

三相桥式全控整流及单相交流调压 实验装置的研制

陈 强 杨 旭 王兆安

(西安交通大学电气工程学院,西安 710049)

摘 要: 本文结合具体的三相全控整流电路的研制,介绍了以国产集成芯片 KJ004 和 KJ041 为中心的触发电路的工作过程及主电路的工作过程,并介绍了如何只对三相全控整流电路的主电路稍加改造,即可使之成为单相交流调压电路,实现了在一套实验装置下做两套实验。

关键词: 整流电路;调压电路;晶闸管

中图分类号: TG484 文献标识码: B 文章编号: 1002-4956(2002)06-0035-05

1 引言

本文是以西安交通大学电气学院工业自动化教研室研制的实验装置为背景,该实验装置是为配合王兆安老师主编的《电力电子技术》一书所附的教学实验而开发的。本文介绍了晶闸管整流电路和单相调压电路的工作过程。

1947 年美国著名的贝尔实验室发明了晶体管,引发了电子技术的一场革命,从此,以硅二极管为代表的电力电子器件开始应用于电力领域。1957 年美国通用电气公司研制出了第一只晶闸管,晶闸管出现后,由于其优越的电气性能和控制性能,使其很快取代了水银整流器和旋转变流机组,随之其应用范围迅速扩大。70 年代后,门极可关断晶闸管(GTO)、电力双极性晶体管(BJT)和电力场效应晶体管(Power-MOSFET)等全控型器件迅速发展。80 年代后期,以绝缘栅双极型晶体管(IGBT)为代表的复合型器件异军突起,IGBT 是 BJT 和 MOSFET 的复合。它把 MOSFET 的驱动功率小、开关速度快的优点和 BJT 的通态压降低、载流能力大的优点集于一身,性能十分突出,从而成为现代电力电子技术的主导器件。与 IGBT 相对应,MOS 控制晶闸管(MCT)和集成门极换流晶闸管(IGCT)都是 MOSFET 和 GTO 的复合,它们也结合了 MOSFET 和 GTO 的优点。但目前在大功率电力电子装置中,由于电压和电流等级限制了 IGBT 和 MOSFET 的应用,因而晶闸管和 GTO 还占据着十分重要的地位。晶闸管是一种基本电力电子器件,学生通过亲自实践,对掌握它的电气特性和基本电力电子电路的工作原理都大有益处。

2 三相桥式全控整流电路基本原理

目前在各种整流电路中应用最为广泛的是三相桥式整流电路。如图 1 所示:

收稿日期 2002-04-12

作者简介 陈 强(1976—),男,硕士研究生。

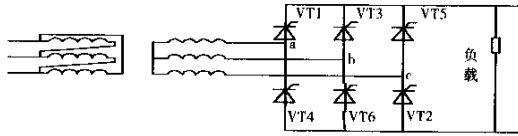


图1 三相桥式全控整流电路原理图

将三相交流电引入上图中的 a, b, c 三点, 整流电路的工作特点在每个时刻有两个晶闸管同时导通, 1 个为共阴极组, 1 个为共阳极组, 6 个晶闸管的脉冲按 VT1、VT2、VT3、VT4、VT5、VT6 的顺序, 相位依次相差 60° , 共阴极组 VT1、VT3、VT5 的脉冲依次差 120° , 共阳极组 VT4、VT2、VT6 也依次差 120° 。这样根据两个晶闸管的导通, 相连接的两相电压差就加在了负载的两端。

3 单相交流调压电路基本原理

在图 2 中 a, b 两点输入交流电压, 对于 VT1、VT2 两个晶闸管加相位差为 180° 的单脉冲, 对于交流电的过零点, 定义单脉冲的触发位置为触发角 α 。在交流电的正半周期, 晶闸管 VT1 在 α 到 π 导通, 向负载供电。在交流电负半周期晶闸管 VT2 在 $\pi + \alpha$ 到 2π 导通, 向负载供电。

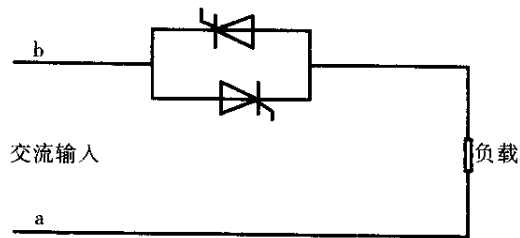


图2 单相交流调压主电路

设交流输入为 $\sqrt{2}U\sin\omega t$

负载侧电压的有效值为：

$$\sqrt{\frac{1}{2} \left[\int_{\alpha}^{\pi} (\sqrt{2}U\sin\omega t)^2 d\omega t + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} (\sqrt{2}U\sin\omega t)^2 d\omega t \right]}$$

化简可得下式：

$$U\sqrt{\frac{2}{\pi} \cdot \left[\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} \right]}$$

从上式可以看到随着 α 的增大, 负载电压的有效值随之减小, 调节 α 的大小, 负载电压就相应的被调节。当 α 为 0 时, 电压有效值为 U , 当 α 为 π 时, 电压的有效值为 0。

4 触发电路和驱动电路

4.1 脉冲形成电路

同步信号由第 8 脚引入, 第 1 脚和第 15 脚可产生相位相差 180° 的两路输出, 调节电位器可调节输出脉冲的相位。偏置电压 U_i ($-15V$ 到 $0V$ 可调), U_{C0} ($0V$ 到 $+15V$ 可调) 和锯齿波分别由接 $10k$ 的电阻后接入第 9 脚。当调节 U_p 和 U_{C0} 的电压时, 也可调节脉冲的相位。

当有同样的 3 组电路, 分别接入三相交流电的 a, b, c 三相时, 在每个 KJ004 的 1 脚和 15 脚就会分别产生对应于相应同步信号的两路相位差为 180° 触发脉冲。

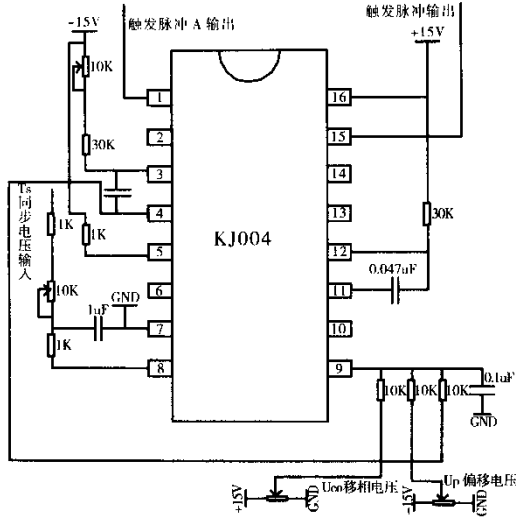


图3 KJ004 单脉冲形成电路

4.2 单双脉冲的形成和脉冲放大电路

对于 KJ041 电路, 脉冲由引脚 1 至 6 输出, 相应脉冲从引脚 10 至 15 输出, 在引脚 7 处, 由开关控制输入 +15V 或是 0V, 当引脚 7 接 0V 时, 可控制 KJ041 产生双脉冲, 当引脚 7 接 +15V 时, 芯片闭锁, KJ004 产生的单脉冲经二极管和电阻后直接加到 TIP122 的基极上。这样通过开关的控制, 就可分别产生适应单相调压电路和三相整流电流的脉冲。输出脉冲加在复合三极管的基极上, 三极管的集电极接到脉冲变压器上。

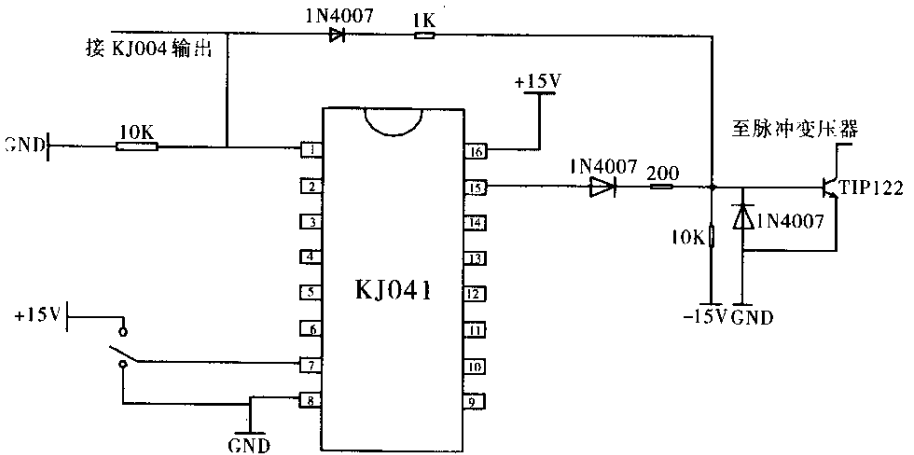


图4 KJ041 单双脉冲形成及驱动电路

4.3 脉冲变压器电路

TIP122 的集电极接到脉冲变压器的一端, 在输出端产生加在晶闸管门极和阴极的触发信号。加脉冲变压器是为了控制电路和主电路隔离及经过变压后产生触发晶闸管合适脉冲。

4.4 主电路的结构

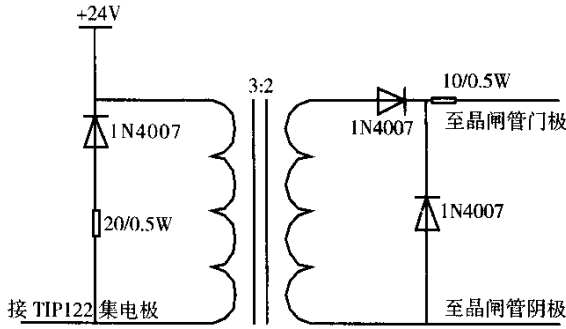


图5 隔离变压器电路

为了缓冲晶闸管关断时的过产生的电压,在晶闸管的阴极和阳极间加电阻和电容串联电路。在做三相桥式全控整流电路实验时,三相电压分别由 a b c 三点接入,上图中的 1 3 5 接在一起 2 4 6 接在一起,作为整流的两个输出端加在负载上。

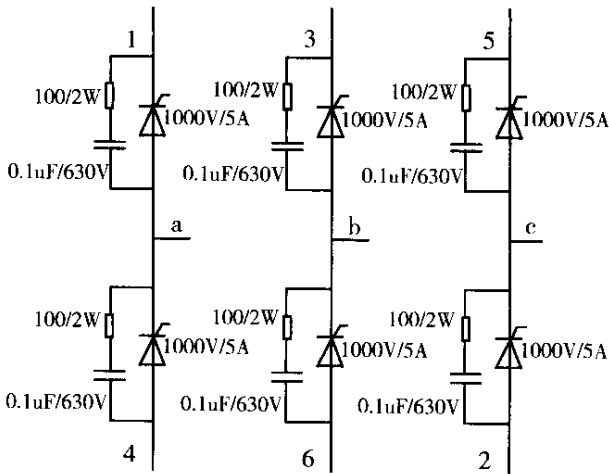


图6 三相桥式全控整流主电路

在做单相调压实验时,将 1 4 接在一起,按下图接入,其中 1 4 的结点和 b 相对应。注意在下图中 a 点接 a 相电压,另一输入端接 c 相电压。

因为在本实验装置中,单相调压电路和三相桥式全控整流电路公用一块控制电路,桥式电路的触发是以自然换向点为参考的,对于单相调压电路要求 0° 触发,用三相桥式整流电路的 a 相桥臂串联后接入上图的电路中,为了不改动控制电路,就要求上图中的交流输入要落后 a 相 30° ,在下面的向量图中很明显看出线电压 U_{ac} 满足落后相电压 U_a 30° ,即可满足在单相调压电路中对触发角 0° 的要求。同理当用 b 或 c 相桥臂串联接入时,也可以很容易根据向量图看出应接入另外那一相的电压。

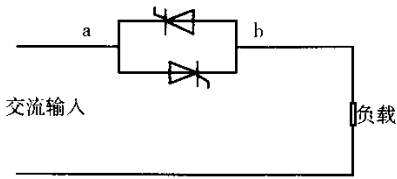


图 7 单相交流调压电路

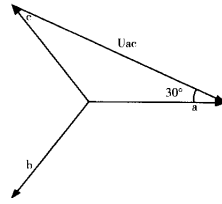


图 8 三相电压向量图

5 实验及运行结果

本实验装置自 2001 年秋季在西安交通大学电气学院工业自动化教研室电力电子变流技术实验室供本科生实验以来,至今运行良好。三相桥式全控整流电路和单相调压的电压输出波形如图 9 所示。

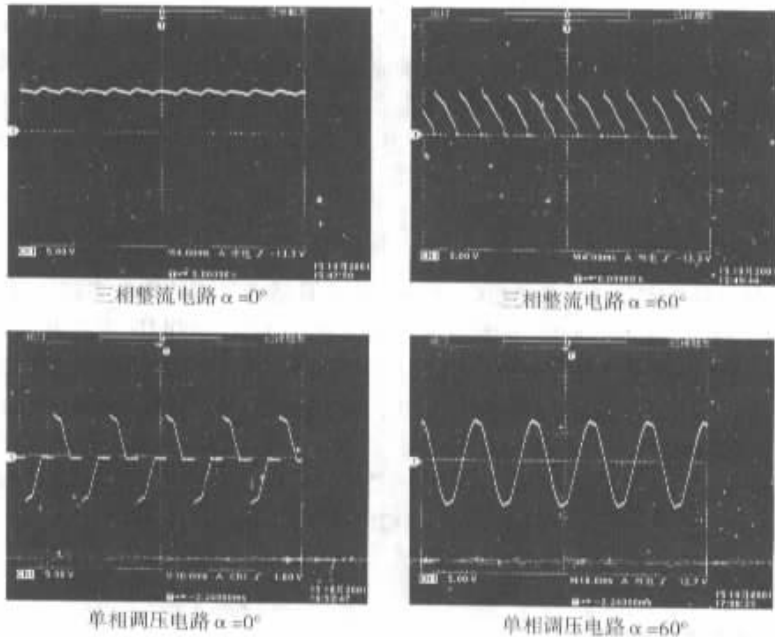


图 9 三相桥式全控整流电路和单相调压电路输出波形图

[参考文献]

- [1] 王兆安, 黄俊. 电力电子技术(第 4 版) [M]. 机械工业出版社, 2000.
- [2] 莫正康. 晶闸管变流技术 [M]. 机械工业出版社, 1985.