

GTO 新型驱动电路研制

英锐男 尤德同

摘要 介绍一种双端输入的 GTO 驱动电路, 并采用快速晶闸管 KK 隔离, 限制了结电容的放电, 防止误动作. 通过对脉冲变压器参数的合理选择, 利用变压器磁芯的饱和, 从而获得理想的导通和关断信号, 以确保当占空比大范围变化时, GTO 能可靠地开通与关断. 结果表明: 该电路可克服恒压供电方式、变压器供电方式和脉冲变压器供电方式的某些不足之处.

关键词 驱动线路; 脉冲变压器; 闸门电路/双端输入; 可关断晶闸管

中图分类号 TM921.45

近年来发展起来的大功率可关断晶闸管(简称 GTO), 它具有良好的自关断能力, 无需辅助换流电路, 并具有开关频率较高和效率较高等优点, 可使直流调速的斩波器和交流调速逆变器的体积和重量减小. 它与功率晶体管 GTR 相比, GTO 能承受更高的浪涌电流, 开断容量也较大, 在大容量电力电子领域中很有发展前景. 但由于内部结构原因, GTO 的实际能力受到门极驱动电路和吸收电路的强烈影响, 因此迟迟难以推广.

笔者要介绍的是单片机控制的高精度直流调速斩波器中使用的型号为日立 GFT20B/12GTO 器件的一种新型门极驱动电路, 并给出了试验结果.

1 GTO 驱动电路的特点和要求

1.1 GTO 导通对门极信号四度特性具体要求

(1) 脉冲前沿陡度: 前沿愈陡, 对 GTO 导通愈有利. 因门极导通信号前沿在结电容充电时, 前沿愈陡充电愈快, 正向门极电流建立快, 这样可以使 GTO 快速导通.

(2) 脉冲幅度: 为实现强触发, 门极正脉冲电流一般应为额定触发电流的 3~5 倍, 为快速导通, 触发电流还可以取大些.

(3) 脉冲宽度: 门极正脉冲宽度通常应比导通时间大几倍. 对于电感负载, GTO 阳极电流建立时间可能更长. 因此也要适当加宽脉冲宽度.

收稿日期: 1993-06-08

英锐男 尤德同 江苏工学院电气工程系 镇江市 212013

(4) 脉冲后沿坡度: 门极正脉冲后沿坡度越缓越好, 导通正脉冲后沿过陡, 易产生负尖峰电流, 这尖峰电流会使刚导通的 GTO 重新误关断。

在试验过程中, 观察到门极导通电流的下降率会对 GTO 掣住电流有直接影响。门极电流下降率很大时, 会使 GTO 趋向再次脱离掣住。而且还发现, 如果能维持一个连续的门极电流, 就能降低 GTO 的正向压降, 这样还可以确保在感性负载的任何情况下, GTO 都能导通。

(5) 门极导通方法一般有三种:

I. 直流触发: 在 GTO 导通期间, 门极一直加直流触发信号。

II. 连续脉冲触发用于 GTO 全部导通期间。

III. 触发脉冲开始有较高的峰值, 随后是降低幅值的一个宽脉冲。

上述几种脉冲波形如图 1 所示。

笔者介绍的 GTO 驱动电路采用了第 II 种方式, 此种方式 GTO 管压降小, 脉冲变压器的体积小、效率高。

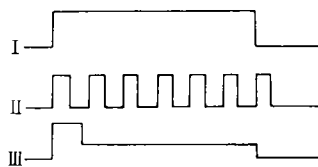


图 1 门极导通几种方法

Fig. 1 Several methods of gate turned on

1.2 GTO 关断对门极信号四度特性具体要求

(1) 前沿陡度: 前沿愈陡, 关断时间愈短。

(2) 脉冲宽度: 在实际应用中, 一定范围内加宽脉冲宽度, 可以提高关断阳极电流能力。

(3) 脉冲幅度: 门极负电压脉冲必须具有一定幅度, 否则抽不出足够的门极负电流以关断 GTO。

(4) 脉冲后沿坡度: 门极电压脉冲的后沿坡度要尽量缓一些。若坡度太陡, 由于结电容的效应, 会产生门极正向尖峰电流, 这个尖峰电流可使刚关断的 GTO 重新误导通。因此, 关断脉冲后沿越缓越好。

2 几种典型 GTO 驱动电路比较

在大量 GTO 应用中, 已出现了许多种 GTO 驱动电路, 下面介绍几种方式及通过试验得出的优缺点。

2.1 直接驱动方式电路原理图

参见图 2, 门极驱动电路与 GTO 直接耦合, 电隔离设在驱动电路与控制电路之间。

图 2a 中, 电源电压 E_2 低于门极—阴极雪崩电压 V_{GR} , 门极负电流最大值只和阳极电流有关。这样不会出现雪崩电流, 门极不会因负电流过大而损坏。开通和关断驱动电路无相互干扰, 能方便地提供强触发脉冲和连续驱动电流。但在单脉冲触发电路中, 关断脉冲前沿不会很陡, 因此门极抽出电流小。该电路需独立的正、负电源。

图 2b 中, 可省去一个门极电源, 利用电容储能, 作为关断期间可变电源, 可获得高的门极

负脉冲上升率,在一定条件下,GTO 关断期间,门极抽出电流能力强. 但该电路在 GTO 导通时不能提供连续驱动电流,GTO 不易导通. 实际试验中,我们发现其电容储能受占空比变化和频率变化影响很大,这样电源电压 E_c 和电容 C 的值很难选择.

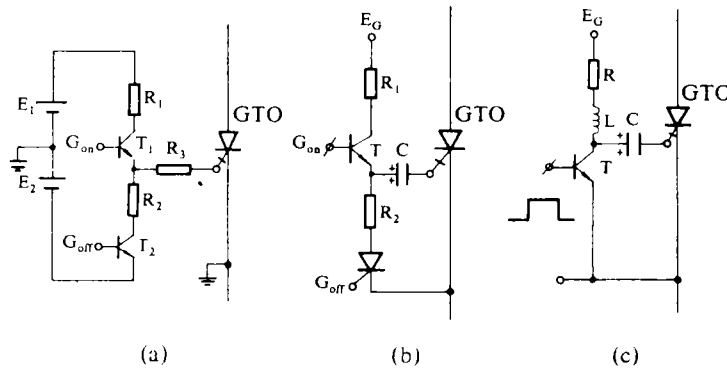


图 2 几种直接驱动方式原理图
Fig. 2 Elementary diagram of direct driving methods

图 2c 中,为电感电容门极驱动电路,电感 L 和电容 C 构成振荡电路,电容两端电压可高于电源电压. 这样,在降低电源电压时,仍可保证门极关断所需的电压值. 图中晶体管 T 截止时,电源通过 R 、 L 对 C 充电,同时触发 GTO,由于 L 和 C 谐振, C 两端电压可高于电源电压. 晶体管 T 导通时,电容器 C 上的电压加在 GTO 的门极上,使 GTO 迅速关断. 但该电路同样受频率、占空比变化影响. 试验表明,导通和关断两者不能兼顾.

2.2 变压器耦合驱动电路

由图 3 所示,驱动器电路输出和 GTO 门极通过变压器耦合,从而实现了电隔离. 其优点是:电隔离性能好,电路简单,通过变压器的匝数比,可降低驱动晶体管的电流要求,并可方便提供大的关断电流. 但在试验时发现:当占空比变小时,铁芯储能不够,从而关断能量不够,占空比增大时铁芯将进入饱和,副边不能提供连续的门极正向导通驱动电流. 在小负载时,GTO 达不到掣住电流,因此只有当占空比在较小范围内变化,合理选择电源和脉冲变压器的匝数比时,才能获得较理想的门极电流波形. 而当要求占空比大范围变化时,此电路还不能满足要求.

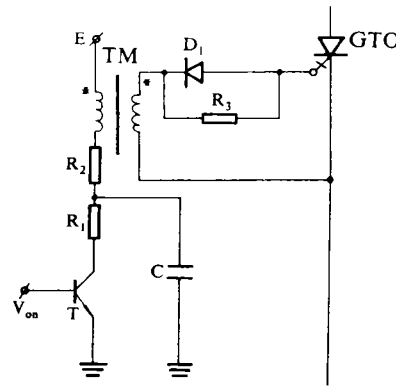


图 3 变压器耦合驱动电路
Fig. 3 Driving circuits of transformer coupler

3 新型 GTO 门极驱动电路

这里介绍的 GTO 门极驱动电路是在“单片机控制高精度深调速斩波器可逆调速系统”中应用的电路,因要求占空比变化范围大,且应用在斩波频率高达 1 kHz 两只 GTO 反并

联电路中,为使控制电路简单可靠,参考了现有的各种驱动电路,设计研制了如图4的电路.

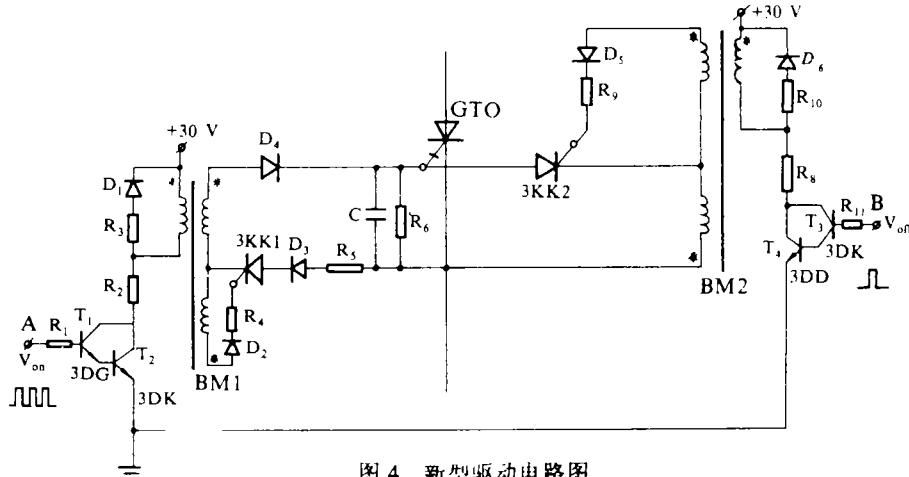


图4 新型驱动电路图

Fig. 4 New driving circuit

该电路的参数设计是按日立 GFT20B 的 GTO 来设计的. 驱动电路触发导通是采用了“1.1”中介绍的 II 种类型连续脉冲触发方式. 该驱动电路的主要特点是将输出正脉冲和负脉冲分成两个独立电路,从而克服了导通和关断的相互制约和影响. 由快速晶闸管 KK 和快速反向恢复二极管隔离. 由于 KK 的导通时间仅为 $0.1 \sim 1 \mu s$,所以脉冲前沿陡,而利用高频变压器小磁芯的饱和,又使脉冲后沿平缓,其工作原理如下:

当微机根据控制算法,算得结果输出时,在 A 端输入一个连串正窄脉冲,使左端的 3DG、3DK 先导通,而右端 3DK、3DD 截止,脉冲变压器 BM1 产生脉冲,耦合到 BM1 次级边,次级边同名端均为正脉冲输出,因而 D_2 导通,3KK1 也导通.这样,左端输出一串正脉冲就加到 GTO 的门极上,从而使 GTO 导通.

当 A 端输入正脉冲消失时 3DG、3DK 截止,脉冲变压器原绕组产生感应电势,通过 D_1 、 R_3 放电,由于 3KK1 存在,使 GTO 导通脉冲不会出现负尖峰电流,从而消除了 GTO 结电容的放电效应.

当微机在 B 端输入一正窄脉冲(在 A 端脉冲消失时),经过类似分析,使右端电路工作,在 GTO 门极上就产生一个负脉冲,使 GTO 关断. 图 4 中 R_6 的作用,是降低 GTO 阴极、门极间的阻抗, R_6 取 100Ω 左右,其阻值也不宜取得过小,否则会影响其触发脉冲波形.

本驱动电路采用了 R2KA 罐形磁芯作为脉冲变压器的磁芯,该磁芯高频特性好,因而使输出脉冲前沿陡峭. 由于采用高频脉冲输入方式,从而使脉冲变压器体积大大减小. 本设计中合理地选择了驱动电路电源电压和铁芯截面与匝数比,使铁芯迅速进入饱和区,从而使输出脉冲电压前沿陡而后沿下降平缓.

图 5b 铁芯工作在 oa 段,因而脉冲变压器输出为方波;图 5c 铁芯工作在 ab 段,即铁芯开始进入饱和区,脉冲变压器输出为一后沿下降的尖脉冲波.

对图 4 驱动电路,我们对正脉冲输出电路又作了改进,改进部分如图 6 所示.线圈 II 用于输出使 GTO 导通时的正脉冲,线圈 III 用于释放铁芯中贮存电感能量. 这样,一则能输出正脉冲,如图 8 所示的连续脉冲,脉冲后沿更加平缓,二则充分利用了磁场能量从而提高了驱

动电路的效率.

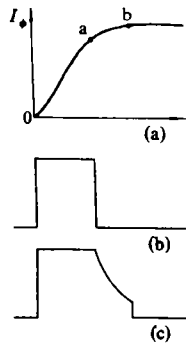


图5 输出脉冲波形

Fig. 5 Pulse output waveform

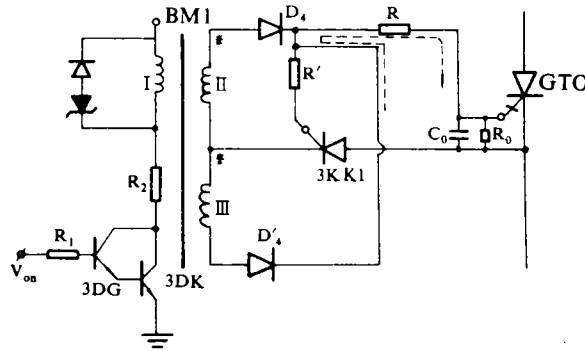


图6 改进部分电路图

Fig. 6 Elementary diagram of modified part

4 实验结果

实际试验时,主回路采用日立 GFT20B / 12GTO 元件组成简单斩波器,其简图见图 7.

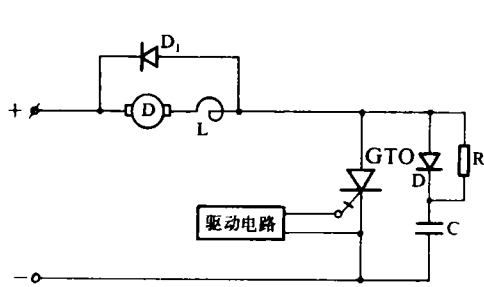


图7 驱动电路实验简图

Fig. 7 Schematic diagram of driving circuit

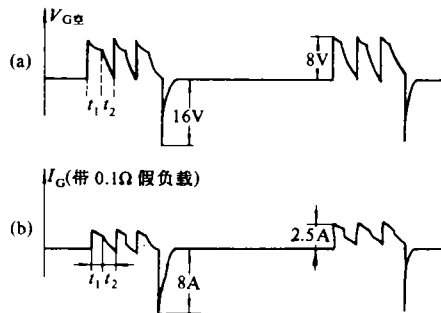


图8 驱动电路空载电压波形图

Fig. 8 Zero load waveform of driving circuit

该电路斩波频率是 1 kHz,当改进型驱动电路输出为空载时,其输出门极电压波形如图 8a 所示. 导通脉冲幅值为 8 V,关断脉冲值达 16 V. 当驱动电路输出接 0.1 Ω 假负载时,输出门极电流波形如图 8 所示. 导通电流是连续的, t_1 为电源供给的电流, t_2 为电感储存的能量释放电流,幅值达 2.5 A. 门极关断电流幅值达 8 A.

图 9 为 GTO 驱动器的实际波形,占空比为 25%, 其中图 9a 为计算机控制算法后期望的斩波波形. 图 9b 为计算机输出给驱动电路的控制信号, 其中导通信号是一串脉冲列,关断信号为单个脉冲. 脉冲宽度为 30 μs,图 9c 为 GTO 门极导通电流和关断电流. 导通电流峰值为 0.9 A. 当主回路峰值电流为 15 A 时,关断电流峰值为 3 A. 图 9d 为门极电压波形,图 9e 为 GTO 阳极电压和电流波形.

5 结 论

笔者提出的新型 GTO 门极驱动电路,巧妙地利用了快速晶闸管 KK 和反向快速恢复二极管,限制了 GTO 的结电容效应. 并利用铁芯的饱和,获得了满意的 GTO 门极驱动信号,在改进型驱动电路中利用了铁芯中的线圈贮能从而使脉冲后沿更加平缓,并使触发信号连续在大范围占空比变化中,特别在电机负载为恒转矩深调速的情况下,可提供稳定可靠的门极关断电流,该电路结构简单,工作可靠,驱动电路只需一个电源,使整个系统减小了体积和重量,具有较高的实用价值.

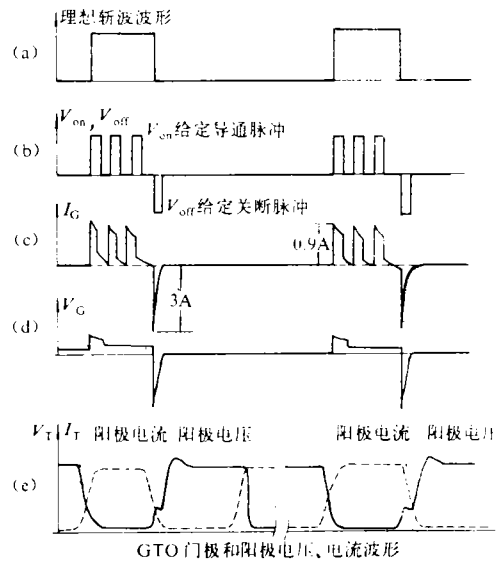


图9 GTF20B/12 GTO 驱动电路的各点波形

Fig. 9 Waveforms of GTF20B/12 GTO driving circuit

附 录

日立 GFT20B GTO 的电特性:

$V_{DRXM}: 1\ 200\text{ V}$, $I_T(\text{RMS}): 7\text{ A}$, $T_c: 60^\circ\text{C}$,

$I_{TCM}: 40\text{ A}$, $I_{TSM}: 65\text{ A}$, $di/dt: 150\text{ A/s}$, $V_{GRM}: 13\text{ V}$, $P_{GF}: 1.5\text{ W}$

参 考 文 献

- 1 张立编著. 可关断可控硅及其应用. 北京: 人民邮电出版社. 1982.
- 2 林渭勋等编著. 电力电子技术基础. 北京: 机械工业出版社. 1990.

New GTO Driving Circuit

Yin Ruinan You Detong

Abstract A double-input GTO driving circuit is discussed in the paper. The isolation of KK prohibits the junction capacitor from discharging and misoperation from occurring. The rational selection of the parameters for pulsed transformer and use of the saturation of the magnetic cores will get the ideal on and off signals, thus ensuring that the GTO will be reliably on and off which correspond to large variable on and off proportion. It is shown from the results that the use of this method will overcome shortcomings of power supply method with constant voltage, with variable voltage and pulsed transformer.

Key words driving circuits; pulse transformers; gates circuits / double-input; gate turn-off thyristor GTO