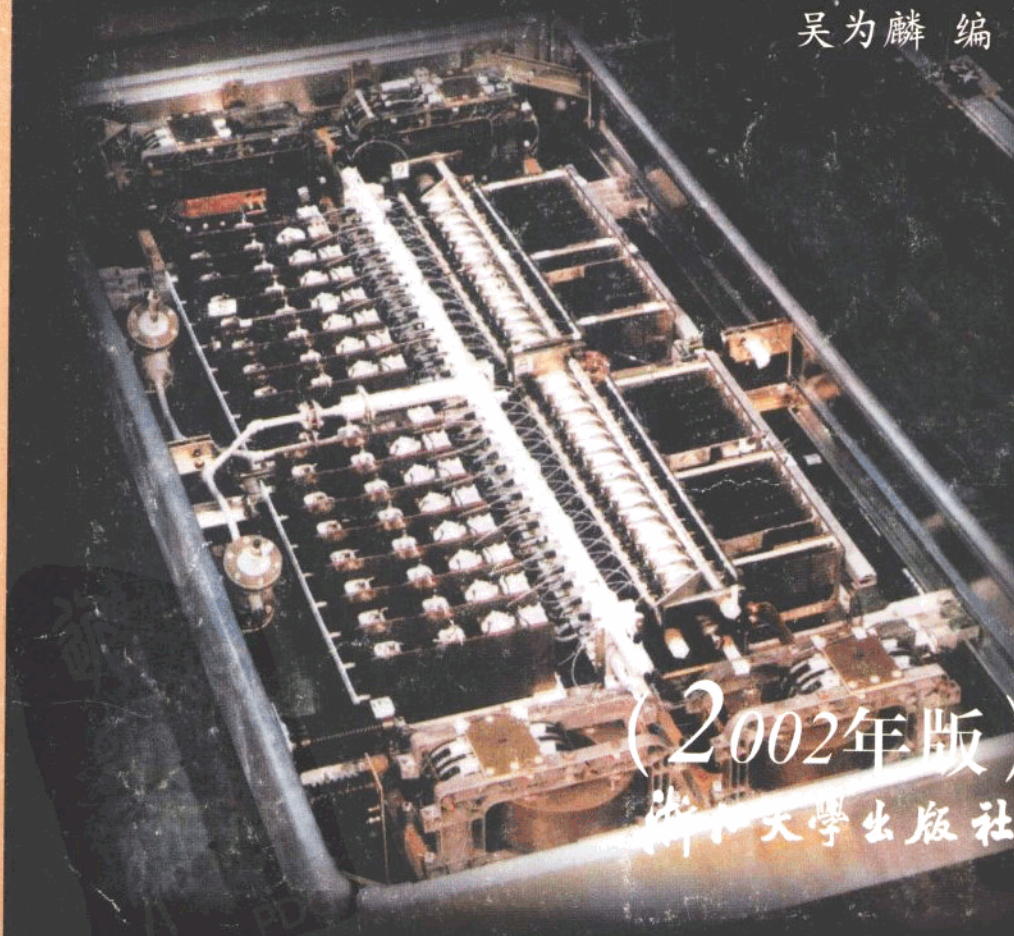




全国高等教育自学考试

电力电子变流技术 同步练习册

全国高等教育自学考试指导委员会 组编
吴为麟 编



(2002年版)

清华大学出版社

Q · G · G · D · J · Y · Z · X · K · S

全国高等教育自学考试

电力电子变流技术 同步练习册

(2002 年版)

全国高等教育自学考试指导委员会组编

吴为麟 编

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

电力电子变流技术同步练习册/吴为麟编. —杭州:
浙江大学出版社, 2001. 12
ISBN 7-308-02808-9

I. 电... II. 吴... III. 电力电子学—变流技术—
高等教育—自学考试—习题 IV. TM46—44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 068874 号

出版发行 浙江大学出版社
(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)
(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)
(网址: <http://www.zjupress.com>)

责任编辑 王 锴

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江广育报业印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 9

字 数 230 千字

版 印 次 2001 年 12 月第 1 版 2001 年 12 月第 1 次印刷

印 数 0001—3070

书 号 ISBN 7-308-02808-9/TM·010

定 价 14.60 元

组 编 前 言

依靠自己的力量,在有限的时间内学习一门新学科,从不懂到懂,从不会到会,从不理解到理解,从容易遗忘到记忆深刻,从不会应用到熟练应用,从模仿到创新,把书本知识内化为自己的知识,是一个艰难的过程。在这个过程中,自学者不仅需要认真钻研考试大纲,刻苦学习教材和辅导书,还应该做适量的练习,把学和练有机地结合起来,否则,就不能达到预定的学习目标。“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行。”这是每一位自学者都应遵循的信条。

编写练习,同样是件不容易的事。它对编写者提出了相当高的要求:

有较深的学术造诣;

有较丰富的教学经验;

对高等教育自学考试有深刻的理解并有一定的辅导自学者的经历;

对考试大纲、教材、辅导书有深入的了解,对文中的重点、难点、相互联系等有准确的理解;

对自学者学习需要和已有的知识基础有一定的了解。

只有把这些因素融会在一起,作者才能编写出高质量的,有利于举一反三、事半功倍的练习。

基于以上考虑,我们组织编写出版了同步练习册,使之与考试大纲、教材、自学辅导书相互补充,形成一个完整的学习媒体系统。

之所以把这些练习称为同步练习,是因为:

第一,它与考试大纲、教材的内容及顺序是一致的。按照考试大纲、教材的章、节、知识点的顺序编选习题,方便自学者循序渐进地学习与练习。

第二,它与自学者学习过程是一致的。自学过程大体包括初步接触、大体了解、理解、记忆、应用、创新、复习等阶段。在每一个阶段,自学者都容易找到相应的练习。

如此学与练同步的方式,有利于激发自学的兴趣与动机,有利于集中注意力于当前所学的内容,有利于理解、巩固、记忆、应用,尤其有利于自学者及时知道自己的学习状态与结果,以便随时调整学习计划,在难度较大处多投入精力。

基于对学习目标的考虑,我们把同步练习大致分为四类:

第一,单项练习:针对一个知识点而设计的练习。其目的在于帮助

自学者理解和记忆基本概念和理论。

第二,综合练习:针对几个知识点而设的练习。这又可分为在本章综合、跨章综合、跨学科综合三级水平。其目的在于帮助自学者把相关知识联系起来,形成特定的知识结构以便灵活地应用。

第三,创造性练习:提供一些案例、事实、材料,使考生应用所学到的理论、观点、方法创造性地解决问题。这类问题可能没有统一的答案,只有一些参考性的思路。其目的很明显,就是培养自学者的创新意识和能力。

第四,综合自测练习:在整个学科范围内设计练习,尽量参照考试大纲的题型,组成类似考卷的练习。其目的在于使自学者及时检测全部学习状况,帮助自学者作好迎接统一考试的知识及心理准备。

希望应考者在使用同步练习之前了解我们的构想,理解我们的意图,以便主动地选择适合自己学习的练习题目。

孔子说:“学而时习之,不亦乐乎。”一边学,一边练,有节奏、有规律地复习,不仅提高了学习效率,也会给艰难的学习过程带来不少的快乐。圣人能够体会到这一点,我们每一位自学者同样能体会到。如果通过这样的学习过程,实现了学习目标,实现了人生的理想,实现了对自我的不断超越,那么,我们说这种学习其乐无穷也毫不夸张。

全国高等教育自学考试指导委员会

2000年10月

目 录

第 1 部分 同步练习	(1)
第 1 章 电力半导体器件	(3)
1.1 重点和难点	(3)
1.2 例题精选	(5)
1.3 习题与思考题	(9)
1.4 练习答案	(10)
第 2 章 单相可控整流电路	(13)
2.1 重点和难点	(14)
2.2 例题精选	(15)
2.3 习题与思考题	(27)
2.4 练习答案	(28)
第 3 章 三相可控整流电路	(31)
3.1 重点和难点	(31)
3.2 例题精选	(33)
3.3 习题与思考题	(39)
3.4 练习答案	(40)
第 4 章 有源逆变电路	(42)
4.1 重点和难点	(42)
4.2 例题精选	(43)
4.3 习题与思考题	(46)
4.4 练习答案	(47)
第 5 章 晶闸管变流器的触发电路	(49)
5.1 重点和难点	(49)
5.2 例题精选	(51)
5.3 习题与思考题	(56)
5.4 练习答案	(57)
第 6 章 无源逆变电路	(58)
6.1 重点和难点	(58)
6.2 例题精选	(59)
6.3 习题与思考题	(67)
6.4 练习答案	(68)
第 7 章 直流斩波电路	(70)

7.1 重点和难点	(70)
7.2 例题精选	(71)
7.3 习题与思考题	(77)
7.4 练习答案	(77)
第8章 驱动电路与缓冲保护电路	(79)
8.1 重点和难点	(79)
8.2 例题精选	(80)
8.3 习题与思考题	(83)
8.4 练习答案	(83)
第2部分 实践环节	(85)
实验1 晶闸管触发电路实验	(88)
实验2 单相桥式半控整流电路	(94)
实验3 三相半波整流电路	(97)
实验4 单相桥式有源逆变电路	(101)
实验5 电压型单相桥式无源逆变电路	(103)
实验6 晶闸管简易测试及导通、关断条件	(106)
实验7、8 三相桥式全控整流及有源逆变电路实验	(108)
实验9 直流斩波电路	(111)
实验10 自关断器件及其驱动与保护电路实验	(114)
附录一 全国2000(上)高等教育自学考试电力电子变流技术试题	(120)
附录二 全国2001(上)高等教育自学考试电力电子变流技术试题	(128)

第 1 部分 同步练习

第1章 电力半导体器件

电力电子器件是电力电子电路的核心。电力电子电路设计再好、功能再全,没有质量符合要求的器件也枉然。有了质量符合要求的器件,如果不能正确使用它们,也会出现问题;不是“大材小用”,没有充分发挥它们的功能;就是使用不当,造成损坏。

本章主要学习半控器件与全控器件的特点、外特性、主要参数。

1.1 重点和难点

1.1.1 电力半导体器件的分类

在电力电子电路中,电力半导体器件通常处于受控的通、断状态,具有理想的开关特性。根据开关特性的不同,可分为3大类:

(1) 不控器件

这种器件通常为两端器件。它具有整流作用而没有可控的功能,如PN结的整流二极管、肖特基势垒的二极管等。有关功率二极管的叙述,在自学辅导书中有较详细的介绍。

(2) 半控型器件

这种器件通常为三端器件,通过控制信号只能控制其开通而不能控制其关断,半控型的称呼由此而得。普通晶闸管(SCR)及其他大部分派生器件如快速晶闸管、双向晶闸管、逆导晶闸管等,都属于这一类。

(3) 全控型器件

通过控制信号,既可以控制其开通又可以控制其关断的器件称全控型器件,主要有可关断晶闸管(GTO)、功率晶体管(GTR)、各种场控器件(MOSFET、IGBT、MCT等)。这些器件通常也为三端型。

根据器件内电子和空穴两种载流子参与导电情况的不同,电力半导体器件又可分为双极型、单极型和混合型;根据控制信号的不同,还可分为电流型控制和电压型控制器件。

1.1.2 晶闸管

晶闸管是一种大功率半导体器件。我们通常所说的可控硅(SCR)就是普通晶闸管,而其所有派生器件,则属于特殊晶闸管。

目前在工业上,晶闸管已成为电力电子技术应用的核心器件,它主要应用于整流、逆变、调压、开关等。到目前为止,晶闸管应用最多的还是整流。

(1) 触发导通

要使晶闸管导通,需同时具备两个条件:①晶闸管的阳极—阴极之间加正向电压。②门极加正向电压,使足够的门极电流 I_G 流入。所谓正向导通可控性是指门极对晶闸管的导通起控制作用,即在满足①的条件下,什么时候满足条件②,晶闸管什么时候导通。

当同时满足条件①、②,使晶闸管导通的过程叫触发。晶闸管一旦触发导通,门极就失去

了控制作用,即使门极电流降为零或负值,也不能使晶闸管关断。

只有设法使流过晶闸管的阳极电流减小到维持电流 I_H 以下,并经过一段时间,晶闸管才恢复阻断。

(2) 伏安特性

晶闸管阳极和阴极的电压与阳极电流的关系称为晶闸管的阳极伏安特性,简称伏安特性或主特性。

从教科书图 1-6 中可以看出,伏安特性包括正向特性和反向特性;正向特性又包括断态特性和通态特性。

门极和阴极间的电压 U_G 和门极电流 I_G 的关系为晶闸管门极特性。由于不同型号乃至同一型号的晶闸管的门极特性离散性较大,故通常用门极特性分区图来表示这种区别。

(3) 主要参数

在设计电路时,选择晶闸管的主要参数是额定电压和额定电流。

① 额定电压——晶闸管的重复峰值电压

先于实测的正向和反向重复峰值电压中取小者,再按标准电压等级就低取整而得。

实际使用时,由于温升及其他因素的影响,为确保晶闸管安全运行,选用管子的额定电压是实际工作时可能承受的最大电压 2~3 倍。

② 额定电流——晶闸管额定通态平均电流

它指在规定的环境温度和冷却条件下单相工频正弦半波阻性负载时,通态电流在一个周期内的平均值,按标准电流等级就低取整而得。

注意:由于历史原因,晶闸管过去大多用于可控整流,往往按直流平均值来计算,然而平均值电流不一定能保证它的安全使用。影响安全的主要因素是管芯的结温,它主要取决于电流有效值。实际使用时,平均值与有效值之间的换算不要忘记。

由于晶闸管过载能力小,实际使用时,为保证安全、可靠地工作,还要有一定的裕量,按 1.5~2 倍的安全裕量选取。

晶闸管的其他参数,这里就不一一列举了,应结合教科书和自学辅导书仔细学习。

1.1.3 功率晶体管

在电子技术基础中,我们也学习过晶体管,那时是小功率,其主要任务为信号放大;研究的是它的静态特性。本课程中的是功率晶体管,用于大功率,其主要任务是开关;研究的是它的动态特性。

(1) 开关特性

为了描述 GTR 开关过程的瞬态性能,常用开关时间来表征它的好坏,如书中所述:延时时间 t_d 、上升时间 t_r 、存储时间 t_s 和下降时间 t_f ,还有电压上升率 dv/dt 、开关损耗等。

(2) 二次击穿

GTR 的二次击穿对它的使用有严重的破坏性,应该引起注意。二次击穿现象在发射结正偏压、零偏压和反偏压时都可能发生。其特性曲线如教科书图 1-17 所示。

当 GTR 的集、射极间电压超过一定值时,发生电压击穿。发生一次击穿时,晶体管电流迅速上升,如果不加限制,集电极电流将继续增加,在某点产生向低阻抗区高速移动的负阻现象,称为二次击穿。

一旦产生二次击穿,轻者使 GTR 耐压降低,特性变坏;重者使集电结和发射结熔通,使

GTR 永久损坏。二次击穿主要由器件内部温度过高而造成。温度升高的原因是:当正向偏置时,由热不平衡引起;反向偏置时,由雪崩击穿引起。

(3)安全工作区

安全工作区 SOA(Safe Operation Area)是指能够安全运行电流、电压的极限工作范围,又分正向偏置安全工作区(FBSOA)和反向偏置安全工作区(RBSOA)。

GTR 流过直流时,为最恶劣的工作条件,虽有直流安全工作区,但安全运行范围最小。当处于脉冲工作状态时,有脉冲 SOA。

(4)GTR 模块

单个 GTR 的电流增益比较低,需要有较大的基极驱动电流,驱动电路结构复杂。通常采用增加辅助晶体管,并与主晶体管连成达林顿结构,如教科书图中图 1-19 所示。

为了减小变流装置体积,便于安装使用,往往将几个单元的达林顿结构器件封装在一起,构成 GTR 模块。

近来已研制出将驱动电路、保护电路和功率器件集于一体的智能功率模块。

1.2 例题精选

例 1-1:晶闸管的导通条件是什么?导通后流过晶闸管的电流由什么决定?晶闸管关断的条件是什么?如何实现?

解:晶闸管导通条件是:在晶闸管加上正向阳极电压的同时,加以适量的正向门极电压。这就是晶闸管导通的充分与必要条件。

导通后流过晶闸管的电流决定于电源电压、回路阻抗和接线形式。

晶闸管的关断条件是阳极电流小于维持电流,并经过一段时间。(后面一句话,在高频工作条件下,由导通转为关断状态时,尤为重要。)

实现关断的方法有:增加主回路的阻抗,减小电源电压,甚至使晶闸管承受反向电压等。

例 1-2:型号为 KP100-3 的晶闸管,维持电流 $I_H=4\text{ mA}$,问教科书习题 1-2 用图 1-24 中的电路是否合理?为什么?(不考虑电压、电流的裕量。)

解:将电路重画,如图 1-1 所示。

画该图电路的目的是通过该例巩固维持电流和擎住电流的概念。

晶闸管擎住电流 I_L 一般为维持电流的几倍,本题给出的晶闸管维持电流 I_H 为 4 mA ,那么擎住电流必定要在 10 mA 之上。而图 1-1 所给的数据表明,即使晶闸管被触发导通,其阳极电流 $I_a=\frac{100}{50}=2\text{ (mA)}$,远小于擎住电流,也小于维持电流;而门极信号通常是脉冲信号。显而易见,晶闸管不可能维持导通。所以,电路中元件参数选择不合理的。

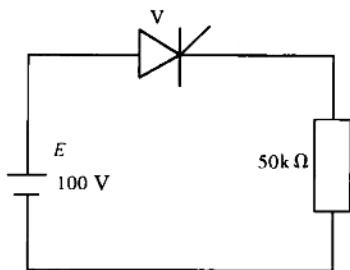


图 1-1 例 1-2(a)用图

图 1-2 主要是加强对晶闸管型号的含义及额定电压、额定电流的理解。

本例中所给的晶闸管型号为 KP100-3,说明管子的额定电压 $U=300\text{ V}$,额定电流 $I=$

100 A。

图示数据表明,晶闸管通过的最大电流有效值 $I_{V1} = \frac{I_m}{2}$ (半波整流),

$$i = \frac{U}{R} = \frac{220 \sqrt{2} \sin \omega t}{10} = 22 \sqrt{2} \sin \omega t = I_m \cdot \sin \omega t$$

$$\text{所以 } I_{V1} = \frac{I_m}{2} = 15.56 \text{ (A)}$$

而晶闸管允许通过的电流有效值为:

$$1.57 \times 100 = 157 \text{ (A)}$$

显然,此值远远大于实际通过晶闸管电流有效值,电流条件得到满足。

从另一方面看,晶闸管可能承受的最大电压:

$$U_{vm} = 220 \sqrt{2} = 310 \text{ (V)}$$

大于管子的额定电压 300 V,将导致管子的击穿,这是不行的,故不合理。

而从图 1-3 来看,情况又有所变化。

该图所示晶闸管可能通过的最大电流有效值 $I_{V1} = \frac{150}{1} = 150 \text{ (A)}$,这小于晶闸管的额定电流有效值 $1.57 \times 100 = 157 \text{ (A)}$;

晶闸管可能承受的最大电压 $U_{vm} = 150 \text{ V}$,小于晶闸管的额定电压 300 V,在不考虑电压、电流裕量的前提下,可以正常工作,故合理。

例 1-3:在图 1-4 所示的电路中, $E = 50 \text{ V}$, $R = 0.5 \Omega$, $L = 0.5 \text{ H}$,晶闸管的擎住电流为 15 mA。要使晶闸管导通并得以维持,门极触发电流脉冲的宽度至少应为多少?

解:从电路理论学习中我们知道,在大电感回路中,当晶闸管 V 导通后,主电路电流将按下面的公式上升:

$$L \cdot \frac{di}{dt} + Ri = E$$

$$\text{即: } i = \frac{E}{R} \cdot (1 - e^{-\frac{R}{L}t})$$

晶闸管要维持导通状态,就需在触发信号——电流脉冲结束时,主电路电流达到擎住电流以上。将已知值代入上式有:

$$\frac{E}{R} \cdot (1 - e^{-\frac{R}{L}t}) \geq I_L$$

$$\frac{50}{0.5} (1 - e^{-t}) \geq 15 \times 10^{-3}$$

利用近似公式 $e^{-t} \approx 1 - t$,有:

$$t \geq 15 \times 10^{-5} = 150 \text{ (}\mu\text{s)}$$

即脉冲宽度要大于 150 微秒才能维持导通。

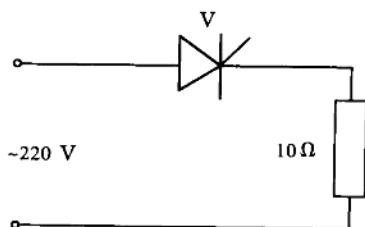


图 1-2 例 1-2(b)用图

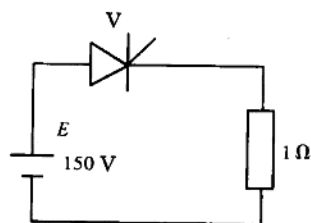


图 1-3 例 1-2(c)用图

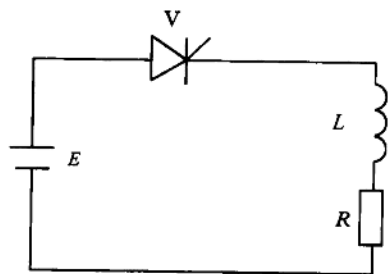


图 1-4 例 1-3 用图

例 1-4: 图 1-5 所示电路, 阳极电源为交流电压, 门极电源为直流电压, 门极的开关 K 在 t_1 时刻闭合, t_4 时刻断开, 求负载电阻 R_d 上的电压波形。

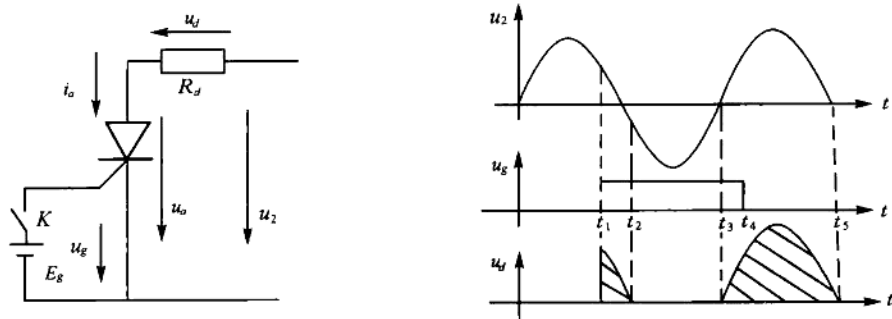


图 1-5 例 1-4 电路及电压波形

解: 通过本题学习, 掌握晶闸管的导通条件。

(1) $(0 \sim t_1)$ 区间内, $u_a > 0$, 晶闸管承受了正向阳极电压, 具备了导通的必要条件; 但此时 K 没有闭合, 门极 $u_g = 0$, 不具备导通的充分条件, 晶闸管处于正向阻断状态。负载 R_d 上没有电流通过, $u_d = 0$ 。

(2) $(t_1 \sim t_2)$ 区间内, 仍 $u_a > 0$, 晶闸管承受正向阳极电压; 在 t_1 时刻, 开关 K 闭合, 门极也承受正向电压, 满足导通的必要与充分条件, 晶闸管导通。导通后, 晶闸管压降很小, 约 $1V$ 左右, 故略去不计, 则负载电压 $u_d \approx u_a$, 如图中 $(t_1 \sim t_2)$ 区间的阴影所示。到达 t_2 时刻, 因为 $U_a = 0$, 使晶闸管阳极电流小于维持电流而关断。

(3) $(t_2 \sim t_3)$ 区间内, $u_a < 0$, 晶闸管承受反向阳极电压, 即使此时 $u_g > 0$, 仍不能导通, 晶闸管处于反向阻断状态, $u_d = 0$ 。

(4) $(t_3 \sim t_4)$ 区间内, $u_a > 0$, $u_g > 0$, 晶闸管重新承受正向阳极电压, 同时门极继续维持正向门极电压, 晶闸管处于导通状态。负载电压 $u_d \approx u_a$, 如图中 $(t_3 \sim t_4)$ 区间阴影区波形所示。

(5) $(t_4 \sim t_5)$ 区间内, $u_a > 0$, 但在 t_4 时刻开关 K 的断开, 使得 $u_g = 0$ 。由于 t_4 时刻之前晶闸管已经导通, 此时门极对元件的通、断已经无控制作用, 晶闸管继续导通, 直至 t_5 时刻 $u_a = 0$, 晶闸管阳极电流小于维持电流时而关断为止。这样在 $(t_4 \sim t_5)$ 区间内, 负载电压 u_d 的波形是一个 u_a 的完整半周波波形。

电路的电压波形如图 1-5 中右边所示。

例 1-5: 图 1-6 中阴影部分表示晶闸管导电区间, 各波形的电流最大值均为 I_m , 周期为 2π , 试计算各波形电流的平均值、有效值和波形系数。如果晶闸管的额定电流为 $100A$, 在不考虑安全裕量的情况下, 晶闸管允许通过的平均电流各为多少?

解: 通过本题要掌握求解电流平均值、电流有效值的方法, 进一步理解电流有效值相等原则, 考虑允许通过电流。

由于电流波形不同, 求出的电流平均值 I_d 、电流有效值 I 也不同。由波形系数定义可知, 电流平均值和电流有效值之间的关系靠波形系数联系在一起, 因此各图的波形系数也不一样。

解题的步骤如下:

(1) 求出电流平均值与电流最大值的关系

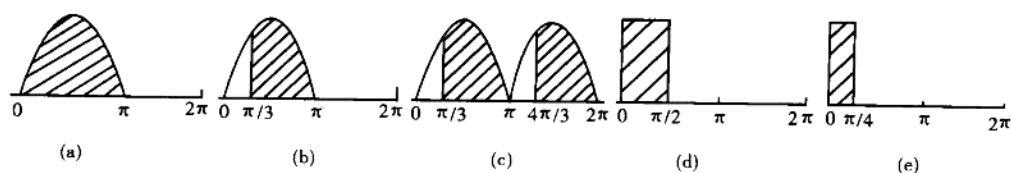


图 1-6 例 1-5 用图

$$I_{dn} = \frac{1}{2\pi} \int_a^b i d(\omega t)$$

式中: a, b 为晶闸管的导通区间, 而 i 为电流表达式。

(2) 求出电流有效值与电流最大值的关系

$$I_n = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_a^b i^2 d(\omega t)}$$

(3) 按 $K_{fn} = \frac{I_n}{I_{dn}}$ 求出波形系数

(4) 按电流有效值相等原则, 求出 $I_{v1} = 100$ A 的晶闸管允许通过的平均电流 I_{dTn} , 即:

$$1.57 \times I_{v1} = K_f \cdot I_{dTn}$$

$$I_{dTn} = \frac{1.57 \times 100}{K_f}$$

计算结果列表如下:

图 号	I_d	I	K_f	I_{dT}
a	$0.32I_m$	$0.5I_m$	1.57	100
b	$0.24I_m$	$0.45I_m$	1.88	84
c	$0.48I_m$	$0.63I_m$	1.32	119
d	$0.25I_m$	$0.5I_m$	2	78.5
e	$0.13I_m$	$0.35I_m$	2.83	55.5

通过本题上面各图的计算, 其结果再一次证明:

(1) 晶闸管导通时间越长, K_f 越小, 则允许通过的平均电流值越大。

(2) 当 $K_f > 1.57$ 时, 晶闸管允许通过的平均电流小于管子的额定电流; 而 $K_f < 1.57$ 时则大于额定电流。

(3) 将图(b)与(c)、(d)与(e)的波形和计算结果两两相比较一下, 就可以看出: 流过晶闸管的电流波形在一个周期内, 当波形重复出现使波形面积增加到 2 倍时, 电流平均值也增加到 2 倍, 有效值只增加到 $\sqrt{2}$ 倍, K_f 却减小到 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍; 反之亦然。

将上述关系推广到波形重复出现 m 次, 则:

$$I_{dm} = \frac{1}{2\pi} \int_a^b m \cdot i d(\omega t) = m \cdot I_d$$

$$I_m = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_a^b m^2 i^2 d(\omega t)} = \sqrt{m} I$$

$$K_{fm} = \frac{I_m}{I_{dm}} = \frac{1}{\sqrt{m}} K_f$$

式中: I_d 、 I 、 K_f 为单个波形在一个周期内的平均值、有效值和波形系数。

I_{dm} 、 I_m 、 K_{fm} 为在一个周期内单个波形重复出现 m 次的平均值、有效值、波形系数。

上述关系也可适用于电压波形。

1.3 习题与思考题

1. 下列图中所示的各符号代表何种电力电子器件? 请准确写出它们的名称。

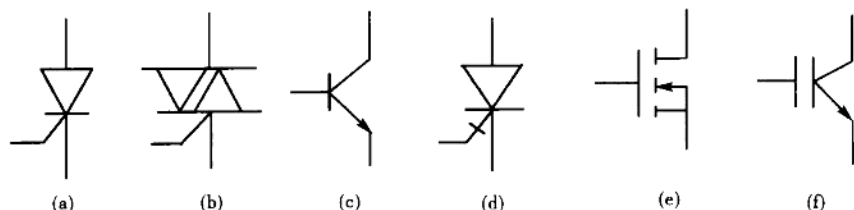


图 1-7 习题 1-1 用图

2. 电力电子器件有下列文字符号, 试述其意义及概述其特性。

(1) SCR (2) GTD (3) GTR

(4) MOSFET (5) IGBT (6) MCT

3. 试画出晶闸管的阳极伏安特性曲线, 并说明其特性。

4. 从晶闸管的门极伏安特性曲线(教科书中图 1-7)试说明 AD、DE、EF、FG、GC、ABC 各曲(折)线的意义。

在以下 3 题的 [] 内, 填入适当的回答。

5. 晶闸管在控制极无电流时, 与硅整流二极管的 [] 特性相同, 可是一当流过某一大小的控制极电流便 []。如果要使它 [], 可以加 [] 使 [] 电流降到维持电流以下。

6. 可关断晶闸管 [] 利用正负控制极电流来产生 [] 和 [] 两种动作。通常, 它的关断增益只有 [] 左右。目前, 它正应用于 []、斩波回路中。

7. 绝缘栅双极型功率晶体管 [] 是兼备功率场效应管的 []、高速开关特性和 GTR 的大电流 [] 特性于一体的 [] 器件。其基本结构相当于一个由 MOSFET 驱动的 [] GTR。

8. 晶闸管导通后移去门极电压, 晶闸管是否还能继续导通? 为什么?

9. 温度升高时, 晶闸管的触发电流、正反向漏电流、维持电流以及正反向转折电压, 各将如何变化?

10. 在夏天工作正常的晶闸管装置到冬天变得工作不正常了的原因可能是什么? 若冬天工作正常的晶闸管正常, 夏天工作却不正常了, 又可能是什么原因?

11. 为什么擎住电流比维持电流要大几倍?

12. 用万用表如何区分晶闸管阳极(A)、阴极(K)、门极(G)? 判断晶闸管的好坏又有哪些简便的方法?

13. 晶闸管元件使用时突然损坏的原因可能有哪些?

14. 晶闸管的门极控制可用哪些信号?

15. 为什么要考虑断态电压上升率 $\frac{dv}{dt}$ 和通态电流上升率 $\frac{di}{dt}$?

1.4 练习答案

T-1-5. 反向、导通、关断、反向压降、正向。

T-1-6. GTO、导通、关断、5、逆变。

T-1-7. IGBT、栅极电压激励、低导通电阻、复合型、厚基区。

T-1-8. 能。晶闸管可看作一个 PNP 型与 NPN 型三极管互联的复合管器件。一旦导通后,即使移去门极电压,复合管中仍保持远大于触发电路的基极电流,使晶闸管继续导通。

T-1-9. 温度升高时,晶闸管的触发电流下降;正、反向漏电流上升;维持电流下降;正向转折电压和反向击穿电压都减小。

T-1-10. 夏天工作正常、冬天工作不正常的原因可能是电路提供的触发电流偏小,夏天勉强能触发,到冬天则就不能满足对触发电流的要求了。冬天正常、夏天不正常的原因可能是晶闸管的维持电流小,冬天勉强能关断,到夏天不容易关断;或者,因所选用的晶闸管电压偏低,到夏天管子转折电压与击穿电压值下降,而造成硬开通或击穿。

T-1-11. 晶闸管刚导通时,在硅片结面上只有靠近门极附近的区域导通。触发脉冲结束后,要使导通区域继续扩大到整个结面所需要的电流,比维持电流要大得多才行,所以擎住电流应大于维持电流好几倍。

T-1-12. 可用万用表测量晶闸管三个极间的电阻。管子阳极、阴极间的正反向电阻接近无穷大。门极与阴极间电阻值约为几百欧姆,并且 G-K 间的阻值,略小于 K-G 间的阻值。

判断晶闸管好坏的方法有:

(1)用万用表初步判断好坏,如上面所讲的各极间阻值情况。

(2)用教科书中实验电路来进行判断。

(3)用晶体管图示仪测量管子的伏安特性。

T-1-13. 引起元件损坏的原因很多,常见有:

(1)电流方面的原因:输出发生短路或过载;过流保护不完善、熔断器规格不对、快速性能不合要求。输出接电容滤波,在触发导通时因电流上升率太大而造成损坏。

(2)电压方面的原因:没有适当的过电压保护,外界因开关操作、雷击等过电压侵入或电路本身因换相造成换相过电压;输出回路突然断开造成过电压。元件特性不稳定,正向电压额定值下降造成正向转折引起损坏;反向电压额定值下降引起反向击穿。

(3)门极方面的原因:门极所加最高电压、电流或平均功率超过允许值;门极和阳极发生短路故障;触发电路有故障,造成加在门极上的电压太高,门极所加反向电压太大。

(4)散热、冷却方面的原因:散热器没拧紧,使温升超过允许值,或风机、水冷停转,使元件温升超过允许值。

T-1-14. 可用尖脉冲、短形脉冲、强触发脉冲。在多相可控整流要求宽脉冲。为了减少门极控制回路电源个数和与各元件阴极的绝缘,通常用高频脉冲列经脉冲变压器供给门极。

T-1-15. 过大的断态电压上升率 $\frac{dV}{dt}$,会造成晶闸管的重新误导通。为此,常加各种 RC