

## 实验一 锯齿波同步移相触发电路实验

### 一. 实验目的

1. 加深理解锯齿波同步移相触发电路的工作原理及各元件的作用。
2. 掌握锯齿波同步触发电路的调试方法。

### 二. 实验内容

1. 锯齿波同步触发电路的调试。
2. 锯齿波同步触发电路各点波形观察，分析。

### 三. 实验线路及原理

锯齿波同步移相触发电路主要由脉冲形成和放大，锯齿波形成，同步移相等环节组成，其工作原理可参见“电力电子技术”有关教材。

### 四. 实验设备及仪器

1. 教学实验台主控制屏
2. NMCL—33 组件
3. NMCL—05(A)组件或 NMCL—36 组件
4. NMEL—03 组件
5. 二踪示波器
6. 万用表

### 五. 实验方法

2. 合上主电路电源开关，并打开 MCL—05 面板右下角的电源开关。用示波器观察各观察孔的电压波形，示波器的地线接于“7”端。

同时观察“1”、“2”孔的波形，了解锯齿波宽度和“1”点波形的关系。

观察“3”~“5”孔波形及输出电压  $U_{G1K1}$  的波形，调整电位器 RP1，使“3”的锯齿波刚出现平顶，记下各波形的幅值与宽度，比较“3”孔电压  $U_3$  与  $U_5$  的对应关系。

#### 3. 调节脉冲移相范围

将 NMCL—31 的“G”输出电压调至 0V，即将控制电压  $U_{ct}$  调至零，用示波器观察  $U_2$  电压（即“2”孔）及  $U_5$  的波形，调节偏移电压  $U_b$ （即调 RP），使  $\alpha=180^\circ$ 。

调节 NMCL—31 的给定电位器 RP1，增加  $U_{ct}$ ，观察脉冲的移动情况，要求  $U_{ct}=0$  时， $\alpha=180^\circ$ ， $U_{ct}=U_{max}$  时， $\alpha=30^\circ$ ，以满足移相范围  $\alpha=30^\circ\sim180^\circ$  的要求。

4. 调节  $U_{ct}$ ，使  $\alpha=60^\circ$ ，观察并记录  $U_1\sim U_5$  及输出脉冲电压  $U_{G1K1}$ ， $U_{G2K2}$  的波形，并标出其幅值与宽度。

用导线连接“K1”和“K3”端，用双踪示波器观察  $U_{G1K1}$  和  $U_{G3K3}$  的波形，调节电位器 RP3，使  $U_{G1K1}$

和  $U_{G3K3}$  间隔  $180^\circ$ 。

## 六. 实验报告

1. 整理，记录实验中记录的各点波形，并标出幅值与宽度。
2. 如果要求  $U_{ct}=0$  时， $\alpha=90^\circ$ ，应如何调整？

## 七. 注意事项

1. 双踪示波器有两个探头，可以同时测量两个信号，但这两个探头的地线都与示波器的外壳相连接，所以两个探头的地线不能同时接在某一电路的不同两点上，否则将使这两点通过示波器发生电气短路。为此，在实验中可将其中一根探头的地线取下或外包以绝缘，只使用其中一根地线。当需要同时观察两个信号时，必须在电路上找到这两个被测信号的公共点，将探头的地线接上，两个探头各接至信号处，即能在示波器上同时观察到两个信号，而不致发生意外。

2. 为保护整流元件不受损坏，需注意实验步骤：

- (1) 在主电路不接通电源时，调试触发电路，使之正常工作。
- (2) 在控制电压  $U_{ct}=0$  时，接通主电路电源，然后逐渐加大  $U_{ct}$ ，使整流电路投入工作。
- (3) 正确选择负载电阻或电感，须注意防止过流。在不能确定的情况下，尽可能选择较大的电阻或电感，然后根据电流值来调整。
- (4) 晶闸管具有一定的维持电流  $I_H$ ，只有流过晶闸管的电流大于  $I_H$ ，晶闸管才可靠导通。实验中，若负载电流太小，可能出现晶闸管时通时断，所以实验中，应保持负载电流不小于  $100\text{mA}$ 。
- (5) 本实验中，因用 NMCL—05 组件中单结晶触发电路控制晶闸管，注意须断开 NMCL—33 的内部触发脉冲。

## 实验二 单相半波可控整流电路实验

### 一. 实验目的

1. 了解单相半波可控整流电路的工作原理。
2. 研究单相半波可控整流电路在电阻负载、电阻—电感性负载及反电势负载时的工作。
3. 熟悉 NMCL—05(A)组件或 NMCL—36 组件。

### 二. 实验线路及原理

参见图 1-3。

### 三. 实验内容

1. 单相半波可控整流电路供电给电阻负载。
2. 单相半波可控整流电路供电给电阻—电感性负载。

### 四. 实验设备及仪器

1. 教学实验台主控制屏
2. NMCL—33 组件
3. NMCL—05(A)组件或 NMCL—36 组件
4. NMEL—03 组件
5. NMCL—35 组件
6. 二踪示波器
7. 万用表

### 五. 注意事项

1. 本实验中触发可控硅的脉冲来自 NMCL-05 挂箱（或 NMCL—36 组件），故 NMCL-33 的内部脉冲需断，以免造成误触发。
2. 电阻  $R_D$  的调节需注意。若电阻过小，会出现电流过大造成过流保护动作（熔断丝烧断，或仪表告警）；若电阻过大，则可能流过可控硅的电流小于其维持电流，造成可控硅时断时续。
3. 电感的值可根据需要选择，需防止过大的电感造成可控硅不能导通。
4. NMCL-05（或 NMCL—36）面板的锯齿波触发脉冲需导线连到 NMCL-33 面板，应注意连线不可接错，否则易造成损坏可控硅。同时，需要注意同步电压的相位，若出现可控硅移相范围太小（正常范围约  $30^\circ \sim 180^\circ$ ），可尝试改变同步电压极性。
5. 逆变变压器采用 NMCL—35 组式变压器，原边为 220V，副边为 110V。
6. 示波器的两根地线由于同外壳相连，必须注意需接等电位，否则易造成短路事故。

### 六. 实验方法

### 1. 单相半波可控整流电路供电给电阻负载。

接上电阻负载（可采用两只  $900\Omega$  电阻并联），并调节电阻负载至最大，短接平波电抗器。合上主电路电源，调节  $U_{ct}$ ，求取在不同  $\alpha$  角（ $30^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $90^\circ$ ）时整流电路的输出电压  $U_d=f(t)$ ，晶闸管的端电压  $U_{VT}=f(t)$  的波形，并记录相应  $\alpha$  时的  $U_{ct}$ 、 $U_d$  和交流输入电压  $U_2$  值。

整流电路供电给电阻负载情况下的输入—输出特性  $U_d=f(U_{ct})$ ，触发电路特性  $U_{ct}=f(\alpha)$  及  $U_d/U_2=f(\alpha)$ （不同  $\alpha$  角（ $0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $150^\circ$ 、 $180^\circ$ ）

### 2. 单相半波可控整流电路供电给电阻—电感性负载。

断开平波电抗器短接线，求取在不同控制电压  $U_{ct}$  时的输出电压  $U_d=f(t)$ ，负载电流  $i_d=f(t)$  以及晶闸管端电压  $U_{VT}=f(t)$  波形并记录相应  $U_{ct}$  时的  $U_d$ 、 $U_2$  值。

注意，负载电流不能过小，否则造成可控硅时断时续，可调节负载电阻  $R_P$ ，但负载电流不能超过  $0.8A$ ， $U_{ct}$  从零起调。

改变电感值（ $L=100mH$ ），观察  $\alpha=90^\circ$ ， $U_d=f(t)$ 、 $i_d=f(t)$  的波形，并加以分析。注意，增加  $U_{ct}$  使  $\alpha$  前移时，若电流太大，可增加与  $L$  相串联的电阻加以限流。

## 七. 实验报告

1. 记录单相桥式晶闸管全控整流电路供电给电阻负载情况下，当  $\alpha=（30^\circ、60^\circ、90^\circ）$  时的  $U_d$ 、 $U_{VT}$  波形，并加以分析。

2. 记录单相桥式晶闸管全控整流电路供电给电阻—电感性负载情况下，当  $\alpha=90^\circ$  时的  $U_d$ 、 $i_d$ 、 $U_{VT}$  波形，并加以分析。

3. 作出实验整流电路供电给电阻负载情况下的输入—输出特性  $U_d=f(U_{ct})$ ，触发电路特性  $U_{ct}=f(\alpha)$  及  $U_d/U_2=f(\alpha)$ 。

## 实验三 三相半波可控整流电路的研究

### 一. 实验目的

了解三相半波可控整流电路的工作原理，研究可控整流电路在电阻负载和电阻—电感性负载时的工作。

### 二. 实验线路及原理

三相半波可控整流电路用三只晶闸管，与单相电路比较，输出电压脉动小，输出功率大，三相负载平衡。不足之处是晶闸管电流即变压器的二次电流在一个周期内只有  $1/3$  时间有电流流过，变压器利用率低。

实验线路见图 1-5。

### 三. 实验内容

1. 研究三相半波可控整流电路供电给电阻性负载时的工作。
2. 研究三相半波可控整流电路供电给电阻—电感性负载时的工作。

### 四. 实验设备及仪表

1. 教学实验台主控制屏
2. NMCL—33 组件
3. NMEL—03 组件
4. 二踪示波器
5. 万用表

### 五. 注意事项

1. 整流电路与三相电源连接时，一定要注意相序。
2. 整流电路的负载电阻不宜过小，应使  $I_d$  不超过  $0.8A$ ，同时负载电阻不宜过大，保证  $I_d$  超过  $0.1A$ ，避免晶闸管时断时续。
3. 正确使用示波器，避免示波器的两根地线接在非等电位的端点上，造成短路事故。

### 六. 实验方法

1. 按图接线，未上主电源之前，检查晶闸管的脉冲是否正常。
  - (1) 用示波器观察 MCL-33 的双脉冲观察孔，应有间隔均匀，幅度相同的双脉冲
  - (2) 检查相序，用示波器观察“1”，“2”单脉冲观察孔，“1”脉冲超前“2”脉冲  $60^\circ$ ，则相序正确，否则，应调整输入电源。
  - (3) 用示波器观察每只晶闸管的控制极，阴极，应有幅度为  $1V—2V$  的脉冲。
2. 研究三相半波可控整流电路供电给电阻性负载时的工作  
合上主电源，接上电阻性负载：

(a) 改变控制电压  $U_{ct}$ ，观察在不同触发移相角  $\alpha$  时，可控整流电路的输出电压  $U_d=f(t)$  与

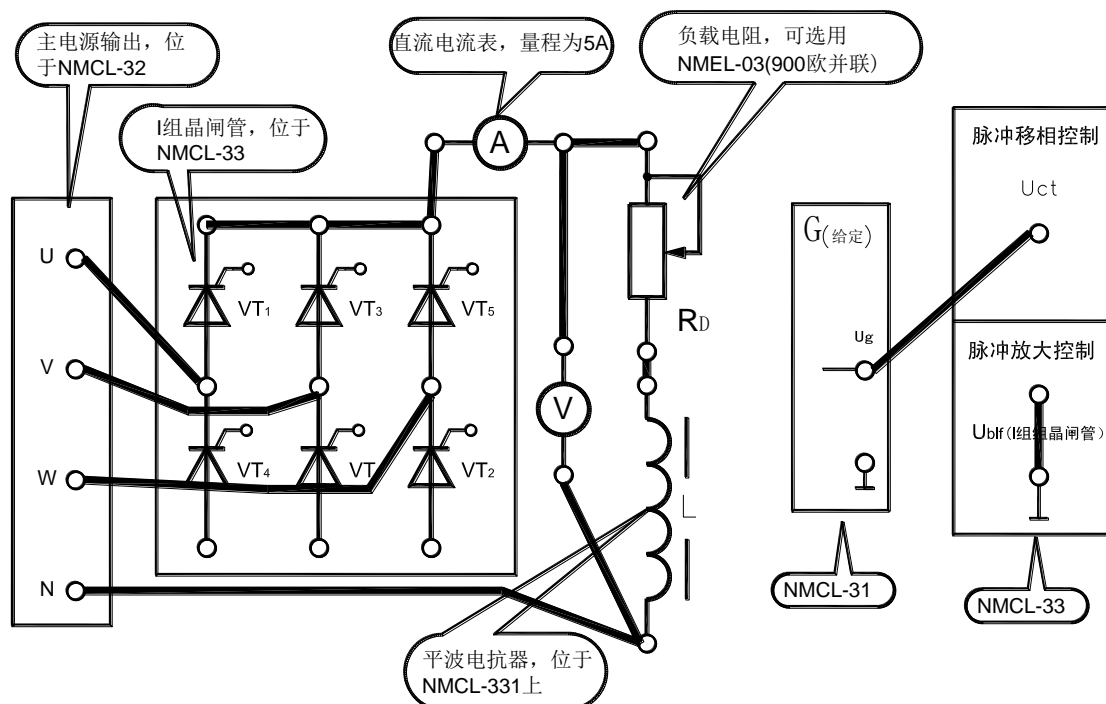


图1-5 三相半波可控整流电路

输出电流波形  $i_d=f(t)$ ，并记录相应的  $U_d$ 、 $I_d$ 、 $U_{ct}$  值。

(b) 记录  $\alpha=90^\circ$  时的  $U_d=f(t)$  及  $i_d=f(t)$  的波形图。

(c) 求取三相半波可控整流电路的输入—输出特性  $U_d/U_2=f(\alpha)$ 。

(d) 求取三相半波可控整流电路的负载特性  $U_d=f(I_d)$

### 3. 研究三相半波可控整流电路供电给电阻—电感性负载时的工作

接入 NMCL—331 的电抗器  $L=700\text{mH}$ ，可把原负载电阻  $R_D$  调小，监视电流，不宜超过  $0.8\text{A}$ （若超过  $0.8\text{A}$ ，可用导线把负载电阻短路），操作方法同上。

(a) 观察不同移相角  $\alpha$  时的输出  $U_d=f(t)$ 、 $i_d=f(t)$ ，并记录相应的  $U_d$ 、 $I_d$  值，记录  $\alpha=90^\circ$  时的  $U_d=f(t)$ 、 $i_d=f(t)$ ， $U_{vt}=f(t)$  波形图。

(b) 求取整流电路的输入—输出特性  $U_d/U_2=f(\alpha)$ 。

## 七. 实验报告

1. 记录本整流电路供电给电阻性负载，电阻—电感性负载时的  $U_d=f(t)$ ， $i_d=f(t)$  及  $U_{vt}=f(t)$ （在  $\alpha=90^\circ$  情况下）波形，并进行分析讨论。

2. 根据实验数据，绘出整流电路**供电给电阻负载情况下**的负载特性  $U_d=f(I_d)$ ，输入—输出特性  $U_d/U_2=f(\alpha)$ 。

## 八. 思考

1. 如何确定三相触发脉冲的相序？它们间分别应有多大的相位差？

## 实验四 单相交流调压电路实验

### 一. 实验目的

1. 加深理解单相交流调压电路的工作原理。
2. 加深理解交流调压感性负载时对移相范围要求。

### 二. 实验内容

1. 单相交流调压器带电阻性负载。
2. 单相交流调压器带电阻—电感性负载。

### 三. 实验线路及原理

本实验采用了锯齿波移相触发器。该触发器适用于双向晶闸管或两只反并联晶闸管电路的交流相位控制，具有控制方式简单的优点。

晶闸管交流调压器的主电路 由两只反向晶闸管组成，见图 1-8。

### 四. 实验设备及仪器

1. 教学实验台主控制屏
2. NMCL—33 组件
3. NMEL—03 组件
4. NMCL-05(A)组件或 NMCL—36 组件
5. 二踪示波器
6. 万用表

### 五. 注意事项

在电阻电感负载时，当 $\alpha < \varphi$ 时，若脉冲宽度不够会使负载电流出现直流分量，损坏元件。为此主电路可通过变压器降压供电，这样即可看到电流波形不对称现象，又不会损坏设备。

### 六. 实验方法

#### 1. 单相交流调压器带电阻性负载

将 NMCL-33 上的两只晶闸管 VT1, VT4 反并联而成交流电调压器，将触发器的输出脉冲端 G<sub>1</sub>、K<sub>1</sub>、G<sub>3</sub>、K<sub>3</sub> 分别接至主电路相应 VT1 和 VT4 的门极和阴极。

接上电阻性负载（可采用两只 900 $\Omega$  电阻并联），并调节电阻负载至最大。

NMCL-31 的给定电位器 RP1 逆时针调到底，使  $U_{ct}=0$ 。调节锯齿波同步移相触发电路偏移电压电位器 RP2，使 $\alpha=150^\circ$ 。

合上主电源，用示波器观察负载电压  $u=f(t)$ ，晶闸管两端电压  $u_{VT}=f(t)$  的波形，调节  $U_{ct}$ ，观察不同 $\alpha$ 角时各波形的变化，并记录 $\alpha=60^\circ$ ， $90^\circ$ ， $120^\circ$ 时的波形。

## 2. 单相交流调压器接电阻—电感性负载

(1) 在做电阻—电感实验时需调节负载阻抗角的大小, 因此须知道电抗器的内阻和电感量。

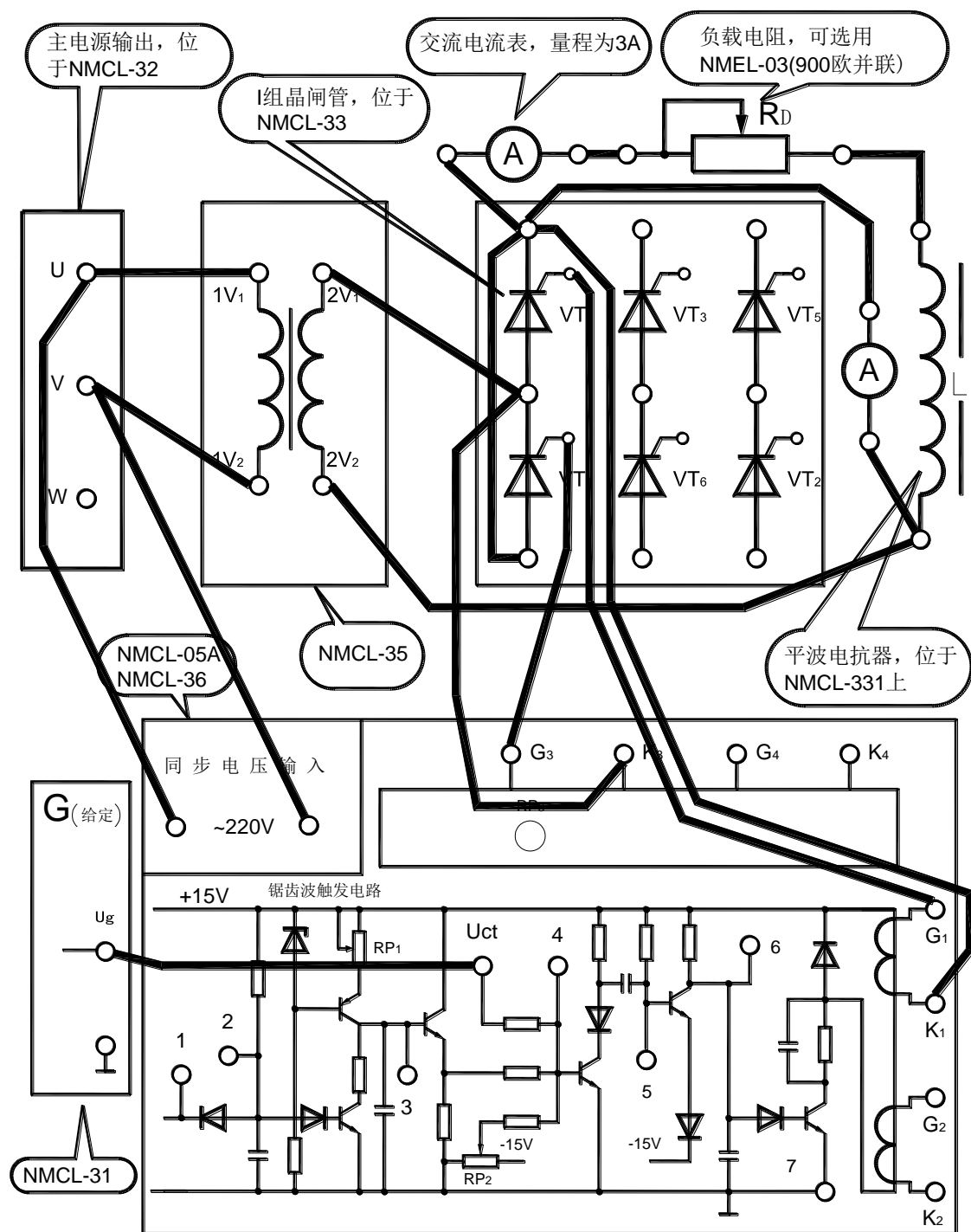


图1-8 单相交流调压电路

可采用直流伏安法来测量内阻，电抗器的内阻为

$$R_L = U_L / I$$

电抗器的电感量可用交流伏安法测量，由于电流大时对电抗器的电感量影响较大，采用自耦调压器调压多测几次取其平均值，从而可得交流阻抗。

$$Z_L = U_L / I$$



电抗器的电感量为

$$L_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2} / (2\pi f)$$

这样即可求得负载阻抗角

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{\omega L_L}{R_d + R_L}$$

在实验过程中，欲改变阻抗角，只需改变电阻器的数值即可。

（2）断开电源，接入电感（ $L=700\text{mH}$ ）。

调节  $U_{ct}$ ，使  $\alpha=45^\circ$ 。

合上主电源，用二踪示波器同时观察负载电压  $u$  和负载电流  $i$  的波形。

调节电阻  $R$  的数值（由大至小），观察在不同  $\alpha$  角时波形的变化情况。记录  $\alpha > \varphi$ ， $\alpha = \varphi$ ， $\alpha < \varphi$  三种情况下负载两端电压  $u$  和流过负载的电流  $i$  的波形。

也可使阻抗角  $\varphi$  为一定值，调节  $\alpha$  观察波形。

注：调节电阻  $R$  时，需观察负载电流，不可大于  $0.8\text{A}$ 。

## 六．实验报告

1. 记录单相交流调压器带电阻性负载的输出电压的波形（ $60^\circ$ ， $90^\circ$ ， $120^\circ$ ）。
2. 记录单相交流调压器带阻感性负载的输出电压的波形和电流的波形（分  $\alpha > \varphi$ ， $\alpha \leq \varphi$  两种情况）。

## 实验五 直流斩波电路的性能研究

### 一. 实验目的

熟悉降压斩波电路（Buck Chopper）和升压斩波电路(Boost Chopper)的工作原理，掌握这两种基本斩波电路的工作状态及波形情况。

### 二. 实验内容

1. SG3525 芯片的调试。
2. 降压斩波电路的波形观察及电压测试。
3. 升压斩波电路的波形观察及电压测试。

### 三. 实验设备及仪器

1. 电力电子教学实验台主控制屏。
2. NMCL-16 组件。
3. NMEL-03 电阻箱 (900Ω/0.41A)。
4. 万用表。
5. 双踪示波器
6. 直流安培表。

### 四. 实验方法

#### 1. SG3525 的调试。

原理框图见图

2—6。

将扭子开关  $S_1$  打向“直流斩波”侧， $S_2$  电源开关打向“ON”，将“3”端和“4”端用导线短接，用示波器观察“1”端输出电压波形应为锯齿波，并记录其波形的频率和幅值。

扭子开关  $S_2$  扳向“OFF”，用导线分别连接“5”、“6”、“9”，用示波器观察“5”端波形，并记录其波形、频率、幅

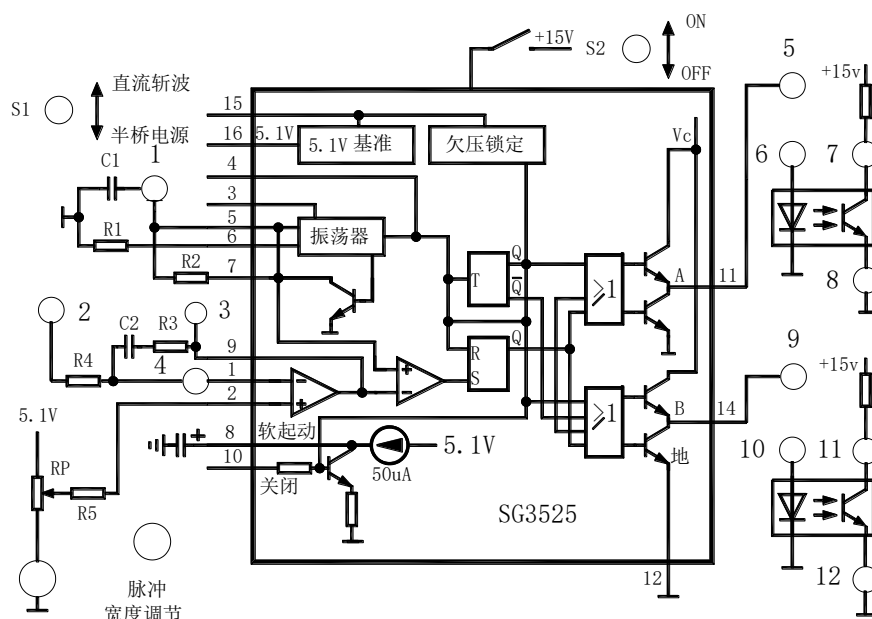


图2—6 PWM波形发生

度, 调节“脉冲宽度调节”电位器, 记录其最大占空比和最小占空比。

$D_{\max} =$   $D_{\min} =$

2. 实验接线图见图 2—7。

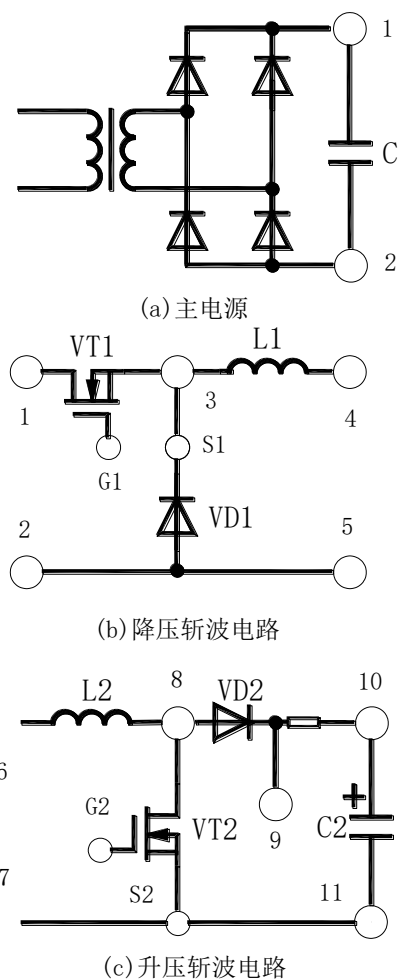


图2-7 直流斩波电路

(1) 切断 NMCL-16 主电源, 分别将“主电源 2”的“1”端和“直流斩波电路”的“1”端相连, “主电源 2”的“2”端和“直流斩波电路”的“2”端相连, 将“PWM 波形发生”的“7”、“8”端分别和直流斩波电路 VT<sub>1</sub> 的 G<sub>1</sub>S<sub>1</sub> 端相连, “直流斩波电路”的“4”、“5”端串联 NMEL-03 电阻箱 (将两组 900Ω/0.41A 的电阻并联起来, 顺时针旋转调至阻值最大约 450Ω), 和直流安培表 (将量程切换到 2A 挡)。

(2) 检查接线正确后, 接通控制电路和主电路的电源 (注意: 先接通控制电路电源后接通主电路电源), 改变脉冲占空比, 每改变一次, 分别观察 PWM 信号的波形, MOSFET 的栅源电压波形, 输出电压、 $u_o$  波形, 输出电流  $i_o$  的波形, 记录 PWM 信号占空比  $D$ ,  $u_i$ 、 $u_o$  的平均值  $U_i$  和  $U_o$ 。

(3) 改变负载  $R$  的值 (注意: 负载电流不能超过 1A), 重复上述内容 2。

(4) 切断主电路电源, 断开“主电路 2”和“降压斩波电路”的连接, 断开“PWM 波形发生”与 VT<sub>1</sub> 的连接, 分别将“直流斩波电路”的“6”和“主电路 2”的“1”相连, “直流斩波电路”的“7”和“主电路 2”的“2”端相连, 将 VT<sub>2</sub> 的 G<sub>2</sub>S<sub>2</sub> 分别接至“PWM 波形发生”的“7”和“8”端, 直流斩波电路的“10”、“11”端, 分别串联 NMEL-03 电阻箱 (两组分别并联, 然后串联在一起顺时针旋转调至阻值最大约 900Ω) 和直流安培表 (将量程切换到 2A

挡)。

检查接线正确后, 接通主电路和控制电路的电源。改变脉冲占空比  $D$ , 每改变一次, 分别: 观察 PWM 信号的波形, MOSFET 的栅源电压波形, 输出电压、 $u_o$  波形, 输出电流  $i_o$  的波形, 记录 PWM 信号占空比  $D$ ,  $u_i$ 、 $u_o$  的平均值  $U_i$  和  $U_o$ 。

(5) 改变负载  $R$  的值 (注意: 负载电流不能超过 1A), 重复上述内容 4。

(6) 实验完成后, 断开主电路电源, 拆除所有导线。

## 五. 注意事项:

(1) “主电路电源 2”的实验输出电压为 15V, 输出电流为 1A, 当改变负载电路时, 注意  $R$  值不可过小, 否则电流太大, 有可能烧毁电源内部的熔断丝。

(2) 实验过程当中先加控制信号, 后加“主电路电源 2”。

(3) 做升压实验时, 注意“PWM 波形发生器”的“S1”一定要打在“直流斩波”, 如果打在“半桥电源”极易烧毁“主电路电源 2”内部的熔断丝。

## 六. 实验报告

1. 记录在某一占空比  $D$  下，降压斩波电路中，MOSFET 的栅源电压波形，输出电压  $u_o$  波形，输出电流  $i_o$  的波形。
2. 绘制降压斩波电路的  $U_o / U_i - D$  曲线。
3. 记录在某一占空比  $D$  下，升压斩波电路中，输出电压  $u_o$  波形和输出电流  $i_o$  的波形。
4. 绘制升压斩波电路的  $U_o / U_i - D$  曲线。

## 实验六 单相交直交变频电路的性能研究

### 一. 实验目的

熟悉单相交直交变频电路的组成，重点熟悉其中的单相桥式 PWM 逆变电路中元器件的作用，工作原理，对单相交直交变频电路在电阻负载、电阻电感负载时的工作情况及其波形作全面分析，并研究工作频率对电路工作波形的影响。

### 二. 实验内容

1. 测量 SPWM 波形产生过程中的各点波形。
2. 观察变频电路输出在不同的负载下的波形。

### 三. 实验设备及仪器

1. 电力电子及电气传动主控制屏。
2. NMCL-16 组件。
3. 电阻、电感元件(NMEL-03、700mH 电感)。
4. 双踪示波器。
5. 万用表。

### 四. 实验原理

单相交直交变频电路的主电路如图 2—8 所示。

本实验中主电路中间直流电压  $u_d$  由交流电整流而得，而逆变部分分别采用单相桥式 PWM 逆变电路。逆变电路中功率器件采用 600V8A 的 IGBT 单管（含反向二极管，型号为 ITH08C06），IGBT 的驱动电路采用美国国际整流器公司生产的大规模 MOSFET 和

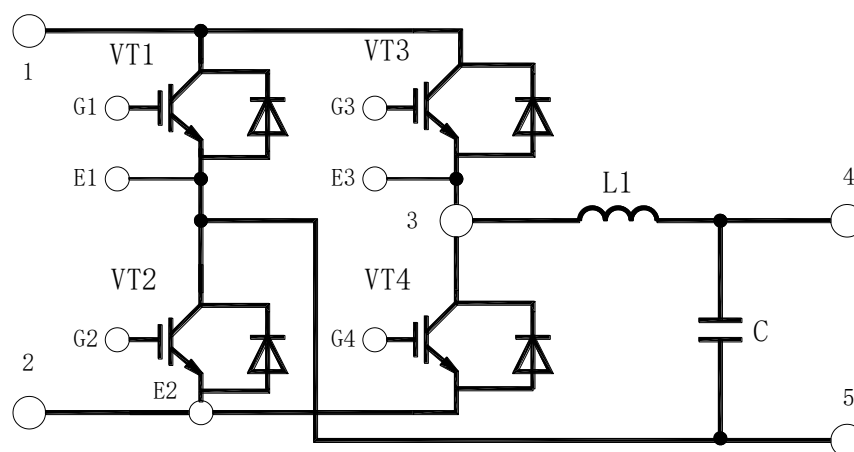


图2—8 单相交直交变频电路

IGBT 专用驱动集成电路 1R2110，控制电路如图 2—9 所示，以单片集成函数发生器 ICL8038 为核心组成，生成两路 PWM 信号，分别用于控制 VT<sub>1</sub>、VT<sub>4</sub> 和 VT<sub>2</sub>、VT<sub>3</sub> 两对 IGBT。ICL8038 仅需很小的外部元件就可以正常工作，用于发生正弦波、三角波、方波等，频率范围 0.001 到 500kHz。

## 五. 实验方法

### 1. SPWM 波形的观察

(1) 观察正弦波发生电路输出的正弦信号  $U_r$  波形 (“2”端与“地”端)，改变正弦波频率调节电位器，测试其频率可调范围。

(2) 观察三角形载波  $U_c$  的波形 (“1”端与“地”端)，测出其频率，并观察  $U_c$  和  $U_r$  的对应关系：

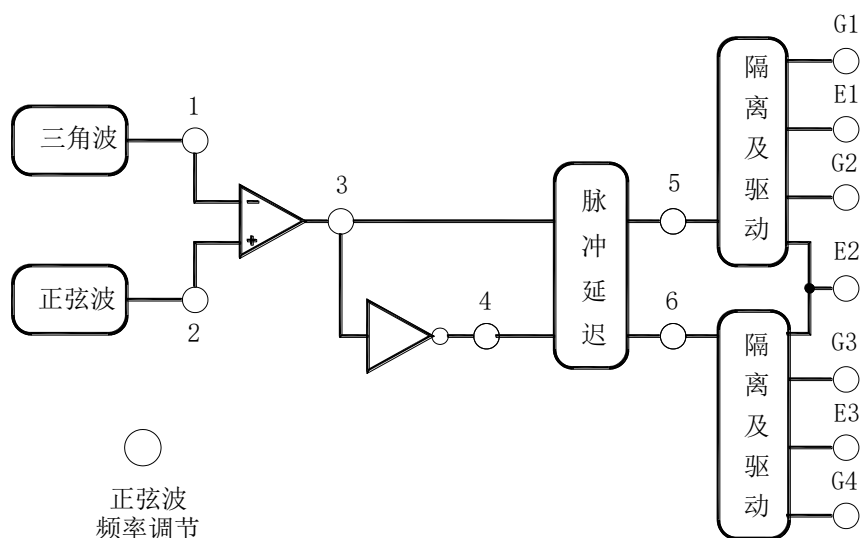


图2--9 SPWM波形发生

(3) 观察经过三角波和正弦波比较后得到的 SPWM 波形 (“3”端与“地”端)，并比较“3”端和“4”端的相位关系。

(4) 观察对  $VT_1$ 、 $VT_2$  进行控制的 SPWM 信号 (“5”端与“地”端) 和对  $VT_3$ 、 $VT_4$  进行控制的 SPWM 信号 (“6”端与“地”端)，仔细观察“5”端信号和“6”端信号之间的互锁延迟时间。

### 2. 驱动信号观察

在主电路不接通电源情况下， $S_3$  扭子开关打向“OFF”，分别将“SPWM 波形发生”的  $G_1$ 、 $E_1$ 、 $G_2$ 、 $E_2$ 、 $G_3$ 、 $E_3$ 、 $G_4$  和“单相交直交变频电路”的对应端相连。经检查接线正确后， $S_3$  扭子开关打向“ON”，对比  $VT_1$  和  $VT_2$  的驱动信号， $VT_3$  SPWM 波形发生器“3”端和  $VT_4$  的驱动信号，仔细观察同一相上、下两管驱动信号的波形，幅值以及互锁延迟时间。

3.  $S_3$  扭子开关打向“OFF”，分别将“主电源 2”的输出端“1”和“单相交直交变频电路”的“1”端相连，“主电源 2”的输出端“2”和“单相交直交变频电路”的“2”端相连，将“单相交直交变频电路”的“4”、“5”端分别串联 MEL-03 电阻箱（将一组  $900\Omega/0.41A$  并联，然后顺时针旋转调至阻值最大约  $450\Omega$ ）和直流安培表（将量程切换到  $2A$  挡）。将经检查无误后， $S_3$  扭子开关打向“ON”，合上主电源（调节负载电阻阻值使输出负载电压波形达到最佳值，电阻负载阻值在  $90\Omega\sim 360\Omega$  时波形最好）。

4. 当负载为电阻时，观察负载电压的波形，记录其波形、幅值、频率。在正弦波  $U_r$  的频率可调范围内，改变  $U_r$  的频率多组，记录相应的负载电压、波形、幅值和频率。

5. 当负载为电阻电感时，观察负载电压和负载电流的波形。

## 六. 注意事项

1. “输出端”不允许开路，同时最大电流不允许超过“1A”。
2. 注意电源要使用“主电源 2”的“15V”电压其他同“直流斩波”电路相同。

## 七. 实验报告

1. 绘制完整的实验电路原理图。（手工绘制）

2. 记录 SPWM 波形发生器“3”端和“4”端的波形。
3. 记录 SPWM 波形发生器 “5”端信号和“6”端的波形，计算出互锁延迟时间。
4. 电阻负载时，记录变频电路输出电压的波形。
5. 电阻电感负载时，记录变频电路输出电压和电流的波形。
6. 将 SPWM 波形发生器“2”端波形与“单相交直交变频电路”的输出波形对比，找出规律。