

电力拖动自动控制系统 实验指导书

郭鸿浩 选编

南京邮电大学自动化学院、人工智能学院
电气工程系
2025 年 3 月

目 录

实验一	晶闸管直流调速系统主要单元参数整定与调试	1
实验二	双闭环晶闸管不可逆直流调速系统	7
实验三	异步电动机变频调速系统	15

实验一 晶闸管直流调速系统主要单元参数整定与调试

一. 实验目的

1. 了解电力电子及电气传动教学实验台的结构及布线情况。
2. 熟悉晶闸管直流调速系统的组成及其基本结构。
3. 掌握晶闸管直流调速系统参数及反馈环节测定方法。

二. 实验内容

1. 测定晶闸管直流调速系统主电路电阻 R
2. 测定晶闸管直流调速系统主电路电感 L
3. 测定直流电动机—直流发电机—测速发电机组（或光电编码器）的飞轮惯量 GD^2
4. 测定晶闸管直流调速系统主电路电磁时间常数 T_d
5. 测定直流电动机电势常数 C_e 和转矩常数 C_M
6. 测定晶闸管直流调速系统机电时间常数 T_M
7. 测定晶闸管触发及整流装置特性 $U_d=f(U_{ct})$
8. 测定测速发电机特性 $U_{TG}=f(n)$

三. 实验系统组成和工作原理

晶闸管直流调速系统由三相调压器，晶闸管整流调速装置，平波电抗器，电动机——发电机组等组成。

本实验中，整流装置的主电路为基于晶闸管构成的三相全桥电路，控制回路可直接由给定电压 U_g 作为触发器的移相控制电压，改变 U_g 的大小即可改变控制角，从而获得可调的直流电压和转速，以满足实验要求。

四. 实验设备及仪器

1. 教学实验台主控制屏。
2. NMCL—33F 组件
3. NMEL—03A/04 组件
4. 电机导轨及测速发电机
5. 直流电动机 M03
6. 数字示波器
7. 万用表

五. 注意事项

1. 由于实验时装置处于开环状态，电流和电压可能有波动，可取平均读数。
2. 为防止电枢过大电流冲击，每次增加 U_g 须缓慢，且每次起动电动机前给定电位器应调回零位，以防过流。
3. 大电流（1A 以上）测量的时间要短，以防电机过热。

4. 数字示波器的两个探头地线（即探头的夹子）通过示波器内部与大地短接，故在使用时，必须使两探头的地线同电位（只用一根地线即可），以免造成短路事故。

六. 实验方法与步骤

以下实验中 NMCL-32 的“三相交流电源”开关拨向“直流调速”。

1. 电枢回路电感 L 的测定

电枢电路总电感包括电机的电枢电感 L_a ，平波电抗器电感 L_L 和整流变压器漏感 L_B ，由于 L_B 数值很小，可忽略，故电枢回路的等效总电感为

$$L = L_a + L_L$$

电感的数值可用交流伏安法测定。电动机应加额定励磁，并使电机堵转，实验线路如图 1-1 所示，实验时，交流电流的有效值应小于电机直流电流的额定值（电机额定值看电机铭牌）。

合上主电源空开，按下主控制屏绿色“闭合”开关按钮，这时候主控制屏 U、V、W 端有电压输出，红绿黄三个指示灯亮，用万用表测量有电压值（交流 220V）。

用交流电压表（或万用表）和交流电流表分别测出通入交流电压后电枢两端和电抗器上的电压值 U_a 和 U_L 及电流 I ，从而可得到交流阻抗 Z_a 和 Z_L ：

$$Z_a = U_a / I$$

$$Z_L = U_L / I$$

结合实验步骤 2 中测得电感电阻 R_L 、电枢电阻 R_a ，以此进一步计算出电感值 L_a 和 L_L 。

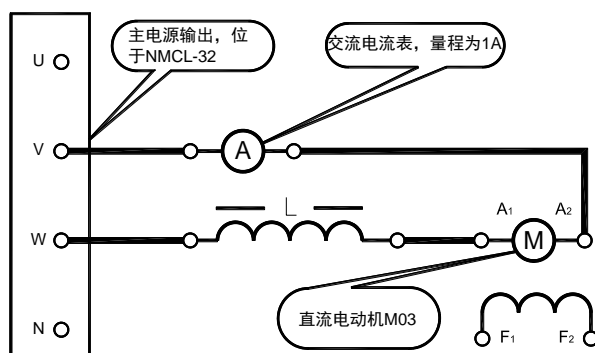
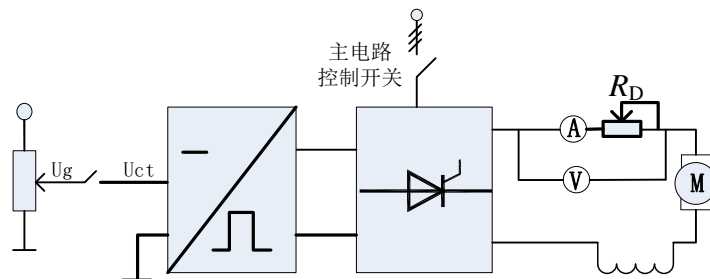


图 1-1 电感 L 的测量

2. 电枢回路电阻 R 的测定

电枢回路的总电阻 R 包括电机的电枢电阻 R_a ，平波电抗器的直流电阻 R_L 和整流装置的内阻 R_n ，即 $R = R_a + R_L + R_n$

为测出总内阻 R ，可采用伏安比较法来测定电阻，其实验线路原理如下图所示。



电阻 R 的测定

实验系统接线如图 1-2 所示，注意此时电压表和电流表用直流表。

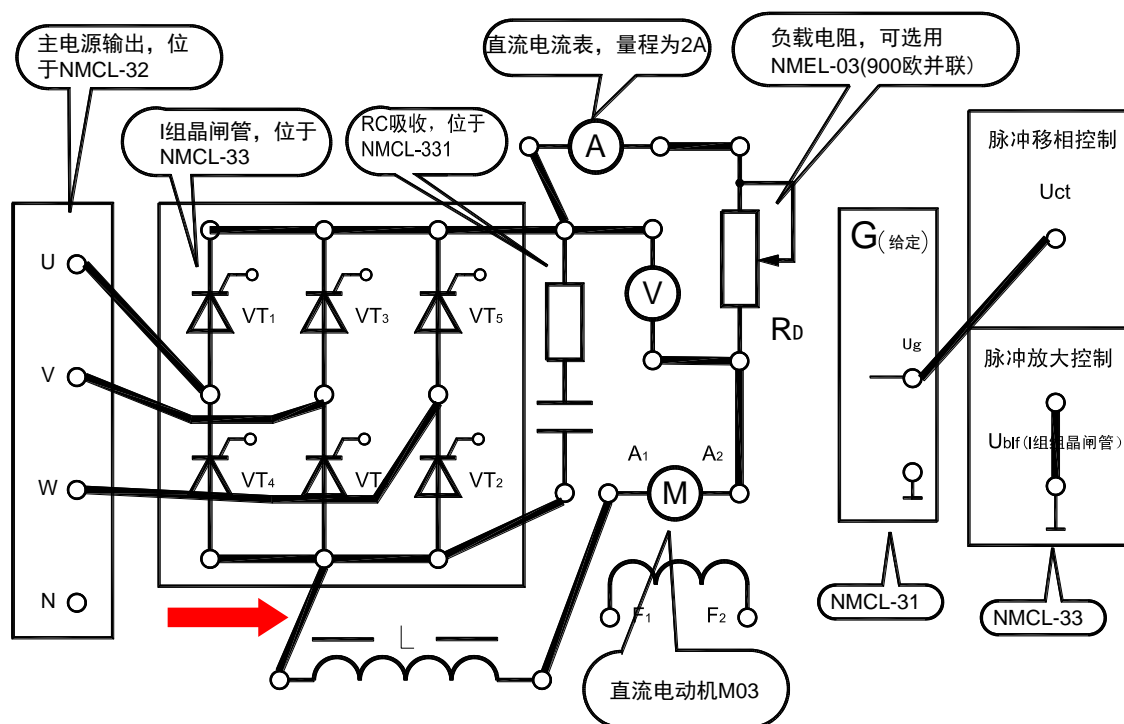
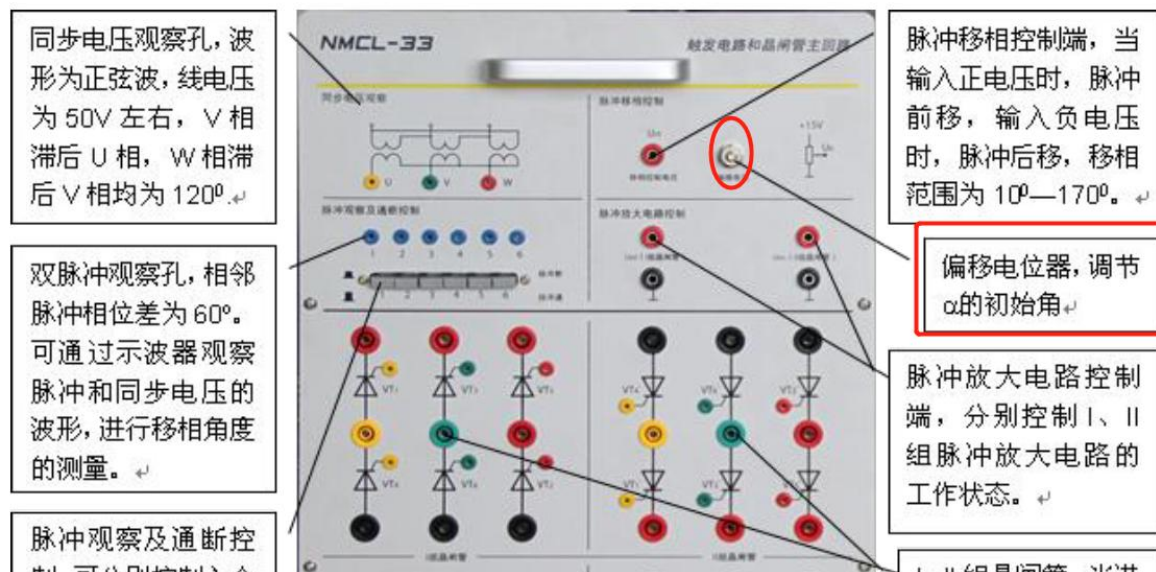


图 1-2 电阻 R 的测量

将变阻器 R_D （可采用两只 900Ω 电阻并联）接入被测系统的主电路，并调节电阻至最大（逆时针旋到底，并用万用表测量阻值是否正确）。测试时电动机不加励磁，若测试时电动机发生旋转，是因为剩磁作用，应使电机堵转（用手握紧电机轴）。

此步非常重要!!! 将整流桥输出只接 RC 滤波器（可将上图中红色箭头所指位置暂时断开），主电路上电，NMCL-31 的给定电位器 RP_1 逆时针调到底，使 $U_g = U_{ct} = 0$ 。调节 NMCL-33 面板上的偏移电压电位器（下图红圈位置）调节初始触发角，使晶闸管整流桥在空载状态下的输出电压为 $0V$ （用万用表直流电压档测量整流桥输出电压）。调零后将电路按照图 1-2 复原。



调节 U_g 使整流装置输出电压 $U_d = (30 \sim 70)\% U_N$ （ U_d 可为 $110V$ ），然后旋转可调电阻 R_D 使电枢电流为 $(80 \sim 90)\% I_N$ （不要超过 $1A$ ），读取电流表 A 和电压表 V 的数值为 I_1 , U_1 ，则此时整流装置的理想空载电压为

$$T_K = - (GD^2/375) \times dn/dt$$

故 $dn/dt = T_K / (GD^2/375)$

式中 GD^2 的单位为 $N \cdot m^2$ 。

T_K 可由空载功率 (P_K 单位为 W) 求出。

$$T_K = 9.55 P_K / n$$

$$P_K = U_d I_K - I_K^2 R$$

dn/dt 可由自由停车时所得曲线 $n=f(t)$ 求得。

步骤:

电动机 M 加额定励磁!!!

NMCL-31A 的给定电位器 RP_1 逆时针调到底, 使 $U_{ct}=0$ 。

合上主电路电源开关, 调节 U_{ct} , 将电机空载起动至稳定转速后, 测取电枢电压 U_d 和电流 I_K , 然后断开 U_{ct} , 用数字示波器拍摄速度曲线, 即可求取某一转速时的 T_K 和 dn/dt 。由于空载转矩不是常数, 可以转速 n 为基准选择若干个 (如 1500r/min, 1000r/min), 测出相应的 T_K 和 dn/dt , 以求取 GD^2 的平均值。

电机为 1500r/min。

U_d (v)	I_K (A)	dn/dt	P_K	T_K	GD^2

电机为 1000r/min。

U_d (v)	I_K (A)	dn/dt	P_K	T_K	GD^2

4. 主电路电磁时间常数的测定

根据已经测出的回路电阻和电感可计算出电磁时间常数。

$$T_l = L_a / R_a$$

5. 电动机电势常数 C_e 和转矩常数 C_m 的测定

将电动机加额定励磁, 使之空载运行, 改变电枢电压 U_d , 测得相应的电枢电流 I_a 和转速 n , 即可由下式算出 C_e

$$C_e = K_e \Phi = (U_d - I_a R_a) / n$$

C_e 的单位为 $V/(r/min)$

转矩常数(额定磁通时) C_m 的单位为 $N \cdot m/A$, 可由 C_e 求出

$$C_m = 9.55 C_e$$

6. 系统机电时间常数 T_m 的测定

系统的机电时间常数可由下式计算

$$T_m = GD^2 \times R / (375 C_e C_m)$$

由于 $T_m \gg T_l$, 也可以近似地把系统看成是一阶惯性环节, 即

$$n = K / (1 + T_m S) \times U_d$$

当电枢突加给定电压时, 转速 n 将按指数规律上升, 当 n 到达 63.2% 稳态值时, 所经过的时间

即为拖动系统的机电时间常数。

测试时电枢回路中附加电阻应全部切除。

NMCL-31A 的给定电位器 RP_1 逆时针调到底，使 $U_{ct}=0$ 。

合上主电路电源开关，电动机 M 加额定励磁。

调节 U_{ct} ，将电机空载起动至稳定转速 1000r/min 。然后保持 U_{ct} 不变，断开主电路开关，待电机完全停止后，突然合上主电路开关，给电枢加电压，用数字示波器拍摄过渡过程曲线，即可由此确定机电时间常数。

7. 晶闸管触发及整流装置特性 $U_d=f(U_{ct})$ 及测速发电机特性 $U_{TG}=f(n)$ 的测定

实验线路如图 1-3 所示。

电动机加额定励磁，逐渐增加触发电路的控制电压 U_{ct} ，分别读取对应的 U_d 、 U_{TG} （测速发电机电压）、 n 的数值若干组，即可描绘出特性曲线 $U_d=f(U_{ct})$ 和 $U_{TG}=f(n)$ 。

U_{ct} (V)					
U_d (V)					
n (r/min)					
U_{TG} (V)					

七. 实验报告

实验报告的内容：

- (1) 实验名称，学生姓名、班级、学号等基本信息；
- (2) 实验目的和实验内容；
- (3) 实验步骤；(接线过程等可简写)
- (4) 给出实验原始记录数据，计算结果，并进行分析（作出实验所得各种曲线，计算有关参数，并对结果的正确性作出判断）；
- (5) 实验心得及其他（调试过程中所遇到的问题，问题解决中得到的经验和体会，进一步改进的设想）。

实验报告的要求：实验完成一周内，以纸质文本形式递交实验报告。实验报告要手写，示波器波形图和接线图可打印粘贴到报告中。书写规范、文字简练、语句通顺、图表清晰。

实验二 双闭环晶闸管不可逆直流调速系统

一. 实验目的

1. 了解双闭环不可逆直流调速系统的原理, 组成及各主要单元部件的原理。
2. 掌握双闭环不可逆直流调速系统的调试步骤, 方法及参数的整定。

二. 实验内容

1. 各控制单元调试
2. 测定电流反馈系数。
3. 测定开环机械特性及闭环静特性。
4. 闭环控制特性的测定。
5. 观察, 记录系统动态波形。

三. 实验要求

1. 要求掌握复杂电气线路的连接, 熟悉双闭环晶闸管不可逆直流调速系统的原理、组成及各主要单元部件的原理
2. 掌握双闭环不可逆直流调速系统的调试步骤、方法及参数的整定。
3. 根据实验数据, 画出系统开环机械特性, 计算静差率, 并与闭环机械特性进行比较。

四. 实验系统组成及工作原理

双闭环晶闸管不可逆直流调速系统由电流和转速两个调节器综合调节, 由于调速系统调节的主要量为转速, 故转速环作为主环放在外面, 电流环作为副环放在里面, 这样可抑制电网电压波动对转速的影响, 实验系统的主功率电路如图 2-1 所示, 控制电路如图 2-3 所示。

系统工作时, 先给电动机加励磁, 改变给定电压的大小即可方便地改变电机的转速。ASR, ACR 均有限幅环节, ASR 的输出作为 ACR 的给定, 利用 ASR 的输出限幅可达到限制起动电流的目的, ACR 的输出作为移相触发电路的控制电压, 利用 ACR 的输出限幅可达到限制 U_c 的目的。

当加入给定 U_g 后, ASR 很快饱和输出, 使电动机以限定的最大起动电流加速起动, 直到电机转速达到给定转速 (即 $U_g=U_n$), 并出现超调后, ASR 退出饱和, 最后稳定运行在给定转速的数值上。

五. 实验设备及仪器

- | | |
|-----------------|---------------|
| 1. 教学实验台主控制屏。 | 2. NMCL—33 组件 |
| 3. NMEL-03/4 组件 | 4. NMCL—18 组件 |
| 5. 电机导轨及测速发电机 | 6. 直流电动机 M03 |
| 7. 数字示波器 | 8. 万用表 |

六. 注意事项

1. 三相主电源连线时需注意, 不可换错相序。

2. 系统开环连接时，不允许突加给定信号 U_g 起动电机
3. 改变接线时，必须先按下主控制屏总电源开关的“断开”红色按钮，同时使系统的给定为零。
4. 进行闭环调试时，若电机转速达最高速（无论正反）且改变控制电压时转速不变，检查转速、电流反馈的极性是否接错。
5. 数字示波器的两个探头地线（即探头的夹子）通过示波器内部与大地短接，故在使用时，必须使两探头的地线同电位（只用一根地线即可），以免造成短路事故。

七. 实验方法与步骤

1. 开环外特性的测定

按照图 2-1 接线，发电机输出接 2 个并联的电阻 R_G ，工作前将电阻逆时针旋到底，保证最大阻值。并将控制信号 U_g 接入 U_{ct} 。

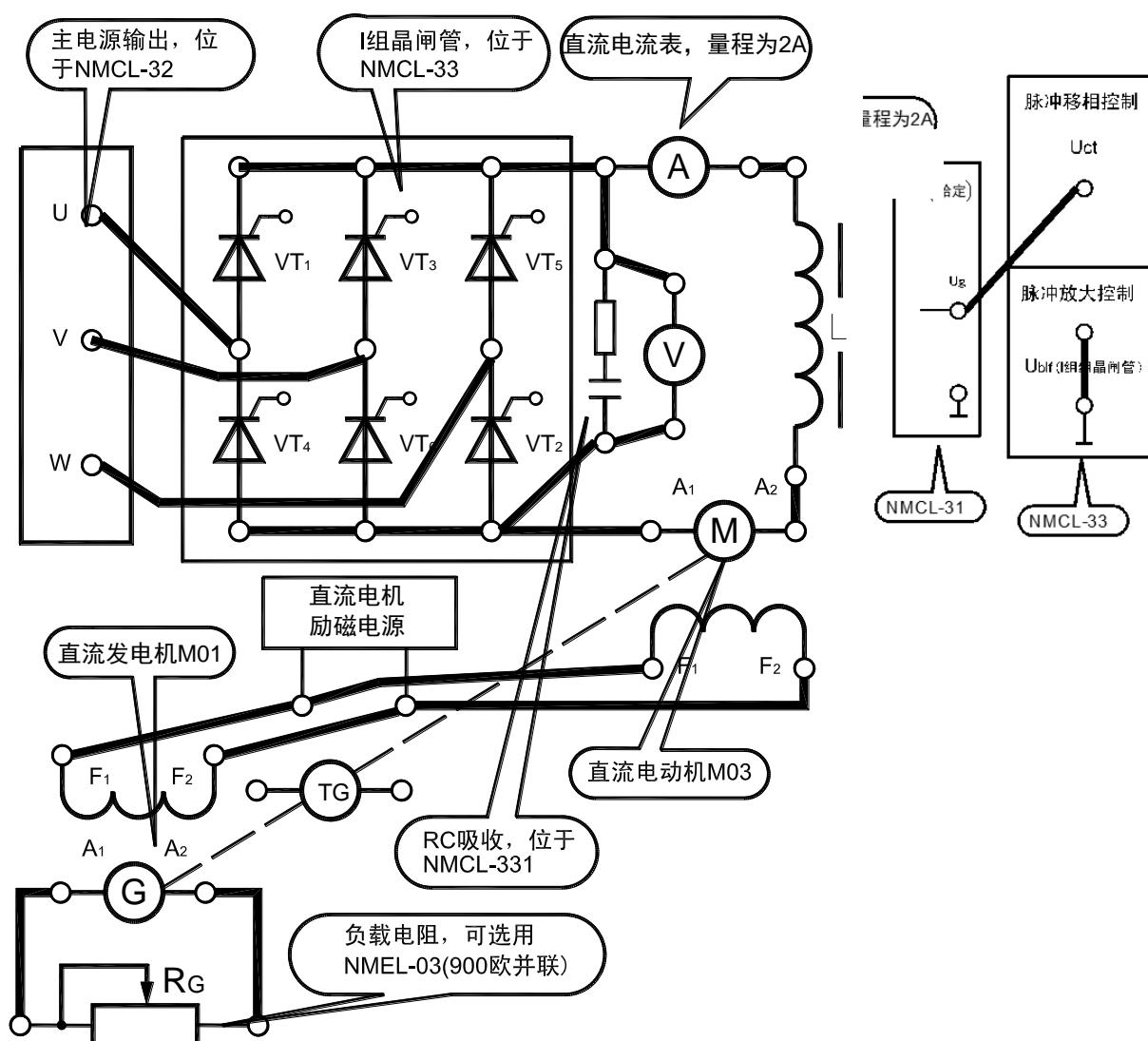


图 2-1 直流调速系统主功率电路接线图

（1）使 $U_g=0$ ，开关 S_1 、 S_2 拨到上方位置（如下图红圈）。暂时断开电流表一端接线（使整流桥输出空载）；断开直流发电机与负载电阻的一端接线（使发电机空载）。



(2) MEL-002T 的“三相交流电源”开关拨向“直流调速”。合上主电源，即按下主控制屏绿色“闭合”开关按钮，这时候主控制屏 U、V、W 端有 220V 电压输出。

(3) 用数字万用表测量晶闸管整流桥输出直流电压，在 U_g 为 0V 时，调节 NMCL-33 挂箱中的“脉冲移相控制”中的“偏移电压”电位器，晶闸管整流桥输出电压尽量接近 0V。此电位器调零后保持不动，后续实验不要再旋了，否则还得重新调零。



(4) 重新接上电流表断开的接线，逐渐增加给定电压 U_g ，使电机起动、升速，调节 U_g 使电机在额定转速下运行（看电机铭牌确认额定转速）。记录此时的转速与电枢电流，计入下表。

(5) 重新接上直流发电机与负载电阻的接线，记录此时的转速与电枢电流，计入下表。调节直流发电机的负载电阻 R_G ，观察直流电流表的变化情况，在额定负载 I_N 范围，再测取 4 点，读取电机转速 n ，电机电枢电流 I_d ，计入下表，即可测出系统的开环外特性 $n=f(I_d)$ 。

$n(r/min)$						
$I(A)$						

注意，每次旋转负载电阻的幅度不要太大，防止发电机和电动机过载。

2. 双闭环调速系统调试原则

- (1) 先部件，后系统。即先将各单元的特性调好，然后才能组成系统。
- (2) 先开环，后闭环，即使系统能正常开环运行，然后在确定电流和转速均为负反馈时组成闭环系统。
- (3) 先内环，后外环。即先调试电流内环，然后调转速外环。
- (4) 先静态，后动态，即先进行静态性能指标测试，再进行动态性能调试。

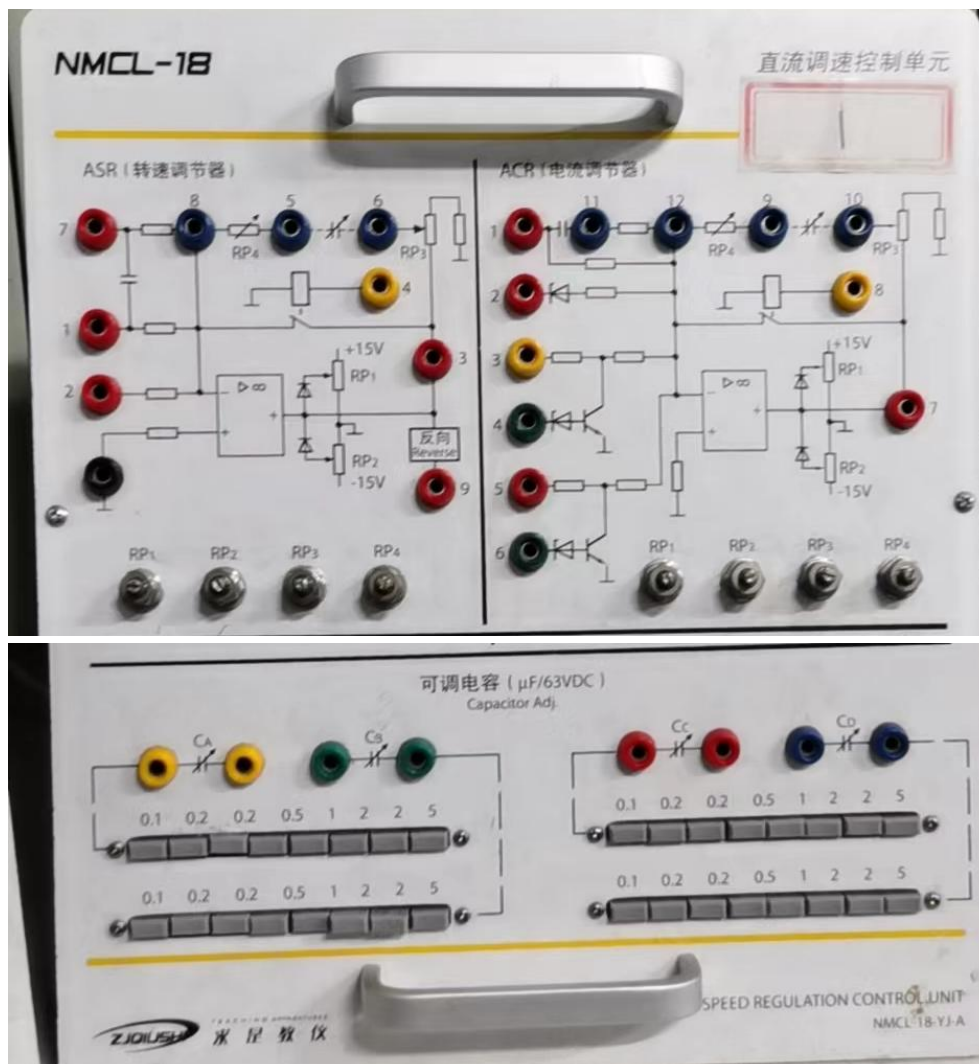
3. 速度调节器 (ASR) 的调试

按图 2-2 接线，DZS(零速封锁器)的扭子开关扳向“解除”。连接零速封锁时，应该能听到继电器

动作的“嘀嗒”声。

(1) 调整输出正、负限幅值限定。

“5”、“6”端 接下面板的可调电容，电容按下 $0.5\mu\text{F}$ 和 $1\mu\text{F}$ ，即两个电容并联（见下图），此时 ASR 调节器为 PI 调节器。加入 $\pm 1\text{V}$ 左右的输入电压（由 NMCL-31 的 G 给定提供，以下同），将 G 给定输出 U_g 接到 ASR 调节器的输入端 2 端。调整速度调节器的正、负限幅电位器 RP_1 、 RP_2 ，使输入 U_g 为正时输出负 5V 、输入 U_g 为负时输出正 5V 。



(2) 测定输入输出特性

(说明：此步骤用于测量转速调节器的比例值大小，比例系数可通过 RP_3 、 RP_4 调节。)

将反馈网络中的电容短接（“5”、“6”端短接），使 ASR 调节器为 P 调节器，向调节器输入端逐渐加入正负电压，测出相应的输出电压，直至输出限幅值，并画出曲线。

(3) 观察 PI 特性

拆除上步中“5”、“6”端电容短接线。突变给定电压（S1 开关），切换给定电压的正负极性。用示波器观察输出电压的变化规律。改变调节器的反馈电容（改变电容开关按下的个数），观察切换电容后输出电压的变化过程较之前发生了什么变化。

记录实验波形并分析原因。

4. 电流调节器（ACR）的调试

按图 2-2 接线，操作步骤与 ASR 类似，具体为

(1) 调整输出正、负限幅值

“9”、“10”端接 MEL-11 挂箱的可调电容，使调节器为 PI 调节器，加入 $\pm 1V$ 左右的输入电压，调整正，负限幅电位器，使输出正负最大值为 $\pm 6V$ 。

(2) 测定输入输出特性

(说明：此步骤用于测量电流调节器的比例值大小，比例系数可通过 RP3、RP4 调节。)

将反馈网络中的电容短接（“9”、“10”端短接），使调节器为 P 调节器，向调节器输入端逐渐加入正负电压，测出相应的输出电压，直至输出限幅值，并画出曲线。

(3) 观察 PI 特性

拆除上步中“9”、“10”端电容短接线，突变给定电压，用示波器观察输出电压的变化规律，改变调节器的反馈电容，观察输出电压的变化。反馈电容由外接电容箱改变数值。

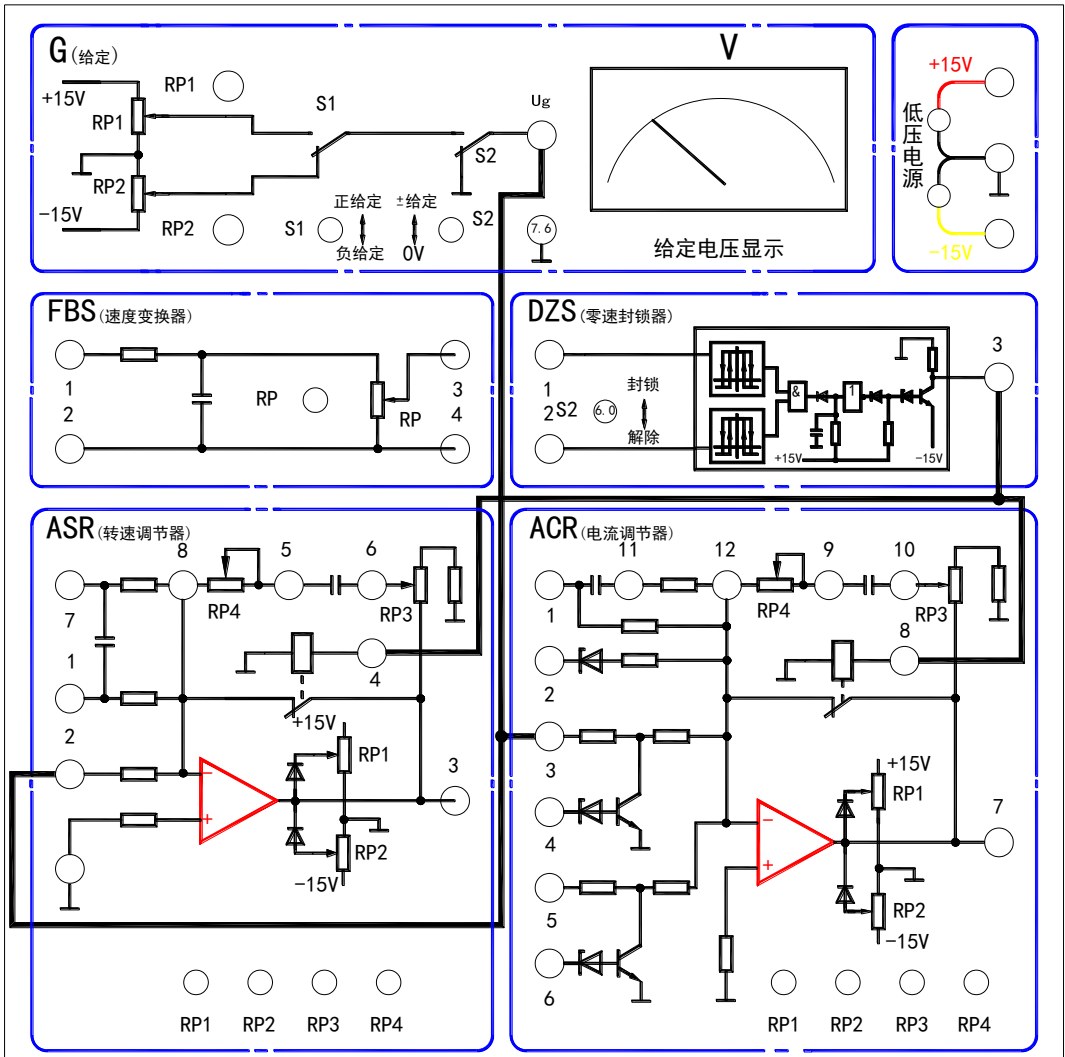


图 2-2 调节器的调试

5. 电流环、转速环系数调试

在实验步骤 1 接线的基础上，将电动机电枢回路串入可调电阻 R_d （需改接线）并调至最大（ R_d 由 MEL—03A 的两只 900Ω 电阻并联）。

(1) 电流环调试

(说明：此步骤用于电流环性能调节与测试。最终效果应达到：给定电流参考值变化，电流会

随之变化；当电流参考值固定时，改变负载电阻，电流保持不变。请思考调节过程，并记录。）

电动机不加励磁，测量额定电流下的反馈电流值（电压量）

(a) 系统开环，即 NMCL-33 中的控制电压 U_{ct} 由 NMCL-31A 中的 G 给定 U_g 直接接入。

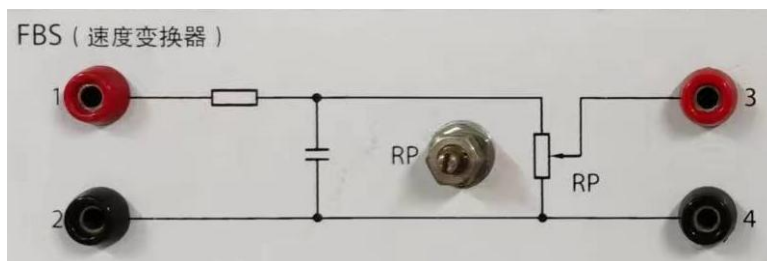
(b) 增加给定电压以提高整流桥输出直流电压值(约 200V)，之后减小串接电阻 R_d ，直至 $I_d=1.1I_{ed}$ (1.1A)，再调节 NMCL-33F 挂箱左下角的电流反馈 I_f 电位器 RP（下图红圈），使电流反馈电压 I_f （下图红圈下方插口）等于速度调节器 ASR 的输出限幅值 5V。



(c) 保持上一步中串接的 900Ω 电阻 R_d 不变，进行电流闭环测试。断开上步 U_g 至 U_{ct} 的接线，NMCL-31A 的 G（负给定）输出电压 U_g 接至 ACR 的“3”端，电流反馈 I_f 接 ACR 的 1 脚，ACR 的输出“7”端接至 U_{ct} ，即系统形成电流单闭环结构。ACR 的“9”、“10”端接可调电容，可预置 $1.5\mu F$ 。之后，逐渐增加给定电压 U_g （负值，绝对值加大），使 U_g 等于 ASR 输出限幅值（-5V），观察主电路电流是否小于或等于 $1.1I_{ed}$ (1A)，如 I_d 过大，则应调整电流反馈 I_f 电位器，使 I_f 增加，直至 $I_d=1.1I_{ed}$ ；如接近或等于 $1.1I_{ed}$ (1A)，则可将 R_d 缓慢持续减小。 R_d 减小的过程中，电流 I_d 应不变化，ACR 输出电压和晶闸管整流器输出直流电压会随着 R_d 的减小而减小，此种状态说明系统已进入电流闭环的自动控制状态。

(2) 速度环的调试

电动机加励磁电源，短接限流电阻 R_d （或将限流电阻从串联回路中拆除，恢复接线）。按照图 2-3 左上角将测试发电机输出电压接至速度变换器（如下图 1、2 点）



系统开环，即断开 ACR 的输出“7”端至 U_{ct} 接线， U_{ct} 改接至给定电压 U_g ， U_g 作为输入给定，逐渐加正给定，当转速到达额定转速时，调节上图中速度反馈电位器 RP，使速度反馈电压为 -5V 左右（如转速为正值，则下电后反接励磁供电极性，使电机反转）。

6. 双闭环系统静特性测试

将 ASR，ACR 均接成 PI 调节器接入系统，形成双闭环不可逆系统，接线图如图 2-3 所示。

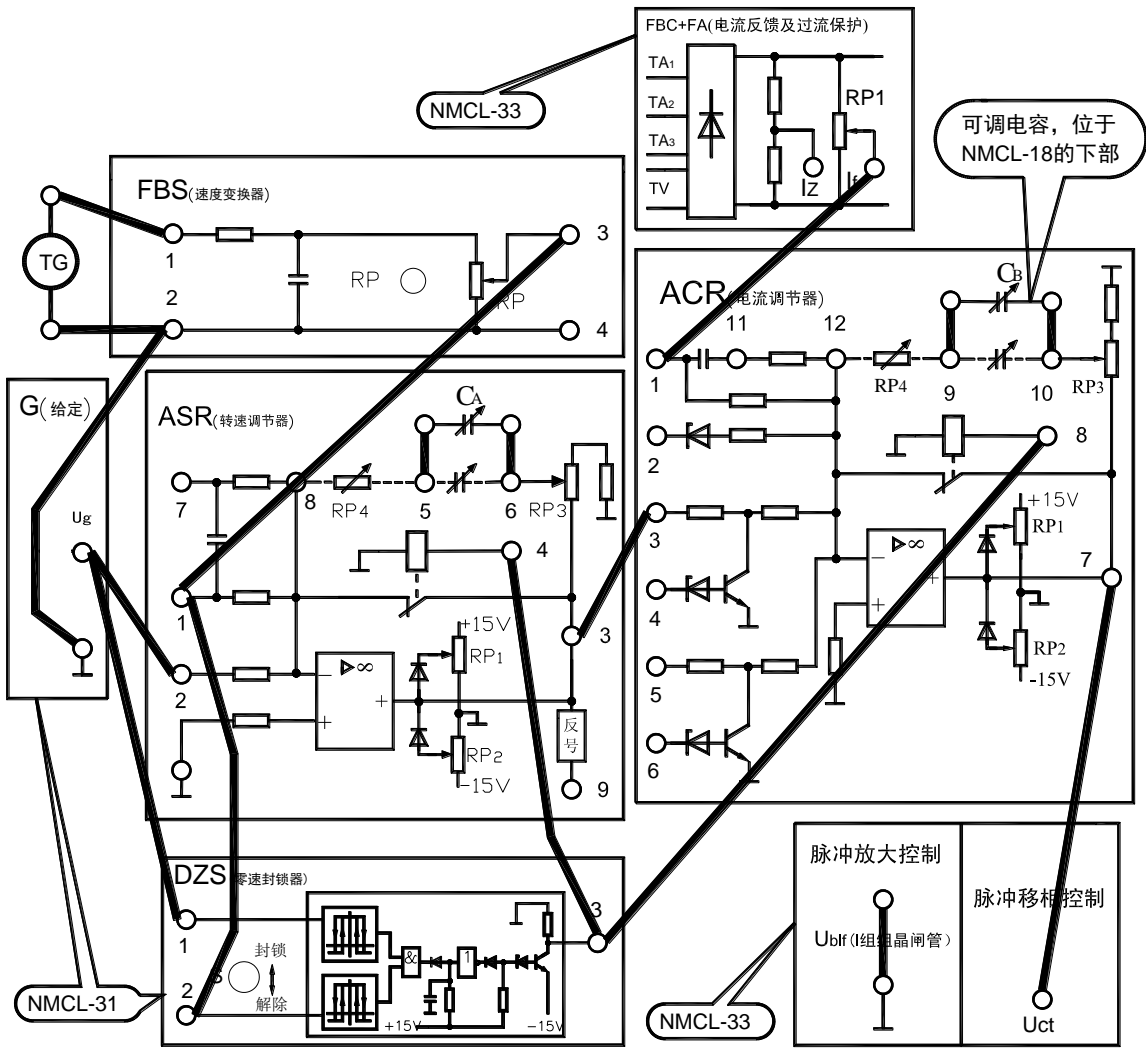


图 2-3 双闭环不可逆直流调速系统的控制回路

机械特性 $n=f(I_d)$ 的测定：

调节转速给定电压 U_g ，使电机空载转速至 1500 r/min，再调节发电机负载电阻 R_d ，在空载至额定负载范围内分别记录 7~8 点，可测出系统静特性曲线 $n=f(I_d)$

n(r/min)						
I(A)						

7. 双闭环系统动态波形的观察

用数字示波器记录动态波形。在不同的调节器参数下，观察，记录下列动态波形：

- (1) 突加给定起动时，电动机电枢电流波形和转速波形。
- (2) 突加额定负载时，电动机电枢电流波形和转速波形。
- (3) 突降额定负载时，电动机电枢电流波形和转速波形。

注：电动机电枢电流波形的观察可通过 ACR 的第“1”端

转速波形的观察可通过 ASR 的第“1”端

八. 实验报告

实验报告的内容：

- (1) 实验名称, 学生姓名、班级、学号;
- (2) 实验目的和实验内容;
- (3) 实验步骤;
- (4) 给出实验原始记录数据, 计算结果, 并进行分析:
 - a、ASR、ACR 为 P 调节器时, 输入与输出的特性曲线;
 - b、ASR、ACR 为 PI 调节器, 突加输入时, 输出电压的变化波形;
 - c、根据实验数据, 画出系统闭环机械特性, 计算静差率, 并与开环机械特性进行比较。
 - d、实验步骤 5. 电流环、转速环系数调试中, (1) 电流环调试分析步骤的 (c) 步骤, R_d 减小的过程中, 电流 I_d 为什么不变化? 此过程中电流环输出、整流器输出电压发生了哪些变化。
 - e、分析由数字示波器记录下来的动态波形。
- (5) 实验心得及其他 (调试过程中所遇到的问题, 问题解决中得到的经验和体会, 进一步改进的设想)。

实验报告的要求: 实验完成一周内, 以纸质文本形式递交实验报告。实验报告要书写规范、文字简练、语句通顺、图表清晰。

实验三 异步电动机变频调速系统

一. 实验目的

1. 了解以 TMS320F2812 为核心构成的全数字控制感应电机变频调速实验系统的软硬件组成。
2. 掌握采用正弦脉宽调制 (SPWM) 和空间矢量脉宽调制 (SVPWM) 的感应电机开环变压变频 (VVVF) 调速系统的工作原理、优缺点及应用场合。
3. 掌握不同控制方式时的系统稳态与动态特性以及有关控制参数变化的影响。

二. 实验内容

1. 熟悉变频调速实验系统的配置与结构, 在此基础上完成实验接线。并通过仔细阅读“MCL-13(V1.1)上位机程序使用说明”, 熟悉在上位机界面上进行实验操作的方法。
2. 采用正弦脉宽调制 (SPWM) 的开环 VVVF 调速系统的实验研究:
 - (1) 分别在不同调制方式 (同步、异步和分段同步) 下, 观测不同调制方式与有关参数变化对系统性能的影响, 作比较研究:
 - ①在同步调制时, 观测载波比变化对不同速度下, 定子磁通轨迹的影响;
 - ②在异步调制时, 观测载波频率变化对不同速度下, 定子磁通轨迹的影响;
 - ③在分段同步调制时, 改变频率分段与各段载波比, 观测不同速度下定子磁通轨迹的变化。
 - ④比较不同调制方式的优缺点, 总结参数调试经验。
 - (2) 测取系统稳态机械特性 $n=f(M)$;
 - (3) 观测并记录启动时电机定子电流和电机速度波形 $i_v=f(t)$ 与 $n=f(t)$;
 - (4) 观测并记录突加与突减负载时的电机定子电流和电机速度波形 $i_v=f(t)$ 与 $n=f(t)$;
 - (5) 观测低频补偿程度改变对系统性能的影响。
3. 采用空间矢量脉宽调制 (SVPWM) 的开环 VVVF 调速系统的实验研究:
 - (1) ~ (5) 同前 2。
4. 对以上不同控制方式下感应电机变频调速系统的性能进行比较研究。

三. 实验系统组成及工作原理

基于 DSP 的高性能变频调速系统原理框图如图 3-1 所示:

控制系统由 DSP、信号检测电路、驱动与保护电路等组成, DSP 采用美国 TI(Texas Instruments)公司于 1998 年推出的 16 位数字信号处理器 (Digital Signal Processor 简称 DSP) TMS320X2812 系列芯片, 该芯片是专门为电机的数字化控制而设计的, 它集 DSP 的信号高速处理能力及适用于电机控制的优化外围电路于一体, 为电动机数字控制系统应用提供了一个理想的解决方案, 从而成为传统的多微处理器单元和昂贵的多片设计的理想替代, 每秒执行 20 兆条指令的运算能力, 使该系列芯片能提供比传统 16 位微处理器强大得多的性能。

该系列芯片的 16 位定点 DSP 内核为模拟设计者提供了一个数字解决方案, 并且不会牺牲原有系统的精度和性能, 事实上, 由于可以采用诸如自适应控制、卡尔曼滤波和状态控制等先进的控制算法, 因而增强了系统性能。

高速 CPU 允许数字控制设计者能够实时处理算法而不需通过查表只能获得近似值，几乎所有的指令都可在 50ns 的单周期内完成，如此高的性能可以对非常复杂的控制算法进行实时运算，此外，还可支持非常高的采样率，以减小循环延时。

作为系统管理器，DSP 必须具备强大的片内 I/O 和其它外设功能，该系列芯片内的事件管理器可以为所有电机类型用户提供高速、高效和全变速的先进控制技术。在该事件管理器中，包括特殊的 PWM 产生功能，特殊的附加功能包括可编程的死区功能和空间矢量 PWM，后者可为三相电机在功率管逆变器控制中提供最高的功效，三个独立的向上/下计数器，每一个都有属于它自己的比较寄存器，可以支持产生非对称的和对称的 PWM 波形，四路捕获输入中的两路可以直接连至光电编码器的正交编码脉冲信号。

实验系统中使用的 DSP 为 TMS320F2812，其内部包含 16K 字的 Flash(闪速)EEPROM。

此外，已为实验组件配备了与上位计算机通讯的接口和上位机软件。需要进行有关参数改变影响的实验，必须配备上位机，并在实验前安装好上位机软件和仔细阅读上位机操作说明。

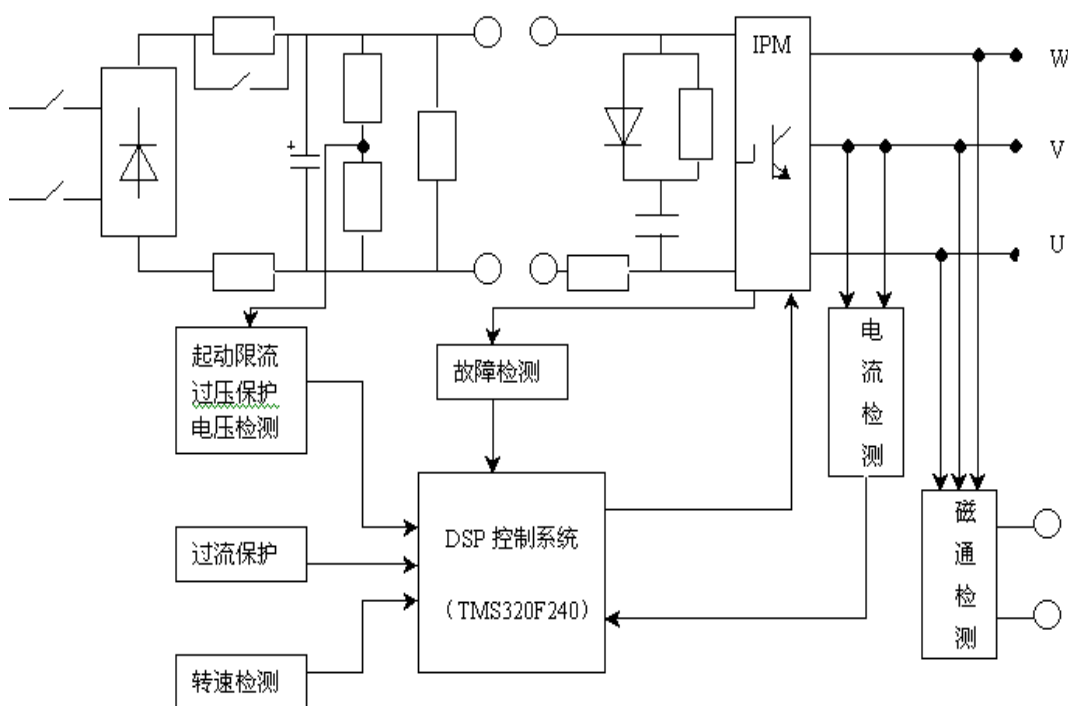


图 3-1

四. 实验设备和仪器

1. NMCL 系列教学实验台主控制屏
2. NMCL-13A 闭环变频系统组件
3. 转速计及电机导轨
4. 异步电动机 M04A (含高分辨率编码器)
5. 示波器
6. 上位机和通讯联接线。

五. 实验步骤

1. 参看图 3-2, 连接主电路、起动限流、过流保护、过压保护及磁通检测等环节的连线。连接上位机与组件间的串口通讯线。)
2. SPWM 开环变频系统性能测试
 - (1) 必须在接线检查无误后, 合上 MCL-13A 组件左下方的电源开关, 加载 SPWM 控制的 DSP 程序。
 - (2) 起动上位机软件。上位机软件为 Labview 软件, 位于文件夹<软件界面程序>中, 双击打开: 主面板.vi, 找到“感应电机开环 VVVF 调速实验”选项进入。
 - (3) 逐渐增大给定, 观察系统工作是否正常, 确认系统工作正常后, 再逐渐加大给定直至频率达到 50HZ。
 - (4) 用示波器测定电机线电压、线电流波形。(测试孔 i_v 或 i_w 与地之间波形)
 - (5) 在上位机上观测突加或突减给定时的 $i_v=f(t)$ 与 $n=f(t)$:
 - ① 在上位机上按电机停止按钮, 观察并记录突减给定时的 $i_v=f(t)$
 - ② 按电机起动按钮, 观察并记录突加给定时的 $i_v=f(t)$
 - ③ 同上步骤, 观察并记录 $n=f(t)$
 - (6) 系统机械特性测试:

在上述给定条件下, 负载加至额定负载, 测出机械特性曲线 $n=f(M)$
 - (7) 突加与突减负载时的 $i_v=f(t)$ 与 $n=f(t)$ 测试:

负载加至 1/2 额定负载, 在突加与突减负载条件下, 观察并描绘 $i_v=f(t)$ 与 $n=f(t)$ 波形
 - (8) 改变调制方法、方式和有关的调制参数, 观察对系统性能的影响。
3. SVPWM 开环变频系统性能测试:
 - (1) 必须在接线检查无误后, 合上 MCL-13A 组件左下方的电源开关, 加载 SVPWM 的 DSP 程序。
 - (2) 起动上位机软件。上位机软件为 Labview 软件, 位于文件夹<软件界面程序>中, 双击打开: 主面板.vi, 找到“感应电机开环 VVVF 调速实验”选项进入。
 - (3) ~ (8) 同前 2。
4. 注意: 上述的部分操作必须在上位机界面上进行, 有关操作步骤请参看“MCL-13(V1.1)上位机程序使用说明”。

六、实验报告

1. 分别画出 50HZ 时开环变频调速系统, 采用 SPWM 调制及 SVPWM 调制的下述波形:
 - (1) 电动机电压、电流波形;
 - (2) 定子磁通 φ 的轨迹;
 - (3) 突加与突减给定时的 $i_v=f(t)$ 与 $n=f(t)$ 。
2. 根据实验数据, 试分别对开环变频调速系统的 SPWM 调制和 SVPWM 调制, 作分析比较。
3. 分析有关参数改变对开环变频调速系统性能的影响(无上位机时不进行)。
4. 实验的收获、体会与改进意见。

七、附图

组件面板布置与实验接线图 3-2。

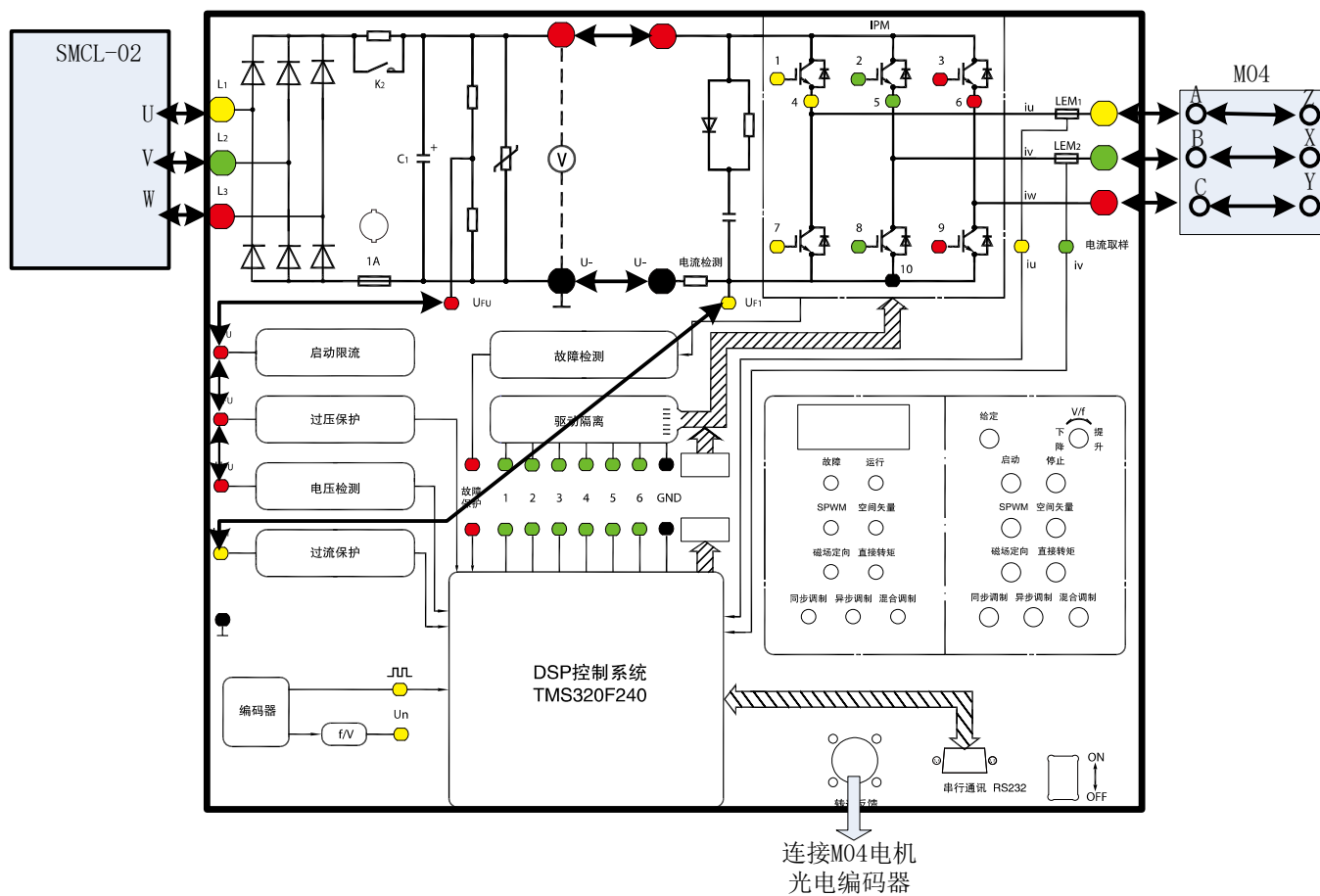


图 3-2