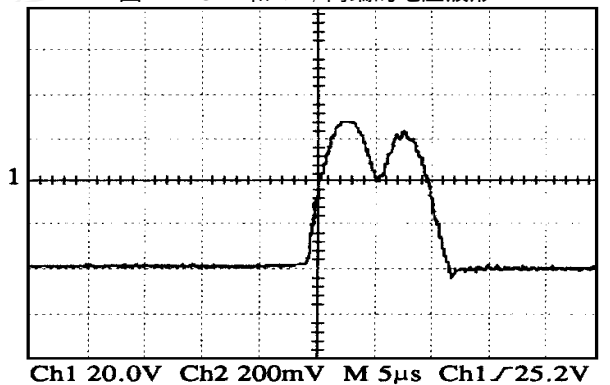


图5 IGBT正向导通电流波形

(3) 负载严重失配,有过压保护

为试验调制器在负载严重失配情况下过压保护电路的保护功能,将负载模拟严重失配,对其进行测试,图6为负载严重失配时,IGBT和VD₇两端的电压波形。

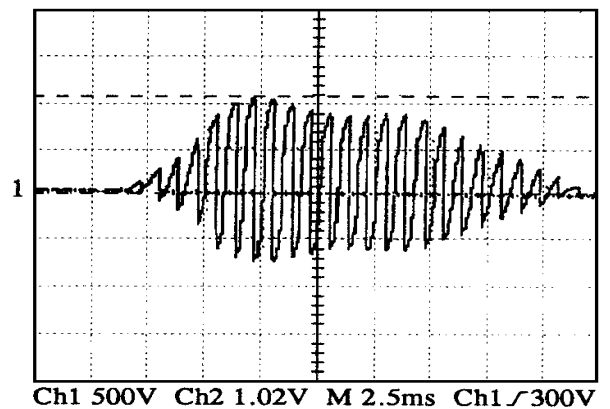


图6 有过压保护时IGBT和VD₇两端的电压波形

从图6中可以看出:其正向电压为1000V反向电压为700V,从保护电路动作到脉冲调制器主电源被切断所需的时间为10ms,表明加过压保护电路,可以减小其反向电压,缩短过载时间,从而有效的保护IGBT等高压器件。

图7为负载严重失配时,流过IGBT的正向导

通电流波形。

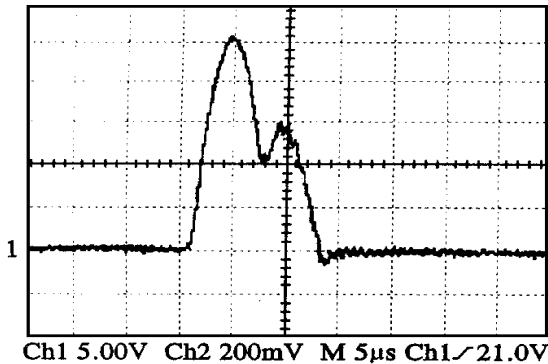


图7 有过压保护时 IGBT 正向导通电流波形

从图7中可以看出:负载严重失配,有过压保护时,流过 IGBT 的脉冲电流为 250A,脉冲宽度为 14 μ s,但由负载严重失配而引起的反峰电流减小,平

作者简介

董 兵:男,1962年5月生,讲师。从事雷达工程专业的教学和科研工作。

均电流为 3.5A,电流上升率为 150A μ s。

5 结束语

由于 IGBT 具有耐高压、耐大电流冲击及易于程控等特点,取代了原调制器中晶闸管的代替。通过对 IGBT 实现的调制器电路和测试出的有关波形的分析,证明了 IGBT 在窄脉冲状态下作为雷达脉冲调制器控制开关应用的可行性。

参 考 文 献

- 1 郑华军等. PWM 方式开关电源中 IGBT 的损耗分析. 电力电子技术,1999,33(5):58~61.

收稿日期:2000-01-25

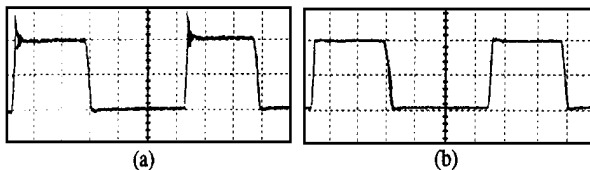
定稿日期:2000-02-25

(上接第30页)

检测集射极的电流升高而激活 N_1 翻转使得 V_{Q3} 导通的。其动作时间快于退饱和电路的上升时间。

4 实验结果

我们对图1的缓冲电路进行了实验,图5a为未加缓冲电路的波形,图5b为带有缓冲电路的波形,由图可以看出,该缓冲电路可以吸收贮能,不会引起 U_{ce} 明显上升。图5b的实验条件为 $L_s = 150\text{nH}$, $C_1 = 1\mu\text{F}$, $R_1 = 30$ 。



(a) 未带缓冲电路 U_{ce} 波形

(b) 带有缓冲电路 U_{ce} 波形

图5 U_{ce} 波形 (100V/格)

在 HSF 及 FUL 两种情况下,还对图4的保护电路进行了实验。实验显示,当 FUL 出现时,该保护电路的动作时间为 6 μ s,当 HSF 出现时,动作时间为 8.3 μ s。实验结果证明,该保护电路比常规的 IGBT 专用驱动模块 EXB841 的动作更迅速,更可靠。

作者简介

田 健:男,硕士,讲师。从事超音频感应加热电源的研制及电力电子系统的研究工作。

5 结 论

在正常工作时,采用缓冲电路可对 IGBT 开通、关断时的瞬态电压峰值进行有效抑制。本文推荐的钳位保护电路可实现短路电流的快速检测、限制、钳位及瞬态电压峰值的抑制。

参 考 文 献

- 1 周乃冲等. 快速二极管反向恢复软度与反向恢复过电压. 电力电子技术,1997,31(2):85~87.
- 2 Trivedi M. et al. Internal Dynamics of IGBT During Short Circuit Switching. Proc. IEEE BCTM '96,1996:77~80.
- 3 Clemente S. et al. IGBT Characteristics and Applications. International Rectifier, EI Segundo, CA, Application Note AN-983.
- 4 徐晓峰等. IGBT 逆变器吸收电路的研究. 电力电子技术,1998,32(3):43~47.
- 5 Chokhawala R. et al. Gate Drive Considerations for IGBT Modules. Conf. Rec. IEEE IAS Annu. Meeting,1992:1186~1195.
- 6 Gedia S. et al. High of Power IGBT Converters with New Gate Drive and Protection Circuit. Proc. EPE Conf.,1995(1):66~70.

收稿日期:2000-03-22

定稿日期:2000-05-23