电机与电力拖动基础

实验指导书

北京工商大学计算机与信息工程学院

20013 年 8 月

目　　录

电机与电力拖动基础实验的基本要求和安全操作守则 ……2

DD01 电源控制屏交流及直流电源操作说明 ……4

电机与电力拖动基础实验

实验一、直流电动机认识实验…… 6

实验二、直流发电机实验……10

实验三、直流他励直流电动机机械特性测定……15

实验四、单相变压器实验 ……21

实验五、三相变压器联结组测定 ……28

实验六、三相异步电动机起动、反转与调速……33

实验七、三相异步电动机机械特性测定……38

实验八、单相电机和步进电机实验……44

附录

1、D55-1 智能转矩、转速、输出功率表使用说明 …… 50

2、D34-3 单三相智能功率、功率因数表使用说明…… 52

3、D54 步进电机智能控制箱使用说明 …… 54

4、BSZ-1 型步进电机实验装置使用说明 …… 57

5、实验用变压器、电机铭牌数据一览表及使用说明…… 58

6、D31 直流数字电压表、毫安表、安培表使用说明 …… 60

7、D32 交流电流表、D33 交流电压表使用说明 …… 61

8、DD03－1 指针式转速表使用说明……62

电机与电力拖动基础实验的基本要求和安全操作守则

一、实验的基本要求

1.实验预习

实验前应认真研读实验指导书，复习电机与电力拖动基础课程教材中的有关章节，了解实验目的、项目、方法与步骤，明确实验过程中应注意的问题，对电机实验所测数据的大体范围及趋势作到心中有数，并按实验内容准备好记录实验数据的表格。

2.实验操作

1）实验以小组为单位进行,每组由 2～3 人组成，实验进行中的接线、调节负载、测量、记录数据等工作应有明确的分工，以保证实验操作协调，记录数据准确可靠。

2）实验前，先熟悉该次实验所用的组件，并记录电机的铭牌数据。

3）根据实验线路图及所用组件，按图接线，实验线路力求简单明了，布局合理，操作方便。按接线原则，应先接串联主回路，再接并联支路。

4）根据电机及所使用的设备铭牌数据，合理选择仪表量程，熟悉仪表刻度，注意量程并记下倍率。

5）按一定规范起动电机，观察所有仪表是否正常(如指针正、反向是否超满量程等)。如果出现异常，应立即切断电源，并排除故障；如果一切正常，即可正式开始实验。

6）按照实验教材的操作方法和步骤，完成实验的操作过程和数据的测量、记录，并根据预测实验数据的大体范围及趋势，判断实验数据是否合理。

7）实验完毕，须将实验测量数据交给指导教师审阅，经指导教师认可后方可拆线。

3.实验报告

实验报告是根据实验数据和在实验中观察发现的问题，经过分析、研究、讨论后得出的书面结论或心得体会，是实验全部过程的总结。

实验报告要简明扼要、字迹清楚、图表整洁、结论明确，应包括以下内容：

1）实验名称、专业班级、学号、姓名、实验日期等。

2）扼要写明实验目的，列出实验内容和实验项目。

3）列出实验中所用仪表和设备的名称、规格型号、数量以及电机的铭牌数据等。

4）绘出实验时所用的线路图，并注明仪表量程和电阻器阻值，

5）整理和计算实验数据，记录数据的表格应说明实验的条件。数据若由计算所得，应列出计算公式并注明各物理量单位。

6）根据实验数据选择适当比例，用坐标纸绘出实验的曲线。

7）对实验结果进行分析，给出结论，说明实验结果与理论是否符合。对实验线路和实验方法进行讨论和提出建议，也可对某些问题提出一些自己的见解。

二、实验安全操作守则

为了按时完成电机与拖动基础实验，确保实验时人身安全与设备安全，要严格遵守以下的安全操作规程：

1）实验室总电源由实验指导人员操作控制， 其他人员不得操作。

2）实验时，应注意防止衣服、围巾、发辫以及实验导线卷入电动机旋转部件。

3）接线或拆线都必须在切断电源的情况下进行，严禁接触带电裸露部位及电机的旋转部件。

4）学生独立完成接线或改接线路后必须经指导教师检查和允许，并提醒组内其它同学引起注意后方可接通电源。实验中如发生事故，应立即切断电源，经查清问题和妥善处理故障后，才能继续进行实验。

5）电机如直接起动，则应在起动前先检查功率表及电流表的电流量程是否符合要求。

6）实验完毕应切断电源，整理实验用线，清理实验台面。

DD01 电源控制屏交流及直流电源操作说明

DD01 电源控制屏是 DDSZ-1 型电机及电气技术实验装置的交流及直流电源控制屏。

一、三相交流电源操作说明：

1）开启电源前，先检查控制屏下方**“直流电机电源”**的**“电枢电源”**开关（右下角）及**“励磁电源”**开关（左下角）都须在**“关”**的位置，并检查控制屏左侧下方的三相调压器旋钮必须在零位，即必须将它向逆时针方向旋转到底。

2）检查无误后，开启**“电源总开关”** ，红色**“停止”**按钮指示灯亮，表示实验装置的进线接到电源，但还不能输出电压，此时在电源输出端进行实验电路接线操作是安全的。

3）按下绿色**“启动”**按钮，**“启动”**按钮指示灯亮，表示三相交流调压电源输出插孔 **U、V、W** 及 **N** 上已接电。实验电路所需的不同大小的交流电压，都可适当旋转调压器旋钮，用导线从这三相四线制插孔中取得。输出线电压为 0-450V（可调），并由控制屏上方的三只交流电压表指示。当电压表下方的**“电压指示切换”**开关拨向**“三相电网输入”**时，它指示三相电网进线的线电压；当**“电压指示切换”**开关拨向**“三相调压输出”**时，它指示三相四线制插孔 **U、V、W** 输出端的线电压。

4）实验中如果需要改接线路，必须按下红色**“停止”**按钮以切断交流电源，保证实验操作安全。实验完毕，要关断**“电源总开关”** ，将控制屏左侧下方的三相调压器旋钮调回到零位。

二、直流电机电源操作说明：

1）开启电源前，先检查控制屏下方**“直流电机电源”**的**“电枢电源”**开关（右下角）及**“励磁电源”**开关（左下角）都须在**“关”**的位置，并检查控制屏左侧下方的三相调压器旋钮必须在零位，即必须将它向逆时针方向旋转到底。

2）直流电源是由交流电源变换而来，开启**“直流电机电源”** ，必须先完成开启交流电源，即开启**“电源总开关”** ，并按下绿色**“启动”**按钮。

3）在此之后，接通**“励磁电源”**开关，可获得约为 220V、0.5A 不可调的直流电压输出。接通**“电枢电源”**开关，可获得 40～230V、3A 可调节的直流电压输出。励磁电源电压及电枢电源电压都可由控制屏下方的一只数字式直流电压表指示。当将该电压表下方的**“电压指示切换”**开关拨向**“电枢电压”**时，指示电枢电源电压，当将它拨向**“励磁电压”**时，指示励磁电源电压。在电路上**“励磁电源”**与**“电枢电源”** ，**“直流电机电源”**与**“交流三相调压电源”**都是经过三相多绕组变压器隔离的，可独立使用。

4）**“电枢电源”**是采用脉宽调制型开关式稳压电源，输入端接有滤波用的大电容，为了不使过大的充电电流损坏电源电路，采用了限流延时的保护电路。所以本电源在开机时，从电枢电源开合闸到直流电压输出约有 3～4 秒钟的延时，这是正常的。

5）电枢电源设有过压和过流指示告警保护电路。当输出电压出现过压时，会自动切断输出，并告警指示。此时需要恢复电压，必须先将**“电压调节”**旋钮逆时针旋转调低电压到正常值（约 240V 以下），再按**“过压复位”**按钮，即能输出电压。当负载电流过大（即负载电阻过小）超过 3A 时，也会自动切断输出，并告警指示，此时需要恢复输出，只要调小负载电流（即调大负载电阻）即可。有时候在开机时出现过流告警，说明在开机时负载电流太大，需要降低负载电流，可在电枢电源输出端增大负载电阻或甚至暂时拔掉一根导线（空载）开机，待直流输出电压正常后，再插回导线加正常负载（不可短路）工作。若在空载时开机仍发生过流告警，这是由于气温或湿度明显变化，造成光电耦合器 TIL117 漏电使过流保护起控点改变所致，一般经过空载开机（即开启交流电源后，再开启**“电枢电源”**开关）预热几十分钟，即可停止告警，恢复正常。所有这些操作到直流电压输出都有 3～4 秒钟的延时。

5）在做直流电动机实验时，要注意开机时须先闭合**“励磁电源”** 开关，后闭合**“电枢电源”** 开关；关机时，则要先关断**“电枢电源”**开关，后关断**“励磁电源”**开关。同时要注意在电枢电路中串联起动电阻以防止电源过流。具体操作要严格遵照实验指导书中有关内容的说明。

实验一　直流电动机认识实验

一、实验目的

1. 认识在直流电机实验中使用的设备并熟悉其使用方法。

2. 掌握直流电动机的接线、起动、调速与改变电机转向的方法。

二、实验项目

1. 直流电动机起动。

2. 直流电动机转速调节。

3. 直流电动机转向改变。

三、预习要点

1. 如何正确选择电压表、电流表和指针式转速表的量程。

2. 直流电动机起动时，为什么在电枢回路中需要串接起动变阻器？不串接会产生什么严重后果?

3. 直流电动机起动时，励磁回路串接的磁场变阻器应调至什么位置？为什么？若励磁回路断开造成失磁时,会产生什么严重后果?

4. 直流电动机调速及改变转向的原理和方法。

四、实验设备

表 1-1 实验所需设备

序 号	型 号	名　　称	数 量
1	DD03	电机实验测试台	1 台
2	DJ23	校正直流测功机	1 台
3	DJ15	并励直流电动机	1 台
4	D31	直流数字电压、毫安、安培表	1 件
5	D44	可调电阻器、电容器	1 件

五、实验接线

本次实验使用 DD01 电源控制屏下方的直流励磁电源和直流电枢电源。

接线之前，先开启电源总开关，按下绿色“启动”按钮，将电源控制屏下方的直流电压指示开关切换到电枢电压一侧，接通电枢电源开关，调节直流“电压调节”旋钮，将电枢电压调到 220V 后，关断电枢电源开关，按下红色“停止”按钮。

1. 直流电动机认识实验接线

直流电动机认识实验接线如图 1-1 所示。

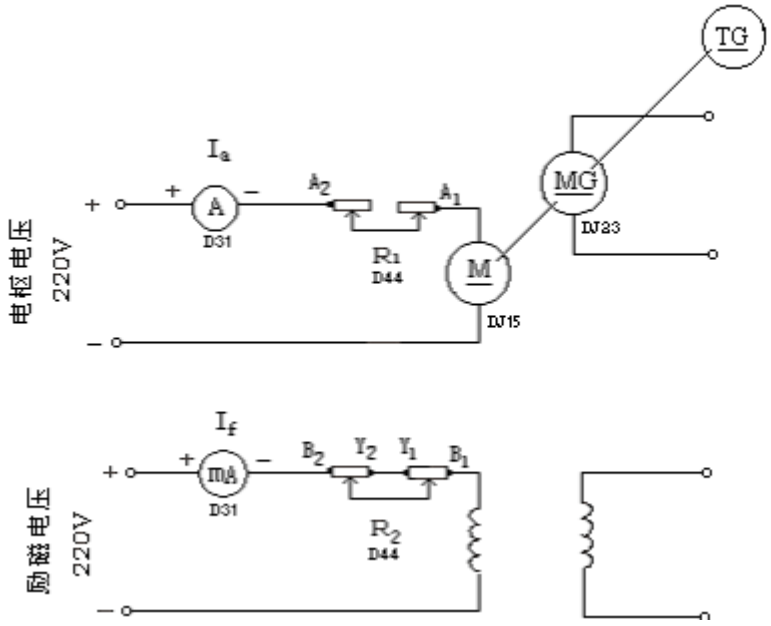


图 1-1 直流电动机认识实验接线图

1） 图 1-1 中 M 是 DJ15 并励直流电动机，实验中按他励直流电动机接线。MG 是 DJ23 校正直流测功机，TG 是测速发电机。M、MG、TG 之间是用联轴器直接联接好的。电机额定数据见铭牌或附录 5 。

2）电机转速用 DD03 电机实验测试台上的 DD03－1 指针式转速表进行测量。应根据电机的额定转速和实验中可能达到的最大值来选择转速表量程，当电机转速低于 1800 转/分时，转速切换开关应选择“1800”挡；高于 1800 转/分时，则选择“3600”这一挡。电动机起动后，如转速表指针反偏，可拨动正、反向开关纠正。

3）直流安培表 A 和直流毫安表 mA 选用 D31 挂件，并根据电机的额定值和实验中可能达到的最大值来选择合适的量程。

4）电动机电枢绕组串联电阻 R_1 选用 D44 挂件 A_2 和 A_1 之间的 180Ω 电阻。电动

机励磁绕组串联电阻 R_2 选用 D44 挂件 B_2 和 B_1 之间的 1800Ω 电阻。

2. 选择仪表量程

毫安表的量程选用 200mA 挡，安培表的量程选用 5 A 挡，转速表的量程选用 1800 r/min 挡。

六、实验内容及方法

1. 直流电动机起动

1）直流电动机起动之前，将 D44 挂件电阻 R_1 调到最大，电阻 R_2 调到最小，作好起动准备。

2）按下绿色“启动”按钮，先接通励磁电源开关，再接通电枢电源开关，使电动机起动。

3）电机起动后，逐渐减小起动电阻 R_1 的阻值，直至最小。

观察转速表指针偏转方向，应为正向偏转，若不正确，可拨动转速表上正、反向开关来纠正。

2. 直流电动机转速调节

1）调节电阻 R_1，观察转速的变化情况。

2）调节电阻 R_2，观察励磁电流 I_f 和转速的变化情况，注意勿使转速超过 1.2 倍 n_N 。

3）调节直流“电压调节”旋钮，降低电动机电枢端电压，观察转速变化情况。

3. 直流电动机转向改变

1）记下此时电动机的转向，断开电枢电源开关，按下红色停止按钮，使电动机停机。

2）将电枢绕组（或励磁绕组）两端的接线对调。

3）将电阻 R_1 调到最大，电阻 R_2 调到最小，作好起动准备。

4）按下绿色“启动”按钮，接通电枢电源开关，使电动机起动，观察电动机的转向。

实验完毕，先断开电枢电源开关，再断开励磁电源开关，按下红色“停止”按钮，关断电源总开关。

实验注意事项：

1）直流电动机起动前，必须将电阻 R_1 调到最大位置，电阻 R_2 调到最小位置。

2）直流电动机起动时，要先接通励磁电源开关，后接通电枢电源开关，停机时，要先关断电枢电源开关，后关断励磁电源开关。

七、实验报告要求

1. 说明如何正确选择电压表、电流表和指针式转速表的量程，依据是什么？

2. 说明直流电动机起动的方法及注意事项；说明直流电动机电枢回路串电阻起动对起动电流的影响。

3.说明直流电动机调速原理和方法。说明改变直流电动机电枢回路串联电阻值对电机转速的影响；说明改变励磁电流对直流电动机转速的影响；说明降低电枢端电压对直流电动机转速的影响。

4. 说明改变直流电动机转向的原理和方法及验证结果。

5. 对实验结果进行分析与讨论。

实验二　直流发电机实验

一、实验目的

1. 掌握直流发电机空载特性及外特性的测定方法。

2. 观察并励直流发电机自励过程。

二、实验项目

1. 他励直流发电机空载特性测定。

2. 他励直流发电机外特性测定。

3. 观察并励直流发电机自励过程。

三、预习要点

1. 在测定直流发电机空载特性及外特性时，应搞清楚哪些量不变，调节哪些量，读取哪些数据？

2. 做空载特性实验时，励磁电流为什么必须保持单方向调节？

3. 在发电机—电动机组成的机组中，当发电机负载增加时，为什么机组的转速会变低？为了保持发电机的转速 $n=n_N$，应如何调节？

4. 并励直流发电机的自励条件有哪些？并励发电机不能建立电压有哪些原因？当并励发电机不能自励时应如何处理？

四、实验设备

表 2-1 实验所需设备

序 号	型 号	名　　称	数 量
1	DD03	电机实验测试台	1 台
2	DJ23	校正直流测功机	1 台
3	DJ15	并励直流电动机	1 台
4	D31	直流电压、毫安、安培表	2 件
5	D44	可调电阻器、电容器	1 件
6	D42	三相可调电阻器	1 件
7	D51	波形测试及开关板	1 件

五、实验接线

本次实验使用 DD01 电源控制屏下方的直流励磁电源和直流电枢电源。

接线之前，先开启电源总开关，按下绿色“启动”按钮，将电源控制屏下方的直流电压指示开关切换到电枢电压一侧，接通电枢电源开关，调节直流“电压调节”旋钮，将电枢电压调到 220V 后，关断电枢电源开关，按下红色“停止”按钮。

1. 他励直流发电机实验接线

他励直流发电机实验接线如图 2-1 所示。

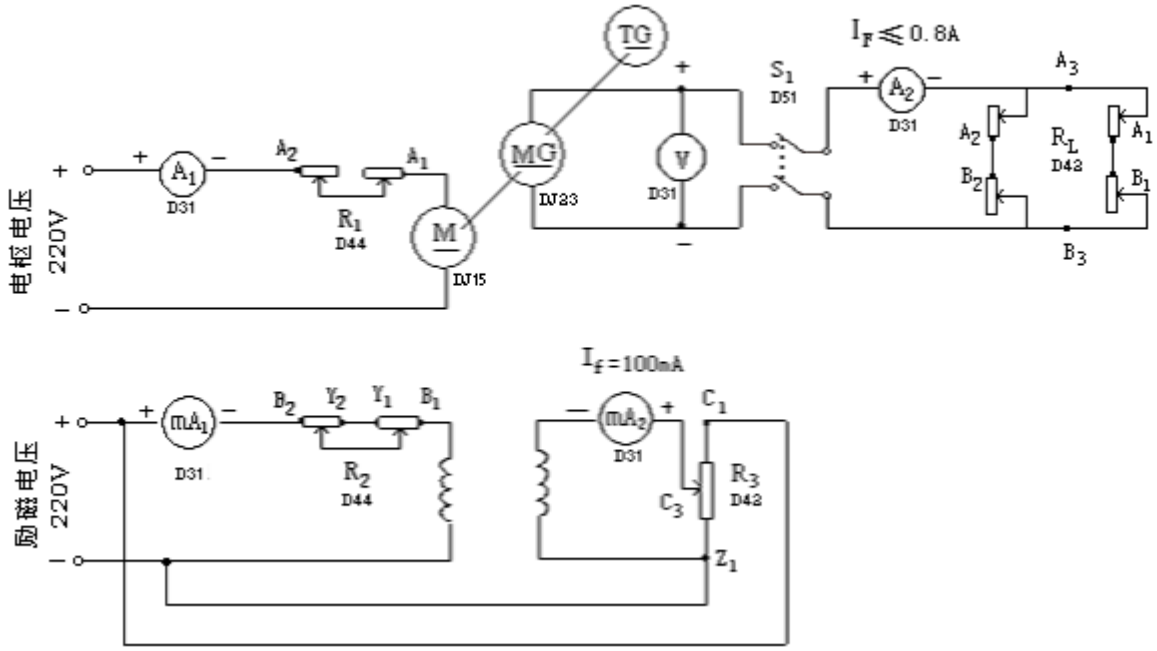


图 2-1 他励直流发电机实验接线图

1）图 2-1 中直流发电机 MG 选用校正直流测功机 DJ23 替代，按他励直流发电机接线。直流电动机 M 选用 DJ15 并励直流电动机，按他励直流电动机接线。TG 是测速发电机。M、MG、TG 之间是用联轴器直接联接好的。电机额定数据见铭牌或附录 5 。

2）电机转速用 DD03 电机实验测试台上的 DD03－1 指针式转速表进行测量。应根据电机的额定转速和实验中可能达到的最大值来选择转速表量程，当电机转速低于 1800 转/分时，转速切换开关应选择“1800” 挡；高于 1800 转/分时，则选择“3600”这一挡。电动机起动后，如转速表指针反偏，可拨动正、反向开关纠正。

3）直流电压表 V 和直流安培表 A_1 、A_2 、直流毫安表 mA_1 、mA_2 分别选用 D31 挂件，并根据电机的额定值和实验中可能达到的最大值来选择合适的量程。

4）电动机电枢绕组串联电阻 R_1 选用 D44 挂件 A_2 和 A_1 之间的 180Ω 电阻。电动

机励磁绕组串联电阻 R_2 选用 D44 挂件 B_2 和 B_1 之间的 1800Ω 电阻。发电机负载电阻 R_L 选用 D42 挂件电阻 R_1 、R_2，先串再并联，阻值为 1800Ω。发电机励磁绕组串联电阻 R_3 选用 D42 挂件的 900Ω 电阻，并采用分压器接法。

5）开关 S_1 选用 D51 挂件。

2. 选择仪表量程

直流电压表 V 的量程选用 1000 V 挡，直流毫安表 mA_1、mA_2 的量程选用 200mA 挡， 直流安培表 A_1 、A_2 的量程选用 5 A 挡，转速表的量程选用 1800 r/min 挡。

六、实验内容及方法

首先启动直流电动机，要将 D44 挂件电阻 R_1 调到最大，电阻 R_2 调到最小，将 D42 挂件电阻 R_1、R_2、R_3 均调到最大，并将开关 S_1 置于断开位置，作好起动准备。

按下绿色“启动”按钮，先接通励磁电源开关，再接通电枢电源开关，使电动机起动。

1. 他励直流发电机空载特性测定

在发电机转速 n＝1500r/min ，发电机电枢电流 I_F ＝0 的条件下，测取发直流电机空载特性 U_0＝f（I_f）。

1）电动机起动后，分别调节 D44 挂件电阻 R_1 和电阻 R_2，使发电机转速达到额定值 n＝n_N＝1500r/min，并在实验过程中始终保持此转速值不变。

2）调节 D42 挂件电阻 R_3，将发电机空载端电压调到 U_0＝200V，读取发电机空载端电压 U_0 和励磁电流 I_f 值，记录第一组数据。

3）逐次调节增大电阻 R_3，测取对应的发电机空载端电压和励磁电流值，直到励磁电流 I_f＝0 为止（I_f＝0 时对应的电压为发电机的剩磁电压），其间共读取 6～7 组数据，记录于表 2-2 中。

在改变励磁电流 I_f 时应注意自始至终只向一个方向改变，不得为了凑整数而忽增忽减，以防止磁滞作用引起误差。

表 2-2 他励直流发电机空载特性测定实验数据记录表

n＝n_N＝1500r/min　　I_F＝0

U_0（V）	200							
I_f（mA）								0

4）空载特性测定完毕后，可以不停机，接着进行他励直流发电机外特性测定。

2. 他励直流发电机外特性测定

在发电机转速 n＝1500r/min ，发电机励磁电流 I_f ＝100mA 的条件下 ，测取直流发电机外特性 U＝f（I_F）。

1）调节 D42 挂件电阻 R_3，使发电机励磁电流 I_f＝100mA，读取发电机端电压 U 和电枢电流 I_F 的值，记录第一组数据。

2）闭合开关 S_1，调节 D44 挂件电阻 R_1 或电阻 R_2 ，保持发电机的转速等于 n＝n_N ＝1500r/min，记录第二组数据。

3）逐次调节减小 D42 挂件电阻 R_1 和电阻 R_2，注意要同时同步调节两个电阻，并随时调节 D44 挂件电阻 R_1 或电阻 R_2，保持发电机的转速等于 1500r/min，测取对应的发电机端电压 **U** 和电枢电流 I_F 的值，同时监视安培表 2 ，直到发电机电枢电流 I_F＝0.8A 为止，其间共读取 5～6 组数据，记录于表 2-3 中。

表 2-3 他励直流发电机外特性测定实验数据记录表

n＝n_N＝1500 r/min　　I_f＝100mA

U（V）							
I_F（A）	0						0.8

4）实验完毕，先断开电枢电源开关，再断开励磁电源开关，按下红色“停止”按钮，关断电源总开关。

实验注意事项：

1）在实验中，要同时同步调节 D42 挂件上的电阻 R_1、R_2 的大小，同时还要监视安培表 A_2，使发电机的电枢电流 I_F ≤0.8A，以免两个支路的电流不平衡或过载，烧坏电阻器。

2）在实验过程中，要注意随时调节 D44 挂件电阻 R_1 或 R_2 ，始终保持发电机的转速等于 1500r/min。

4. 观察并励直流发电机的自励过程

1）并励直流发电机自励过程实验接线

并励直流发电机自励过程实验接线如图 2-2 所示。

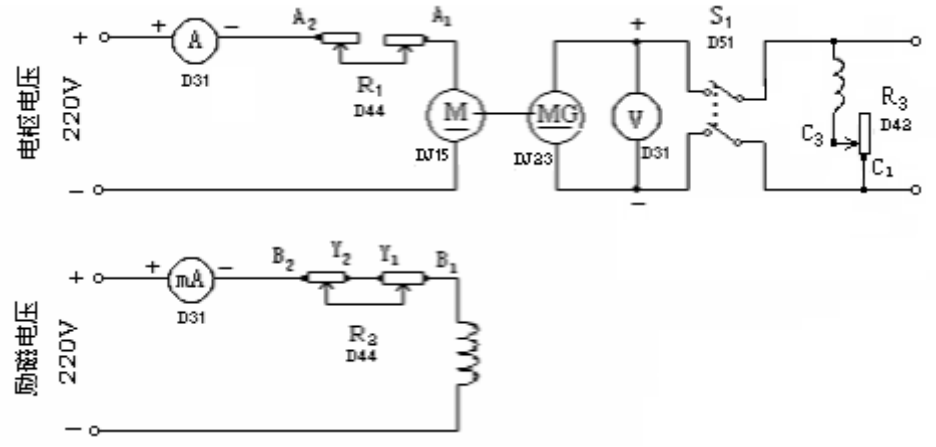


图 2-2 并励直流发电机自励过程实验接线图

实验设备及仪表量程选择同他励直流发电机实验。

2）剩磁检查

并励直流发电机是依靠电机内部剩磁自励而建立电压的，有无剩磁是能否自励的必要条件。

按照前面介绍的方法首先启动直流电动机（**起动前重新检查电阻 R_1 是否调到阻值最大位置，电阻 R_2 是否调到阻值最小位置**）。

直流电动机起动后，分别调节 D44 挂件电阻 R_1 和 R_2，使发电机的转速 n＝n_N1500r/min，在开关 S_1 断开的情况下，用直流电压表测量发电机是否有剩磁电压（约为 2~5%U_N），并记录剩磁电压 Um，若无剩磁电压，可将并励绕组改接成他励方式进行充磁。

3）自励建压

合上开关 S_1 逐渐减小 R_3，观察发电机电枢两端的电压，若电压逐渐上升，说明发电机激磁电流产生的磁通与剩磁方向一致，绕组连接是正确。反之，电压表读数小于剩磁电压 Um，不能自励建压，说明发电机激磁电流产生的磁通与剩磁方向相反，应将开关 S_1 断开，调换发电机励磁绕组的两端（**注意：不可在开关 S_1 未断开就带电操作**），或改变电动机的旋转方向，但两者不能同时改变。

七、实验报告要求

1. 说明在测定直流发电机空载特性及外特性时，应搞清楚哪些量不变，调节哪些量，读取哪些数据？

2. 在直流发电机—直流电动机组成的机组中，当发电机负载增加时，为什么机组的转速会变低？为了保持发电机的转速 $n=n_N$，应如何调节？

3. 他励直流发电机的外特性为什么是向下倾斜的?

4. 并励直流发电机的自励条件有哪些？并励发电机不能建立电压有哪些原因？当并励发电机不能自励时应如何处理？说明并励发电机自励过程及验证结果。

5. 根据空载实验数据,作出发电机空载特性曲线。

6. 根据外特性实验数据,作出发电机外特性曲线，并计算出电压变化率 。

7. 对实验结果进行分析与讨论。

实验三　他励直流电动机机械特性测定

一、实验目的

掌握他励直流电动机机械特性的测定方法。

二、实验项目

1. 固有机械特性测定。
2. 电枢回路串电阻人为机械特性测定。
3. 降低电枢电源电压人为机械特性测定。

三、预习要点

1. 直流电动机的机械特性指的是什么？调节同轴联接的负载电机 MG 的电枢电流或激磁电流，为什么能够调节被试电动机 M 的电磁转矩？

2. 电动机的机械特性是否可以从负载电机的参数进行计算？怎样计算？

四、实验设备

表 3-1 实验所需设备

序 号	型 号	名　　称	数 量
1	DD03	电机实验测试台	1 台
2	DJ23	校正直流测功机	1 台
3	DJ15	并励直流电动机	1 台
4	D31	直流电压、毫安、电流表	2 件
5	D55－1	智能转矩、转速、输出功率表	1 件
6	D42	三相可调电阻器	1 件
7	D44	可调电阻器、电容器	1 件
8	D51	波形测试及开关板	1 件

五、实验接线

本次实验使用 DD01 电源控制屏下方的直流励磁电源和直流电枢电源。

接线之前，先开启电源总开关，按下绿色“启动”按钮，将电源控制屏下方的直流电压指示开关切换到电枢电压一侧，接通电枢电源开关，调节直流“电压调节”旋钮，将电枢电压调到 220V 后，关断电枢电源开关，按下红色“停止”按钮。

1. 他励直流电动机机械特性测定实验接线

他励直流电动机机械特性测定实验接线如图 3-1 所示。

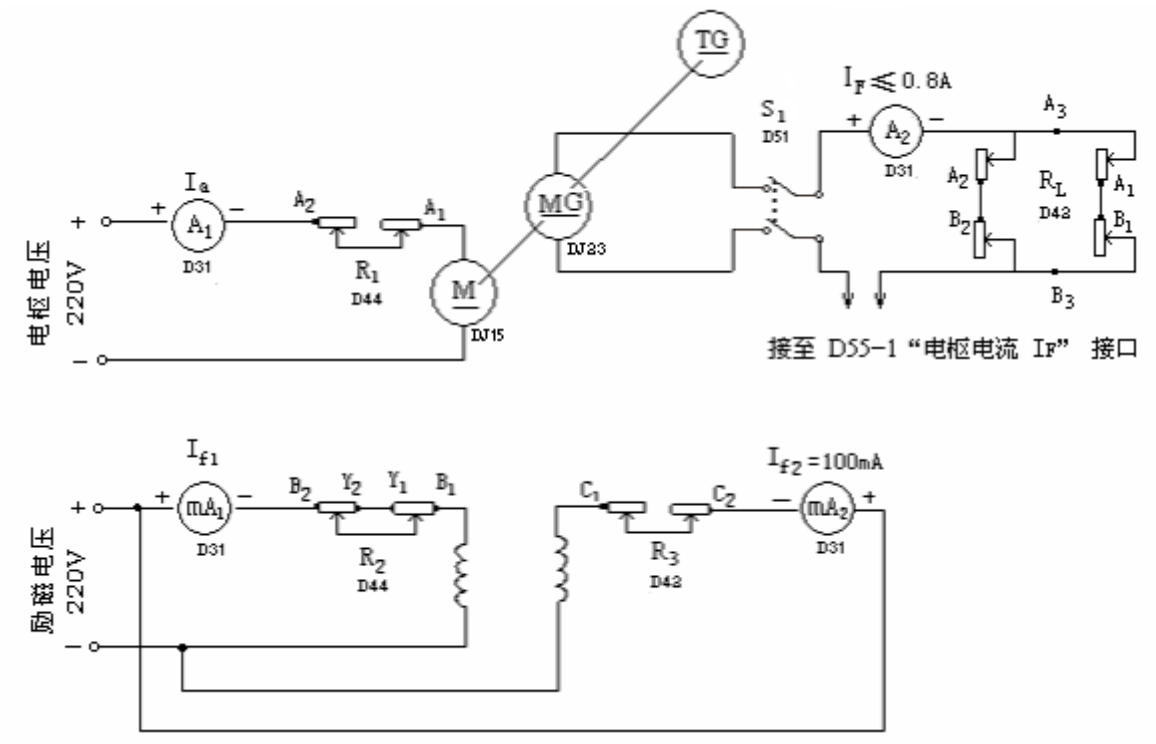


图 3-1 他励直流电动机机械特性测定实验接线图

1）图 3-1 中直流发电机 MG 选用校正直流测功机 DJ23 替代，按他励直流发电机接线。直流电动机 M 选用 DJ15 并励直流电动机，按他励直流电动机接线。TG 是测速发电机。M、MG、TG 之间是用联轴器直接联接好的。电机额定数据见铭牌或附录 5 。

2）电动机转矩、转速和输出功率的测量选用 D55－1 挂件,并使用专用导线进行连接。D55－1 挂件的具体使用说明见附录 1。

同时，也可用 DD03 电机实验测试台上的 DD03－1 指针式转速表测量电机的转速，应根据电机的额定转速和实验中可能达到的最大值来选择转速表量程，当电机转速低于 1800 转/分时，转速切换开关应选择“1800” 挡；高于 1800 转/分时，则选择“3600”

这一挡。电动机起动后，如转速表指针反偏，可拨动正、反向开关纠正。

3）直流安培表 A_1 、A_2 、直流毫安表 mA_1 、mA_2 分别选用 D31 挂件，并根据电机的额定值和实验中可能达到的最大值来选择合适的量程

4）电动机电枢绕组串联电阻 R_1 选用 D44 挂件 A_2 和 A_1 之间的 180Ω串联电阻，电动机励磁绕组串联电阻 R_2 选用 D44 挂件 B_2 和 B_1 之间的 1800Ω串联电阻。发电机负载电阻 R_L 选用 D42 挂件上的电阻 R_1 、R_2 先串联后再并联，阻值为 1800Ω，发电机励磁绕组串联电阻 R_3 选用 D42 挂件上 C_2 和 C_1 之间的 1800Ω电阻。

5）开关 S_1 选用 D51 挂件。

2. 选择仪表量程

1）毫安表 mA_1 和毫安表 mA_2 的量程选用 200mA 挡，，安培表 A_1 和安培表 A_2 的量程选用 5 A 挡，指针式转速表的量程选用 1800 r/min 挡。

2）D55－1 挂件测量功能选择：首先打开电源开关，当数字转速表出现“2”时，按下功能键，当数字转速表出现“100”时，按下“位”键，此时数字转矩表显示“0.182”，说明该设备工作正常。

六、实验原理

为得到被试电动机 M 的固有机械特性和人为机械特性 n = f（T），需要有适当的可变负载作为静阻转矩。最可行的方法是采用他励直流发电机 MG 作为被试电动机 M 的负载，利用负载发电机 MG 工作在发电状态来测定电动机 M 的固有机械特性和人为机械特性。此时负载发电机对电动机提供的阻转矩为：

$$T = C_T \Phi I_a = C_T \Phi \frac{E}{R_a + R_L} = \frac{C_T \Phi \cdot C_E \Phi n}{R_a + R_L}$$

$$\text{即} \quad n = \frac{R_a + R_L}{C_T C_E \Phi^2} T$$

（R_a—发电机电枢绕组电阻，R_L—发电机负载电阻）

可见，负载发电机 n=f（T）特性曲线为通过直角坐标原点的直线，直线的斜率随发电机负载电阻 R_L 的变化而变化，根据负载转矩正方向的规定，这条直线位于第一、第三象限。负载发电机的激磁不变，改变 R_L，得到一曲线族（$R_L > R_L' > R_L''$），它们与被试电动机的机械特性分别交于 a、b、c 等点，这些点就是待测的稳定运行点，见图 3-2 。

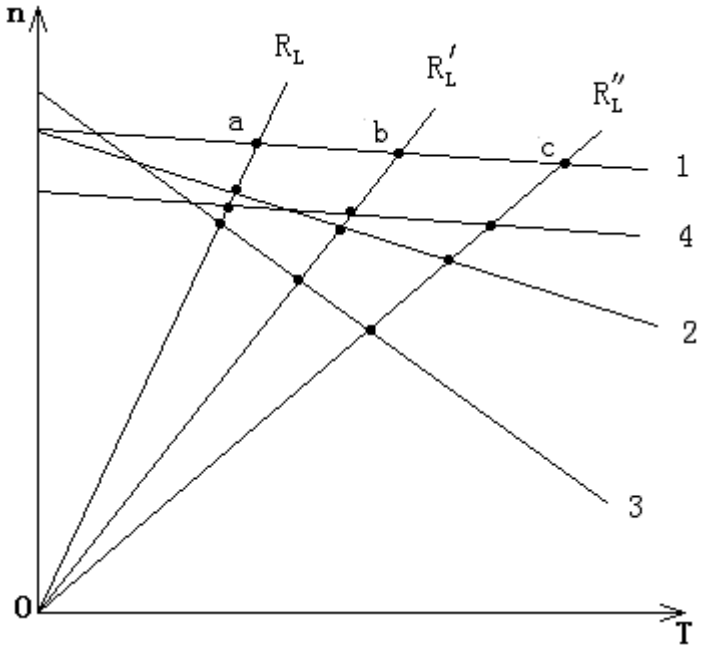


图 3-2

1. 固有机械特性

2. 串电阻人为机械特性

3. 弱磁人为机械特性

4. 降低电枢电压人为机械特性

七、实验内容及方法

直流电动机起动之前，将 D44 挂件电阻 R_1 调到最大，电阻 R_2 调到最小，将 D42 挂件电阻 R_1、R_2、R_3 均调到最大，并将开关 S_1 置于断开位置，作好起动准备。

按下绿色“启动”按钮，先接通直流励磁电源开关，再接通直流电枢电源开关，使电动机起动。

电动机起动后，调节 D44 挂件电阻 R_2 使**电动机的励磁电流 I_{f1}＝80mA**，调节 D42 挂件电阻 R_3 使**发电机的励磁电流 I_{f2}＝100 mA**，

1. 固有机械特性测定

在电动机电枢端电压 U＝U_N＝220V ，励磁电流 I_{f1}＝80mA，电枢回路串联电阻 R_1＝0Ω 的条件下，测取电动机的固有机械特性 n＝f（T）。

1）将 D44 挂件电阻 R_1 调到最小，即 **R_1＝0Ω ，**读取电动机输出转矩 **T** 和转速 **n** 的值，记录第一组数据（固有机械特性上的空载点）。

2）闭合开关 S_1 ，读取电动机输出转矩 **T** 和转速 **n** 的值，记录第二组数据。

3）逐次调节减小 D42 挂件电阻 R_1、R_2，注意要同时同步调节两个电阻，记录对应的转矩和转速值，**同时监视安培表 A_2，直到发电机电枢电流 I_F＝0.8A 为止**，其间共读取 5～6 组数据，记录于表 3-2 中。

表 3-2 固有机械特性测定实验数据记录表

$U＝U_N＝220V$　$I_{f1}＝80mA$　$R_1＝0Ω$

n（r/min）								
T （N•m）								

4）测量完毕，将 D42 挂件电阻 R_1、R_2 同时同步调到最大，并将开关 S_1 断开。

固有机械特性测定完毕后，可以不停机，接着进行电枢回路串电阻人为机械特性测定。

2. 电枢回路串电阻人为机械特性测定

在电动机电枢端电压 $U＝U_N＝220V$，励磁电流 I_{f1} ＝80mA，电枢回路串联电阻 $R_1＝180Ω$ 的条件下，测取电枢回路串电阻人为机械特性 n＝f（T）。

1）将 D44 挂件电阻 R_1 调到最大，即 **$R_1＝180Ω$** ，读取电动机输出转矩 **T** 和转速 n 的值，记录第一组数据（串电阻人为机械特性上的空载点）。

2）闭合开关 S_1，读取电动机输出转矩 **T** 和转速 n 的值，记录第二组数据。

3）逐次调节减小 D42 挂件电阻 R_1、R_2，注意要同时同步调节两个电阻，记录对应的转矩和转速值，**同时监视安培表 A_2，直到发电机电枢电流 I_F＝0.8A 为止**，其间共读取 5～6 组数据，记录于表 3-3 中。

表 3-3 电枢回路串电阻人为机械特性测定实验数据记录表

$U＝U_N＝220V$　$I_{f1}＝80mA$　$R_1＝180Ω$

n（r/min）								
T（N•m）								

4）测量完毕，将 D42 挂件电阻 R_1、R_2 同时同步调到最大，断开开关 S_1，并将 D44 挂件电阻 R_1 调到最小。

电枢回路串电阻人为机械特性测定完毕后，可以不停机，接着进行降低电枢电源电压人为机械特性测定。

3. 降低电枢电源电压人为机械特性测定

在电动机电枢端电压 U＝110V，励磁电流 $I_{f1}＝80mA$，电枢回路串联电阻 $R_1＝0Ω$ 的条件下，测取降低电枢电源电压的人为机械特性 n＝f（T）。

1）调节电源控制屏下方的直流“电压调节”旋钮，将电枢电压调到 **110V**，读取电动机输出转矩 **T** 和转速 **n** 的值，记录第一组数据（降压人为机械特性上的空载点）。

2）闭合开关 S_1，读取电动机输出转矩 **T** 和转速 **n** 的值，记录第二组数据。

3）逐次调节减小 D42 挂件电阻 R_1、R_2，注意要同时同步调节两个电阻，记录对应的转矩和转速值，**同时监视安培表 A_2，直到发电机电枢电流 I_F＝0.8A 为止**，其间共读取 5～6 组数据，记录于表 3-4 中。

表 3-4 降低电枢电源电压人为机械特性测定实验数据记录表

U＝110V　I_{f1}＝80mA　R_1＝0Ω

n（r/min）								
T（N·m）								

4）实验完毕，先断开电枢电源开关，后断开励磁电源开关，按下红色“停止”按钮，关断电源总开关。

实验注意事项：

在实验中，要同时同步调节 D42 挂件上的电阻 R_1、R_2 的大小，同时还要监视安培表 A_2，使发电机的电枢电流 I_F ≤0.8A，以免两个支路的电流不平衡或过载，烧坏电阻器。

八、实验报告要求

1. 根据实验数据绘制电动机在三种运转状态下的机械特性曲线 n = f（T）。

2. 直流电动机的机械特性指的是什么？调节同轴联接的负载电机 MG 的电枢电流或激磁电流，为什么能够调节被试电动机 M 的电磁转矩？

3. 测量他励直流电动机机械特性时,减小或增大负载发电机的回路电阻，他励直流电动机的电枢电流和转速如何变化?

4. 说明当电动机的负载转矩和电枢端电压不变时，减小电动机的励磁电流会引起转速升高，为什么？说明当电动机的负载转矩和励磁电流不变时，减小电动机的电枢端电压，为什么会引起电动机转速降低？

5. 对实验结果进行分析与讨论。

实验四　单相变压器实验

一、实验目的

1．通过空载实验和短路实验测定变压器的变比和参数。

2．通过负载实验测取变压器的运行特性。

二、实验项目

1．空载实验。

2．短路实验。

3．纯电阻负载实验。

三、预习要点

1．变压器的空载实验和短路实验有什么特点？实验中电源电压一般加在哪一方较合适？

2．在空载实验和短路实验中，各种仪表应怎样联接才能使测量误差最小？

3．如何用实验方法测定变压器的铁耗及铜耗。

四、实验设备

表 4-1 实验所需设备

序　号	型　号	名　　称	数　量
1	DJ11	三相组式变压器	1 件
2	D32	交流电流表	1 件
3	D33	交流电压表	1 件
4	D34-3	单三相智能功率、功率因数表	1 件
5	D44	可调电阻器、电容器	1 件
6	D51	波形测试及开关板	1 件

五、实验原理

空载实验，就是在变压器的一次侧加上额定电压 U_{1N}，变压器的二次侧开路，量

测空载电流 I_0 、输入功率 P_0 和二次侧电压 U_{20} 。

通过变压器的空载实验可以求出变压器的变比 K、铁损耗 P_{Fe} 及励磁阻抗 Z_m。由于空载实验时一次侧施加的是额定电压，线圈感应电势、铁心中的主磁通及铁损耗都相当于正常运行时的数值，空载时变压器一次侧的励磁电流 I_0 很小，它所引起的铜损耗可以忽略不计，所以认为输入功率 P_0 全部供给铁损耗,即 $P_0 \approx P_{Fe}$ 。

在图 4-1 变压器等值电路图中，空载实验时的等值电路为漏阻抗 Z_1 与励磁阻抗 Z_m 的串联电路，因为 $Z_m >> Z_1$ ，实际上可以忽略 Z_1 ，即 $I_1 = I_0$ ，$I_2' = 0$ 。因此，根据实验测量数据可以计算出变压器的参数：

励磁阻抗　$Z_m \approx U_1/I_0$

励磁电阻　$r_m \approx P_0/I_0^2$

励磁电抗　$X_m = \sqrt{Z_m^2 - r_m^2}$

由于励磁阻抗 Z_m 随外加电压大小而变化，**空载电压应该在额定电压下进行**。

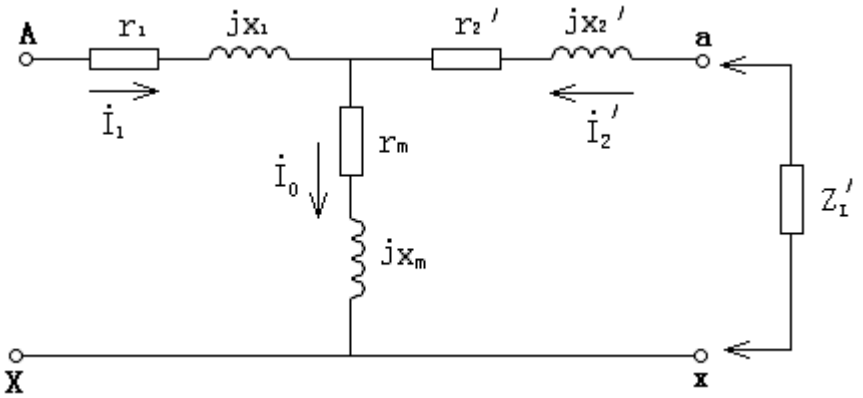


图 4-1 变压器等值电路图

短路实验，就是将变压器的二次侧短路，实验时经过调压器在变压器的一次侧施加较低的电压，使**一次电流达到额定值**，量测这时的电压 U_k 、电流 I_k 和输入功率 P_k 。

通过变压器的短路实验可以求出变压器的铜损耗 P_{Cu} 和短路阻抗 Z_k 。由于短路实验时外加电压较低，一般只有**额定电压的 5~10 %** ，因此铁心内的主磁通也很小，励磁电流和铁损耗均可以忽略不计，所以认为输入功率 P_k 全部供给了线圈的铜损耗 P_{Cu} ，即 $P_k \approx P_{Cu}$ 。

若一次绕组电流达到额定值，二次绕组电流也同时达到额定值，这时线圈的铜损耗相当于额定负载时的数值。

短路实验时，由于励磁电流和铁损耗均忽略不计，在图 4-1 变压器等值电路图中，

可以假想 Z_m 支路开路，即 $I_1 \approx I_2' = I_k$，$Z_k = (r_1 + r_2') + j(x_1 + x_2')$，因此，根据实验测量数据可以计算出变压器的参数：

短路阻抗　$Z_k \approx U_k / I_k$

短路电阻　$r_k \approx P_k / I_k^2$

短路电抗　$X_k = \sqrt{Z_k^2 - r_k^2}$

六、实验内容及方法

本次实验使用 DD01 电源控制屏上方的交流电源。

接线之前，先将控制屏左侧调压器旋钮向逆时针方向旋转到底，即将其调到输出电压为零的位置。

1．空载实验

在变压器一次侧电压 $U_1 = U_{1N} = 220V$ 的条件下，测取空载点：U_1、I_0、P_0、U_{20} 。

（1）空载实验接线

空载实验接线如图 4-2 所示。

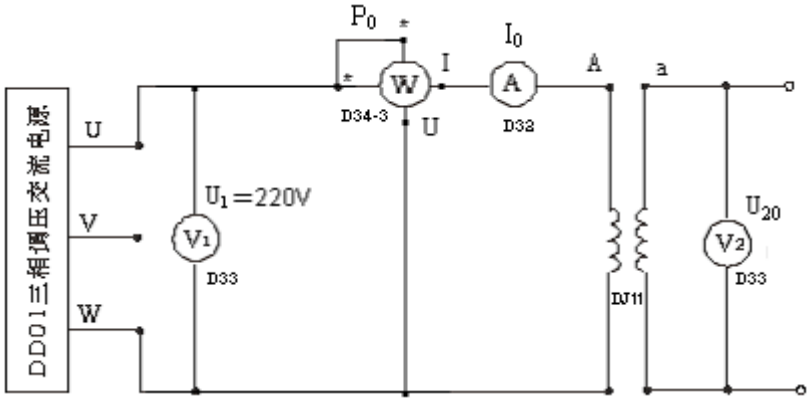


图 4-2 空载实验接线图

1）按图 4-2 接线，将变压器一次侧 A、X 端接电源，变压器二次侧 a、x 端开路。

2）单相变压器选用 DJ11 挂件中的一只变压器，变压器额定值见铭牌或附录 5 。

3）单相功率表选用 D34-3 挂件中的一块功率表，具体使用说明见附录 2。

4）交流电压表 V_1、V_2 选用 D33 挂件，交流电流表 A 选用 D32 挂件，并根据变压器的额定值和实验中达到的最大值来选择合适的量程。

（2）选择仪表量程

1）交流电压表 V_1 的量程选用 300V 挡，交流电压表 V_2 的量程选用 150V 挡，安培表 A 的量程选用 0.25 A 挡。

2）D34-3 挂件测量功能选择：首先打开电源开关，当表头出现绿色移动的“P”字时，按下功能键，再按下确认键，就可以进行测量了。

（3）实验步骤

1）开启电源总开关，按下绿色“启动”按钮，将电源控制屏上方的交流“电压指示切换”开关切换到“三相调压输出”位置，旋转控制屏左侧的三相调压器旋钮，将变压器一次侧电压调到 $U_1 = U_{1N} = 220V$。

2）读取变压器一次侧电压 U_1、电流 I_0、功率 P_0 和变压器二次侧电压 U_{20} 的值，并记录于表 4-2 中。

表 4-2 空载实验数据记录表

实　　验　　数　　据			
U_1（V）	I_0（A）	P_0（W）	U_{20}（V）

3）测量完毕，旋转三相调压器旋钮，**将其输出电压调到零**，按下红色“停止”按钮。

2．短路实验

在变压器一次侧电流 $I_1 = I_{1N} = 0.35A$ 的条件下，测取短路点：I_K、U_K、P_K 。

接线之前务必先将控制屏左侧调压器旋钮向逆时针方向旋转到底，即将其调到输出电压为零的位置，否则，空载实验时的 220 V 施加在短路实验线路上，将会烧坏变压器和仪表。为什么？请学生自己分析，写在实验报告中

短路实验接线

（1）短路实验接线如图 4-3 所示。

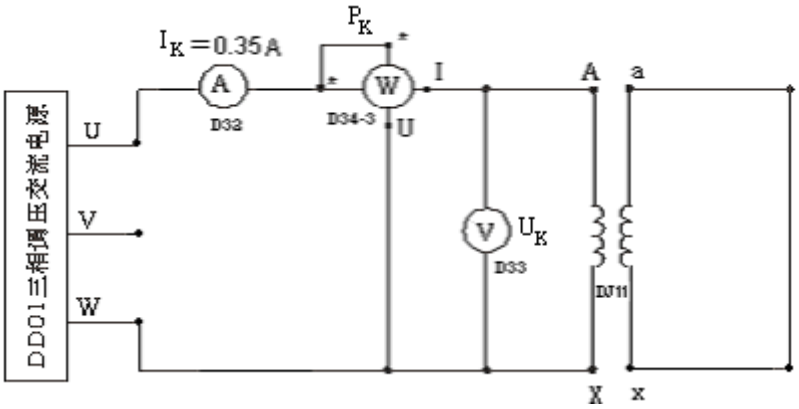


图 4-3 短路实验接线图

1）按图 4-3 接线，将变压器一次 A、X 端接电源，变压器二次 a、x 端直接短路。

2）实验所选设备和空载实验一样，但实验设备在线路中的位置改变了，同时各仪表的量程也要改变。

（2）选择仪表量程

1）交流电压表 V 的量程选用 30V 挡，交流电流表 A 的量程选用 1A 挡。

2）D34-3 挂件测量功能选择同空载实验。

（3）实验步骤

1）按下绿色“启动”按钮，缓慢旋转三相调压器旋钮，逐渐增加输入电压，并监视电流表 A，直到变压器一次侧电流 $I_1= I_{1N} = 0.35A$ 为止。，

2）读取变压器一次侧电压 U_K、电流 I_K 和功率 P_K 的值，并记录于表 4-3 中。

表 4-3 短路实验数据记录表

室温____ ℃

实 验 数 据		
U_K（V）	I_K（A）	P_K（W）

3）并记录当时的环境温度(℃)。

4）测量完毕，旋转三相调压器旋钮，将其输出电压调到零，按下红色“停止”按钮。

实验注意事项：

1）短路实验前务必要将三相调压器旋钮调到输出电压为零的位置， 以免损坏仪器设备。

2）短路实验时操作要快，否则线圈发热引起电阻变化。

3．纯电阻负载实验

在变压器一次侧电压 $U_1= U_{1N} = 220V$ ，变压器二次侧接纯电阻负载（即 $\cos\varphi_2=1$）的条件下，测取纯电阻负载时变压器的特性曲线 $U_2 = f(I_2)$。

（1）纯电阻负载实验接线

纯电阻负载实验接线如图 4-4 所示。

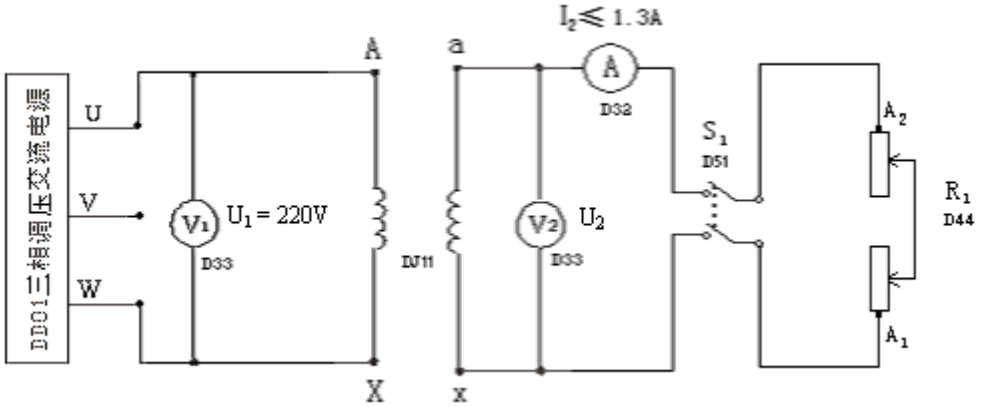


图 4-4 纯电阻负载实验接线图

1）按图 4-4 接线，将变压器一次侧 A、X 端接电源，变压器二次侧 a、x 端通过开关 S_1 接负载电阻 R_1。

2）在图 4-4 中，开关 S_1 选用 D51 挂件，电阻 R_1 选用 D44 挂件上 A_2 和 A_1 之间的 180Ω 电阻，其它实验设备的选择同空载实验。

（2）选择仪表量程

交流电压表 V_1 的量程选用 300V 挡， 交流电压表 V_2 的量程选用 75V 挡，交流电流表 A 的量程选用 2.5 A 挡。

（3）实验步骤

1）通电之前，将 D44 挂件电阻 R_1 调到最大，开关 S_1 置于断开位置。

2）按下绿色“启动”按钮，旋转三相调压器旋钮，将变压器一次侧电压调到 $U_1= U_{1N} = 220V$ 后，读取变压器二次侧电压 U_2 和电流 I_2 的值，记录第一组数据。

3）闭合开关 S_1，读取变压器二次侧电压 U_2 和电流 I_2 的值，记录第二组数据。

4）逐渐调节减小电阻 R_1 ，读取对应的变压器二次侧电压和电流值，直到 I_2=1.3A 为止，其间共读取 5~6 组数据，并记录于表 4-4 中。

注意：由于 R_1 的额定电流是 1.3A，所以 $I_2 \leqslant 1.3A$ 。

表 4-4 纯电阻负载实验数据记录表

$\cos\Phi_2=1 \quad U_1=U_N=220V$

序 号							
U_2（V）							
I_2（A）							

5）实验完毕，旋转三相调压器旋钮，将其输出电压调到零，按下红色“停止”按钮，关断电

七、实验报告要求

1．计算变比

由空载实验测取的变压器一次侧电压和二次侧电压的数据，计算出变比 K 。

$$K=U_1/U_{20}$$

2．计算激磁参数

用空载实验测取的数据 U_1、I_0、P_0 值计算出激磁参数，由于空载实验是在高压边做的，所以计算出的激磁参数不必再进行折算。

$$r_m=\frac{P_0}{I_0^2}$$

$$Z_m=\frac{U_1}{I_0}$$

$$X_m=\sqrt{Z_m^2-r_m^2}$$

3．计算短路参数

用短路实验测取的数据 I_K、U_K、P_K 值计算出实验环境温度为 θ (℃)时的短路参数。

$$Z_K=\frac{U_K}{I_K}$$

$$r_K=\frac{P_K}{I_K^2}$$

$$X_K=\sqrt{Z_K^2-r_K^2}$$

短路电阻 r_K 随温度变化，因此，算出的短路电阻应按国家标准换算到基准工作温度 75℃时的阻值。

$$r_{K75°C} = r_{K\theta}\frac{234.5+75}{234.5+\theta}$$

$$Z_{K75°C} = \sqrt{r_{K75°C}^2 + X_K^2}$$

式中：234.5 为铜导线的常数,若用铝导线常数应改为 228 。

4．利用空载实验和短路实验测定的参数，画出被试变压器高压边的“T”型等效电路。

5．画出纯电阻负载时变压器的特性曲线 $U_2 = f(I_2)$ 。

6. 说明在空载实验、短路实验和负载实验时是依据什么来选择电压表、电流表量程的？

7. 对实验结果进行分析与讨论。

实验五　三相变压器联结组测定

一、实验目的

掌握变压器联结组的测定方法。

二、实验项目

1．Y/Y-12 联结组测定。

2．Y/Y-6　联结组测定。

3．Y/Δ-11 联结组测定。

4．Y/Δ-5 联结组测定。

三、预习要点

1．为什么要研究变压器联结组？国家规定的标准联结组有哪几种？

2．如何把 Y/Y-12 联结组改接成 Y/Y-6 联结组以及把 Y/Δ-11 改为 Y/Δ-5 联结组。

四、实验设备

表 8-1 实验所需设备

序 号	型 号	名 称	数 量
1	D33	交流电压表	1 件
2	DJ11	三相组式变压器	1 件

五、实验内容及方法

本次实验使用 DD01 电源控制屏上方的交流电源。

接线之前，先将电源控制屏左侧的三相调压器旋钮向逆时针方向旋转到底，将其调到输出电压为零的位置。

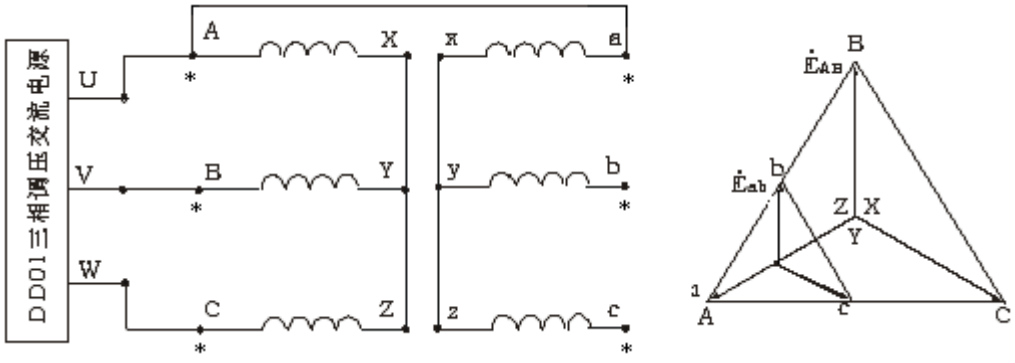
1．Y/Y-12 联结组测定

1）三相变压器由 DJ11 挂件上三台相同的单相变压器组成，变压器额定值见铭牌或附录 5 。

2）交流电压表的量程选用 300V 挡，电压表两个输入端暂不接到线路中，用于分

别测取电压 U_{AB}、U_{ab}、U_{Bb}、U_{Cc}、U_{Bc} 。

3）按图 8-1 接线，在变压器一次侧施加三相对称额定电压 220V，测量电压 U_{AB}、U_{ab}、U_{Bb}、U_{Cc} 及 U_{Bc}，并将数据记录于表 8-2 中。



(a) 接线图　　(b) 电势相量图

图 8-1　Y/Y-12 联结组

表 8-2　Y/Y-12 联结组测定实验数据记录表

实 验 数 据					计 算 数 据			
U_{AB} (V)	U_{ab} (V)	U_{Bb} (V)	U_{Cc} (V)	U_{Bc} (V)	$K_I=\frac{U_{AB}}{U_{ab}}$	U_{Bb} (V)	U_{Cc} (V)	U_{Bc} (V)

根据 Y/Y-12 联结组的电势相量图可知：

$$K_I=\frac{U_{AB}}{U_{ab}}$$

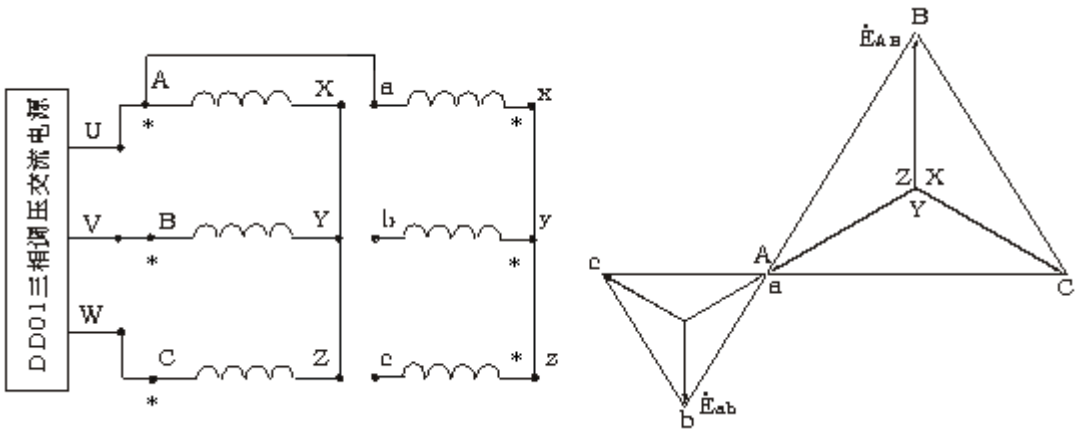
$$U_{Bc}=U_{ab}\sqrt{K_I^2-K_I+1}$$

$$U_{Bb}=U_{Cc}=(K_I-1)U_{ab}$$

若用两式计算出的电压 U_{Bb}，U_{Cc}，U_{Bc} 的数值与实验测取的数值相同，则表示绕组连接正确，属 Y/Y-12 联结组。

2．Y/Y-6 联结组测定

将 Y/Y-12 联结组二次绕组的首、末端标记对调,按图 8-2 接线，在变压器一次侧施加三相对称额定电压 220V，测量电压 U_{AB}、U_{ab}、U_{Bb}、U_{Cc} 及 U_{Bc}，并将数据记录于 8-3 中。



(a) 接线图　　(b) 电势相量图

图 8-2　Y/Y-6 联结组

表 8-3　　Y/Y-6 联结组测定实验数据记录表

实 验 数 据					计 算 数 据			
U_{AB} (V)	U_{ab} (V)	U_{Bb} (V)	U_{Cc} (V)	U_{Bc} (V)	$K_I=\frac{U_{AB}}{U_{ab}}$	U_{Bb} (V)	U_{Cc} (V)	U_{Bc} (V)

根据 Y/Y-6 联结组的电势相量图可得:

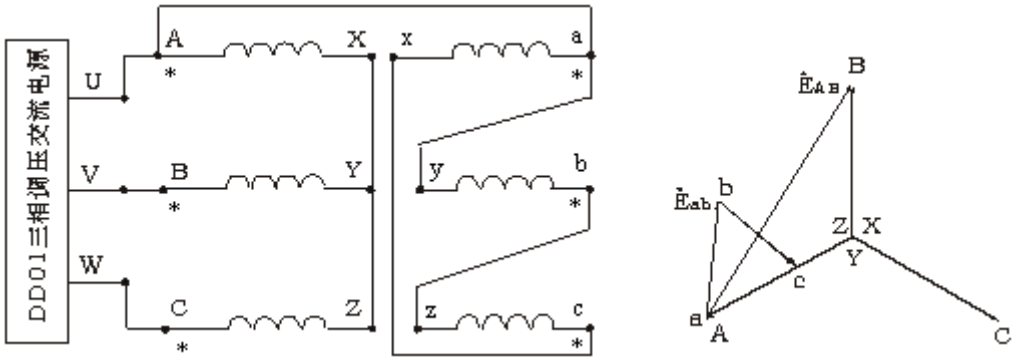
$$U_{Bb}=U_{Cc}=(K_I+1)U_{ab}$$

$$U_{Bc}=U_{ab}\sqrt{K_I^2+K_I+1}$$

由上两式计算出电压 U_{Bb}、U_{Cc}、U_{Bc} 的数值与实测相同，则绕组连接正确，属于 Y/Y-6 联结组。

3．Y/△-11 联结组测定

按图 8-3 接线，在变压器一次侧施加三相对称额定电压 220V，测量电压 U_{AB}、U_{ab}、U_{Bb}、U_{Cc} 及 U_{Bc}，数据记录于表 8-4 中。



（a) 接线图　　(b) 电势相量图

图 8-3　Y/Δ-11 联结组

表 8-4　Y/△-11 联结组测定实验数据记录表

实 验 数 据					计 算 数 据			
U_{AB} (V)	U_{ab} (V)	U_{Bb} (V)	U_{Cc} (V)	U_{Bc} (V)	$K_I=\frac{U_{AB}}{U_{ab}}$	U_{Bb} (V)	U_{Cc} (V)	U_{Bc} (V)

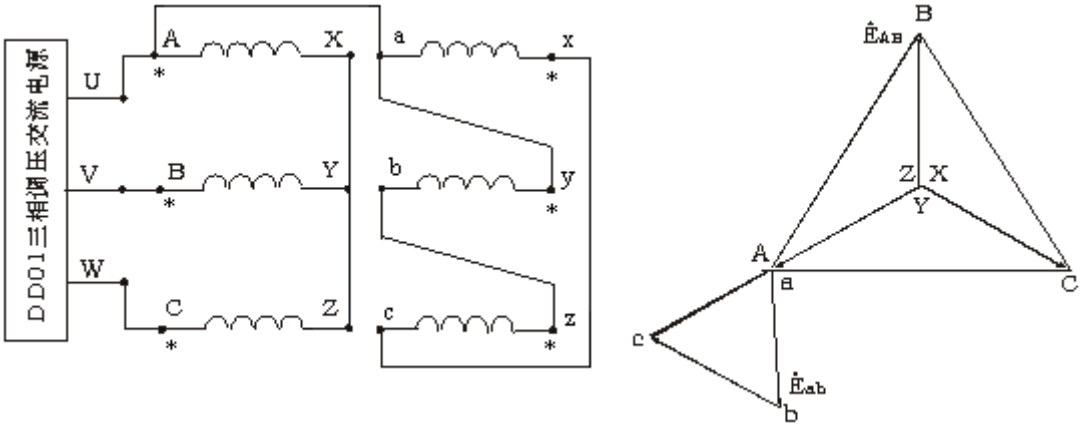
根据 Y/Δ-11 联结组的电势相量可得：

$$U_{Bb}=U_{Cc}=U_{Bc}=U_{ab}\sqrt{K_I^2-\sqrt{3}K_I+1}$$

若由上式计算出的电压 U_{Bb}、U_{Cc}、U_{Bc} 的数值与实测值相同，则绕组连接正确，属 Y/Δ-11 联结组。

4．Y/Δ-5 联结组测定

将 Y/Δ-11 联结组二次绕组的首、末端的标记对调，按图 8-4 接线，在变压器一次侧施加三相对称额定电压 220V，测量电压 U_{AB}、U_{ab}、U_{Bb}、U_{Cc} 及 U_{Bc}，将数据记录于表 8-5 中。



(a) 接线图　　(b) 电势相量图

图 8-4　Y/Δ-5 联结组

表 8-5　　Y/Δ-5 联结组测定实验数据记录表

实 验 数 据					计 算 数 据			
U_{AB} (V)	U_{ab} (V)	U_{Bb} (V)	U_{Cc} (V)	U_{Bc} (V)	$K_I=\frac{U_{AB}}{U_{ab}}$	U_{Bb} (V)	U_{Cc} (V)	U_{Bc} (V)

根据 Y/Δ-5 联结组的电势相量图可得：

$$U_{Bb}=U_{Cc}=U_{Bc}=U_{ab}\sqrt{K_I^2+\sqrt{3}K_I+1}$$

若由上式计算出的电压 U_{Bb}、U_{Cc}、U_{Bc} 的数值与实测相同，则绕组连接正确，属于 Y/Δ-5 联结组。

六、实验报告内容

1. 说明为什么要研究三相变压器的线圈联结组？国家规定的标准联结组有哪几种?

2. 根据实验所测数据，按照公式计算出各个联结组的电压值 U_{Bb}、U_{Cc}、U_{Bc}，并验证实验结果。

3. 对实验结果进行分析与讨论。

实验六　三相异步电动机起动、调速与反转

一、实验目的

掌握三相异步电动机起动、调速和反转的方法。

二、实验项目

1．三相绕线转子异步电动机直接起动。

2．三相绕线转子异步电动机转子绕组串电阻起动。

3．三相绕线转子异步电动机转子绕组串电阻调速。

4．三相异步电动机转向改变。

5．星形（Y）— 三角形(Δ)起动。

三、预习要点

1．三相异步电动机的起动方法，各应用于何种场合。

2．三相异步电动机的调速原理和方法。

四、实验设备

表 5－1　实验所需设备

序 号	型　号	名　　称	数 量
1	DD03－1	电机实验测试台	1 件
2	DJ17	三相绕线转子异步电动机	1 台
3	D32	交流电流表	1 件
4	D33	交流电压表	1 件
5	DJ17－3	绕线转子异步电动机转子专用箱	1 件
6	D51	波形测试及开关板	1 件

五、实验内容及方法

本次实验使用 DD01 电源控制屏上方的交流电源。

接线之前，开启电源总开关，按下绿色“启动”按钮，将电源控制屏上方的交流“电压指示切换”开关切换到“三相调压输出”位置，旋转控制屏左侧的三相调压器旋钮，将其输出电压调到 220V 后，按下红色“停止”按钮。

1．三相绕线转子异步电动机起动、调速、改变转向实验

（1）三相绕线转子异步电动机起动、调速、改变转向实验接线

三相绕线转子异步电动机起动、调速、改变转向实验接线如图 5-1 所示

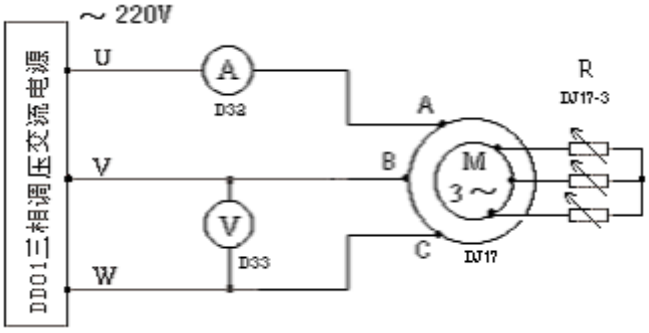


图 5-1 三相绕线转子异步电动机起动、调速、改变转向实验接线图

1）图 5－1 中 M 选用 DJ17 三相绕线转子异步电动机，电动机定子绕组为 Y 接法，电机的额定值见电机铭牌或附录 5。

2）电动机转速用 DD03 电机实验测试台上的 DD03－1 指针式转速表进行测量。应根据电机的额定转速和实验中可能达到的最大值来选择转速表量程，当电机转速低于 1800 转/分时，转速切换开关应选择“1800” 挡；高于 1800 转/分时，则选择“3600”这一挡。电动机起动后，如转速表指针反偏，可拨动正、反向开关纠正。

3）交流电压表 V 选用 D33 挂件，交流电流表 A 选用 D32 挂件，并根据电动机的额定值和实验中达到的最大值来选择合适的量程。

4）转子绕组串联电阻 R 选用 DJ17-3 绕线转子异步电动机转子专用箱。转子专用箱的电阻值是可调的，分 0Ω、20Ω、40Ω、60Ω、∞ 五挡。

（2）选择仪表量程

转速表的量程选用 1800 r/min 挡，交流电压表 V 的量程选用 300 V 挡， 交流电流表 A 的量程选用 5 A 挡。

（3）实验步骤

三相绕线转子异步电动机直接起动

1）电动机直接起动前，旋转 DJ17-3 转子专用箱旋钮，将转子专用箱电阻调到 0Ω。

2）按下绿色“启动”按钮，使电机起动，记录电机起动时的瞬间电流值。(指针式电流表偏转的最大位置所对应的数值)

3）测量完毕，按下红色“停止”按钮。

三相绕线转子异步电动机转子绕组串入可变电阻器起动

1）旋转 DJ17-3 转子专用箱旋钮，使转子绕组分别串入 20Ω、40Ω、60Ω的电阻。

2）在转子绕组分别串入 20Ω、40Ω、60Ω电阻的情况下，全压起动电动机，测量并记录这三种情况下电机起动时的瞬间电流值，实验过程同前。

3）测量完毕，可以不停机，接着做绕线转子异步电动机转子绕组串入可变电阻器调速实验。

绕线转子异步电动机转子绕组串入可变电阻器调速

1）调节 DJ17-3 转子专用箱旋钮，使转子绕组分别串入 20Ω、40Ω、60Ω的电阻，观察电动机转速的变化，并记录电阻 R 的值为 0Ω、20Ω、40Ω、60Ω时对应的转速值。

2）观察并记下电动机此时的转向，然后按下红色“停止”按钮，停机。

三相异步电动机转向的改变

1）待电机停稳后，对调三相异步电动机定子绕组的任意两端的接线。

2）按下绿色“启动”按钮，起动电动机，观察重新起动后电动机转向的变化。

3）测试完毕，按下红色“停止”按钮，关断电源总开关。

2．星形(Y) — 三角形(Δ)起动实验

接线之前，开启电源总开关，按下绿色“启动”按钮，旋转控制屏左侧的三相调压器旋钮，将其输出电压调到 100V 后，按下红色“停止”按钮。

（1）三相异步电动机星形(Y) — 三角形(Δ)起动实验接线

三相异步电动机星形(Y) — 三角形(Δ)起动实验接线如图 5-2 所示

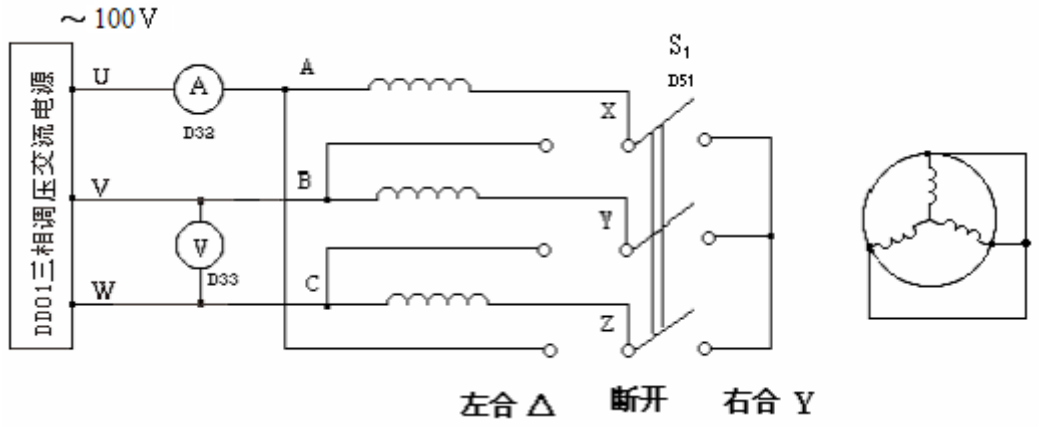


图 5-2 三相异步电动机星形(Y) — 三角形(Δ)起动实验接线图

1）图 5-2 中开关 S_1 选用 D51 挂件，其它实验设备同前。

2）三相绕线式异步电动机转子绕组三个红色接线端短接。

（2）选择仪表量程

交流电压表 V 的量程选用 300V 挡，交流电流表 A 的量程选用 5 A 挡。

（3）实验步骤

1）按下绿色“启动”按钮，将开关 S_1 向右合（Y 接），使电动机星形接法起动，测量并记录电动机起动时的瞬间电流值 I_{YQ}。

2）将开关 S_1 置于断开位置，待电机停稳后，再将开关 S_1 向左合（Δ接），使电动机三角形接法起动，测量并记录电动机起动时的瞬间电流值 $I_{\Delta Q}$。

3)将电动机Y接起动时的瞬间电流值与电动机Δ接起动时的瞬间电流值进行比较，验证它们之间是否符合 $I_{YQ} = 1/3\ I_{\Delta Q}$ 的关系。

4）将开关 S_1 置于断开位置，待电机停稳后，重新将开关 S_1 合向右边（Y 接），使电机星形接法起动，待电机转速升高后，再将开关 S_1 合向左边（Δ接），完成星形(Y)—三角形(Δ)起动的全过程。

5）实验完毕，按下红色“停止”按钮，关断电源总开关。

六、实验报告要求

1．说明三相异步电动机的起动方法，各应用于何种场合。比较直接起动和转子绕组串电阻起动时起动电流的大小，说明三相绕线转子异步电动机转子绕组串电阻起动时，电阻对起动电流和起动转矩的影响。

2．说明三相异步电动机的调速原理和方法。说明绕线转子异步电动机转子绕组电阻调速时，电阻对电机转速的影响。

3．说明星形(Y) — 三角形(Δ)起动的原理及应用场合。三相异步电动星形起动和三角形起动的起动电流是什么关系?根据实验所测数据，验证实验结果。

4．三相异步电动机改变转向的方法和原理是什么?

5. 比较异步电动机不同起动方法的优缺点。

6．对实验结果进行分析与讨论。

实验七　三相异步电动机机械特性测定

一、实验目的

掌握三相异步电动机机械特性的测定方法。

二、实验项目

1．三相异步电动机固有机械特性测定。

2．三相异步电动机转子绕组串三相对称电阻时的人为机械特性测定。

3．降低定子端电压 U_1 时的人为机械特性测定。

三、预习要点

1．三相异步电动机的人为机械特性指的是什么？利用人为机械特性可以对三相异步电动机进行什么控制？

2．实验中如何调节三相异步电动机轴上的负载转矩 T_2 ？

四、实验设备

表 6-1　实验所需设备

序 号	型　号	名　　称	数 量
1	DD03－1	电机实验测试台	1 件
2	DJ23	校正直流测功机	1 台
3	DJ17	三相绕线转子异步电动机	1 台
4	DJ17－3	绕线转子异步电动机转子专用箱	1 件
5	D33	交流电压表	1 件
6	D32	交流电流表	1 件
7	D31	直流电压、毫安、电流表	1 件
8	D42	三相可调电阻器	1 件
9	D51	波形测试及开关板	1 件
10	D55－1	智能转矩、转速、输出功率表	1 件

五、实验接线

本次实验同时使用 DD01 电源控制屏上方的交流电源和控制屏下方的直流励磁电源。

接线之前，开启电源总开关，按下绿色“启动”按钮，将电源控制屏上方的交流“电压指示切换”开关切换到“三相调压输出”位置，旋转三相调压器旋钮，将其输出电压调到 220V 后，按下红色“停止”按钮。

1．三相绕线转子异步电动机机械特性测定实验接线

三相绕线转子异步电动机机械特性测定实验接线如图 6-1 所示。

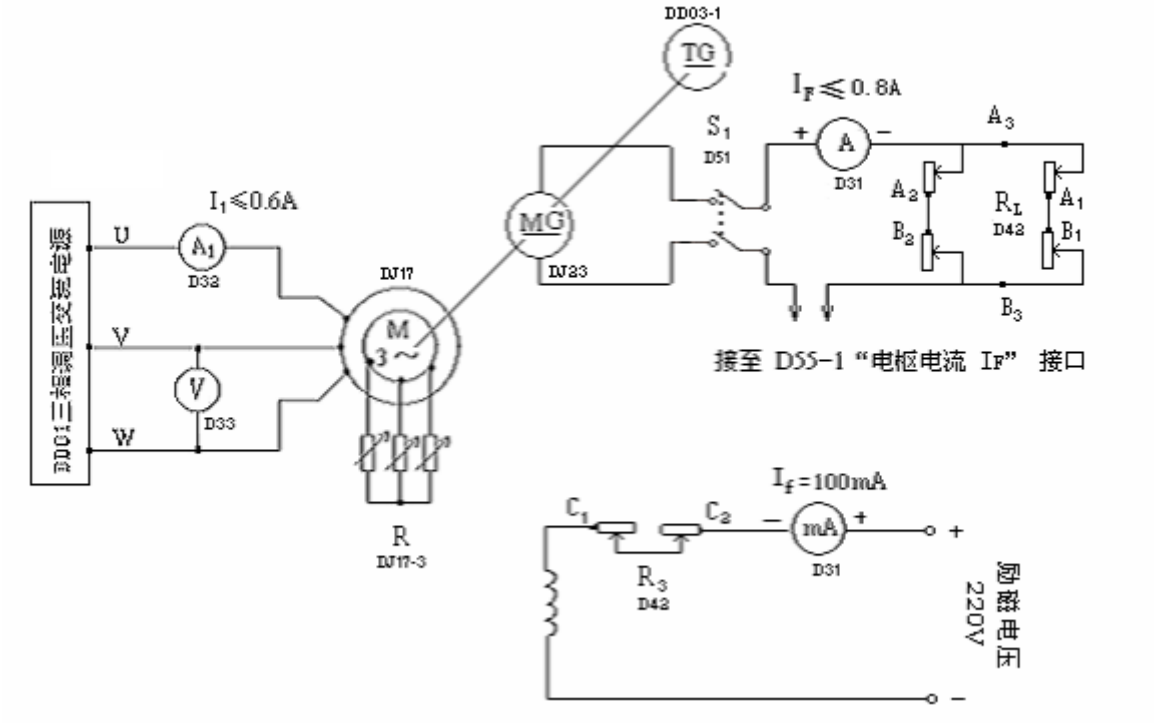


图 6-1 三相绕线转子异步电动机机械特性测定实验接线图

1）图 6-1 中电动机 M 选用 DJ15 三相绕线转子异步电动机，定子绕组按星形接线。直流发电机 MG 选用 DJ23 校正直流测功机替代，按他励直流发电机接线，在此作为三相异步电动机的负载，TG 是测速发电机，M、MG、TG 之间是用联轴器直接联接好的，电机额定值见铭牌或附录 5 。

2）电动机转矩、转速和输出功率的测量选用 D55-1 挂件,并使用专用导线进行连接，D55-1 挂件的具体使用说明见附录 1。

同时，也可用 DD03 电机实验测试台上的 DD03-1 指针式转速表测量电机的转速，

应根据电机的额定转速和实验中可能达到的最大值来选择转速表量程，当电机转速低于 1800 转/分时，转速切换开关应选择“1800” 挡；高于 1800 转/分时，则选择“3600”这一挡。电动机起动后，如转速表指针反偏，可拨动正、反向开关纠正。

3）交流电压表 V 选用 D33 挂件，交流电流表 A_1 选用 D32 挂件，并根据 DJ15 三相绕线转子异步电动机的额定值和实验中达到的最大值来选择合适的量程。

4）直流安培表 A、直流毫安表 mA 选用 D31 挂件，并根据 DJ23 校正直流测功机的额定值选择合适的量程。

5)三相绕线转子异步电动机转子绕组串联电阻 R 选用 DJ17－3 绕线转子异步电动机转子专用箱。发电机负载电阻 R_L 选用 D42 挂件上的电阻 R_1 、R_2，先串联后再并联，阻值为 1800Ω，发电机励磁绕组串联电阻 R_3 选用 D42 挂件上 C_2 和 C_1 之间的 1800Ω 电阻。

6）开关 S_1 选用 D51 挂件。

2．选择仪表量程

1）交流电压表 V 的量程选用 300 V 挡， 交流电流表 A_1 的量程选用 2.5 A 挡。

2）直流毫安表 mA 的量程选用 200mA 挡，直流安培表 A 的量程选用 5 A 挡。

3）D55－1 挂件测量功能选择：首先打开电源开关，当数字转速表出现“2”时，按下功能键，当数字转速表出现“100”时，按下“位” 键，此时数字转矩表显示“0.182”，说明该设备工作正常。

六、实验原理

和测定直流电动机的机械特性一样，测定三相异步电动机的机械特性，仍然需要他励直流发电机作为被试异步电动机的负载 ，即利用负载发电机 MG 工作在发电状态来测定电动机 M 的固有机械特性和人为机械特性。此时负载发电机对电动机提供的阻转矩为：

$$T = C_T \Phi I_a = C_T \Phi \frac{E}{R_a + R_L} = \frac{C_T \Phi \cdot C_E \Phi n}{R_a + R_L}$$

$$\text{即} \quad n = \frac{R_a + R_L}{C_T C_E \Phi^2} T$$

（R_a—发电机电枢绕组电阻，R_L—发电机负载电阻）

可见，负载发电机 n=f（T）特性曲线为通过直角坐标原点的直线，直线的斜率随

发电机负载电阻 R_L 的变化而变化，根据负载转矩正方向的规定，这条直线位于第一、第三象限。 负载发电机的激磁不变，改变 R_L，得到一曲线族（R_L ＞ R_L' ＞ R_L''），当测定异步电动机固有特性（直线部分）和人为机械特性（直线部分）时，它们与机械特性（直线部分）分别交于 a、b、c 等点，这些点就是待测的稳定运行点，见图 6-2 。

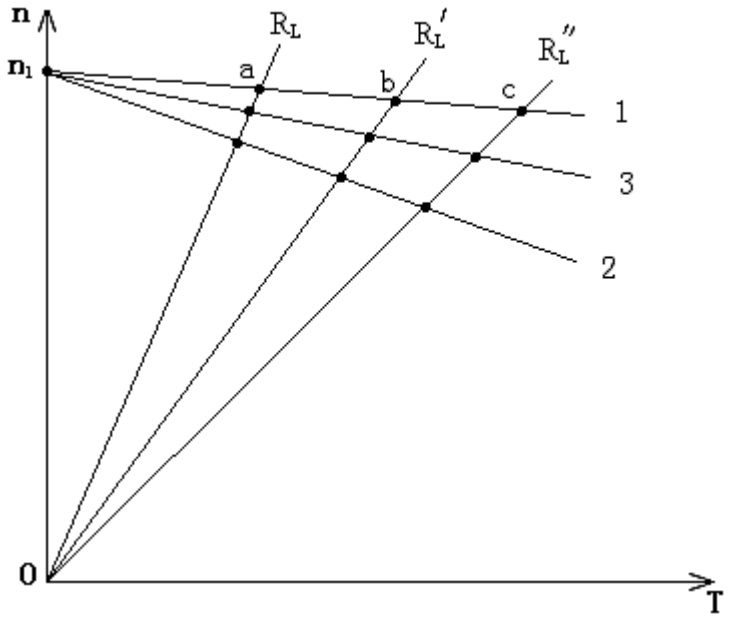


图 6-2

1．固有机械特性

2．转子串电阻人为机械特性

3．降低定子端电压人为机械特性

七、实验内容及方法

三相绕线转子异步电动机起动之前，分别将 DJ17－3 绕线转子异步电动机转子专用箱电阻 R 、D42 挂件电阻 R_1、R_2、R_3 调到最大，并将开关 S_1 置于断开位置，作好起动准备。

按下绿色“启动”按钮，使三相异步电动机起动，然后接通直流励磁电源开关，调节 D42 挂件电阻 R_3，使他励直流发电机励磁电流 I_f＝100mA。

1．固有机械特性测定

在三相绕线转子异步电动机定子端电压 U_1＝U_N＝220V 、转子绕组串联电阻 R＝0Ω 的条件下，测取固有机械特性 n＝f（T）。

1）三相异步电动机起动后，将转子专用箱电阻 R 调到 0Ω。

2）读取电动机的输出转矩和转速值，记录第一组数据（固有机械特性上的空载点）。

3）闭合开关 S_1 ，读取电动机的输出转矩和转速值，记录第二组数据。

4）逐次调节减小 D42 挂件电阻 R_1、R_2，注意要同时同步调节两个电阻，读取对应的转矩和转速值，**同时监视交流电流表 A_1，直到异步电动机定子电流 I_1＝0.6A 为止，**其间共读取 5～6 组数据，并记录于表 6-2 中。

表 6-2　固有机械特性测定实验数据记录表

$U＝U_N＝220V$　　R＝0Ω

I（A）								
n（r/min）								
T（N·m）								

5）测量完毕，将 D42 挂件电阻 R_1、R_2 同时同步调到最大，并将开关 S_1 断开。

固有机械特性测定完毕后，可以不停机，接着进行转子绕组串电阻人为机械特性测定。

2．转子绕组串三相对称电阻人为机械特性测定

在三相绕线转子异步电动机定子端电压 $U_1＝U_N＝220V$ 、转子绕组串联电阻 R＝60Ω 的条件下，测取转子绕组串三相对称电阻人为机械特性 n＝f（T）。

1）调节转子专用箱电阻 R＝60Ω 后，读取电动机的输出转矩和转速值，记录第一组数据（串电阻人为机械特性上的空载点）。

2）闭合开关 S_1 ，读取电动机的输出转矩和转速值，记录第二组数据。

3）逐次调节减小 D42 挂件电阻 R_1、R_2，注意要同时同步调节两个电阻，读取对应的转矩和转速值，**同时监视交流电流表 A_1，直到异步电动机定子电流 I_1＝0.6A 为止，**其间共读取 5～6 组数据，并记录于表 6-3 中。

表 6－3　转子绕组串三相对称电阻人为机械特性测定实验数据记录表

$U_1＝U_N＝220V$　　R=60Ω

I（A）								
n（r/min）								
T（N·m）								

4）测量完毕，将 D42 挂件电阻 R_1、R_2 同时同步调到最大，转子专用箱电阻 R 调到 0Ω，并将开关 S_1 断开。

转子绕组串电阻人为机械特性测定完毕后，可以不停机，接着进行降低定子端电

压人为机械特性测定。

3．降低定子端电压人为机械特性测定

在三相绕线转子异步电动机定子端电压 U_1＝180V、转子绕组串联电阻 R＝0Ω 的条件下，测取降低定子端电压人为机械特性 n＝f（T）。

1）旋转三相交流调压器旋钮使其输出电压达到 U_1＝180V 后，读取电动机的输出转矩和转速值，记录第一组数据（降压人为机械特性上的空载点）。

2）闭合开关 S_1 ，读取电动机的输出转矩和转速值，记录第二组数据。

3）逐次调节减小 D42 挂件电阻 R_1、R_2，注意要同时同步调节两个电阻，读取对应的转矩和转速值，**同时监视交流电流表 A_1 ，直到异步电动机定子电流 I_1＝0.6A 为止，**其间共读取 5～6 组数据，并记录于表 6-4 中。

表 6-4　降低定子端电压人为机械特性测定实验数据记录表

U_1＝180V　　R＝0Ω

I（A）								
n（r/min）								
T（N·m）								

4）实验完毕，按下红色“停止”按钮，关断电源总开关。

实验注意事项：

在实验中，要同时同步调节 D42 挂件上的电阻 R_1、R_2 的大小，以免两个支路的电流不平衡或过载，烧坏电阻器。同时还要监视交流电流表 A_1，使三相异步电动机的定子绕组电流 I_1≤0.6A。（异步电动机的额定电流 I_N＝0.6A）

八、实验报告要求

1．根据实验数据绘制电动机在三种运转状态下的机械特性曲线 n＝f（T）。

2．说明三相异步电动机的人为机械特性指的是什么？利用人为机械特性可以对三相异步电动机进行什么控制？

3．说明实验中是如何调节三相异步电动机轴上的负载转矩 T_2 的 ？负载发电机回路电阻增大时转速如何变化?

4. 对实验结果进行分析与讨论。

实验八　单相电机和步进电机实验

一、实验目的

1．掌握单相异步电动机的起动方法。

2．了解步进电机驱动电源和步进电动机的各种运行方式。

二、实验项目

1．单相异步电动机的起动。

2．步进电动机各种运行方式的控制。

3．步进电动机角位移和脉冲数的关系。

三、预习要点

1．了解单相异步电动机的基本原理。

2．掌握步进电动机的工作原理和基本特点。

四、实验设备

表 7-1 实验所需设备

序 号	型　号	名　　称	数 量
1	DD03	电机实验测试台	1 件
2	DJ20	单相电容运转异步电动机	1 件
3	D44	可调电阻器、电容器	1 件
4	D51	波形测试及开关板	1 件
5	D54	步进电机智能控制箱	1 件
6	BSZ-1	步进电机实验装置	1 件

五、实验内容及方法

本次实验使用 DD01 电源控制屏上方的交流电源。

接线之前，开启电源总开关，将电源控制屏上方的“电压指示切换”开关切换到“三相调压输出”位置，按下绿色“启动”按钮，旋转三相调压器旋钮，将其输出电

压调到 220V 后，按下红色“停止”按钮。

1．单相异步电动机起动实验

（1）单相异步电动机起动实验接线

单相异步电动机起动实验接线如图 7-1 所示。

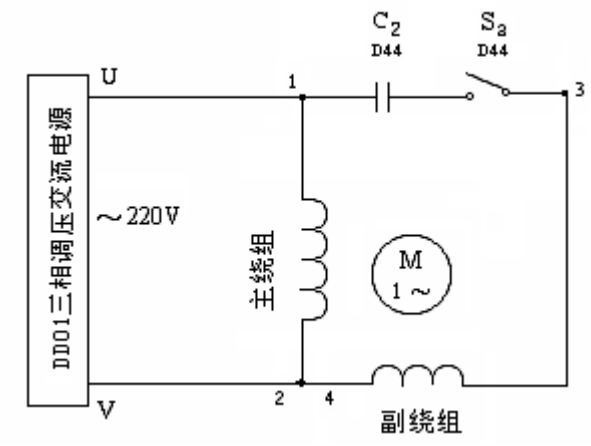


图 7-1 单相异步电动机起动实验接线图

1）图 7-1 中，电机 M 选用 DJ20 单相电容运转异步电动机，电机额定值见铭牌或附录 5。

2）外配电容 C_2 选用 D44 挂件上的 4μF 电容，开关 S_2 选自 D44 挂件。

（2）实验步骤

1）电动机起动之前，将开关 S_2 置于断开位置（即不接入副绕组和电容 C_2），按下绿色“启动”按钮，观察电动机的起动情况。

2）闭合开关 S_2（即接入副绕组和电容 C_2），观察电动机的起动情况。

3）电机起动后，待电机转速平稳，断开开关 S_2，观察电动机的运行情况。

4）观察完毕，按下红色“停止”按钮。

2．步进电动机各种运行方式的控制

在自动控制系统中，常常需要把数字信号转换为角位移，步进电动机就是一种用电脉冲进行控制、将电脉冲信号转换成相应角位移的电动机。

步进电动机输入一个电脉冲就前进一步，其输出的角位移与输入的脉冲数成正比，转速与脉冲频率成正比。当脉冲连续输入时，电动机可连续运行。

步进电动机实验接线如图 7-2 所示。

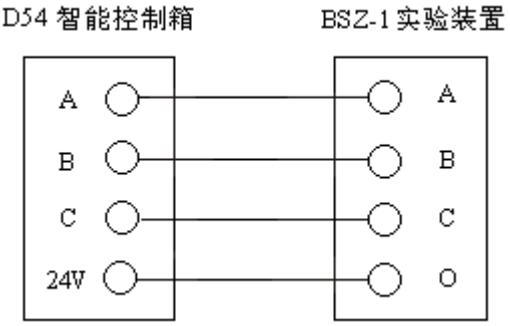


图 7-2 步进电动机实验接线图

实验选用 D54 步进电机智能控制箱和 BSZ-1 步进电机实验装置。D54 步进电机智能控制箱和 BSZ-1 步进电机实验装置的使用说明见附录 3 和附录 4。

开启 D54 智能控制箱电源开关，这时面板上的三位数字频率计将显示“000”，由六位 LED 数码管组成的步进电机运行状态显示器自动进入“9→8→7→6→5→4→3→2→1→0” 动态自检过程，而后停显在系统的初态上（“┤.3” ）。

（1）单步运行

该状态（“┤.3” ）为三相单拍单步运行状态，按“执行”键，每按一次“执行”键，完成一拍的运行，步进电机走过一个步距角，绕组相应的发光管发亮，不断的按执行键，步进电机也不断作三相单拍步进运行。

（2）连续运行

先按**“复位”** 键 ，然后按**“设置”**键 ，状态显示器显示三相单拍连续运行状态（**“┤3000”** ），按**“执行”** 键，步进电机作三相单拍连续运行。

根据所需的步进电机运行方式，可分别操作**“拍数”** 、**“转向”**和**“相数”**三个键，最后按**“执行”** 键，即可实现各种状态的单步运行和连续运行。三个键的具体操作见附录 3。

（3）预置数运行

设定“拍数” 、“转向”和“相数” 后，分别操作“数位”键和“数据”键可进行预置数设定，具体操作见附录 3。

（4）步进电机转速的调节与电脉冲频率显示

按 **“设置”**键，设置成连续运行状态，按**“执行”**键 ，步进电机连续运行。

调节 D54 智能控制箱面板上的**“速度调节”**旋钮，即改变电脉冲的频率，从而改变了步进电机的转速，频率计同时显示出输入序列脉冲的频率。

3. 步进电动机角位移和脉冲数的关系

接通控制箱电源，设置好预置步数，按执行键，电机运转，观察电机偏转角度，记录于表 7-2 中，并利用公式计算电机偏转角度与实际值是否一致。

表 7-2　步进电动机角位移和脉冲数的关系实验数据记录表

步数 =　　步

序　号	实际电机偏转角度	理论电机偏转角度

实验完毕，关断 D54 智能控制箱电源开关，按下红色“停止”按钮，关断电源总开关。

六、实验报告要求

1．根据实验结果说明单相异步电动机的基本原理和起动方法。

2．根据结果说明步进电动机角位移和脉冲数的关系，利用公式计算电机偏转角度与实际值是否一致，为什么？

3. 单相异步电动机在起动以后，断开起动绕组是否可以继续运行?

4. 步进电动机在不同运行方式下步矩角一样吗？说出不同运行方式下步矩角的关系。

5. 步进电动机的转速与脉冲频率是什么关系?

6. 对实验结果进行分析与讨论。

1

附录 1

D55－1 智能转矩、转速、输出功率表使用说明

D55－1 智能转矩、转速、输出功率表采用单片机技术，集转矩、转速、输出功率测量于一体。5 位 LED 显示器，操作简单，数据稳定，可大大提高实验效率及实验精度。

一、主要技术指标

1、可测量 T（转矩）、n（转速）、P（输出功率表），有存储、读取及通讯等功能。

2、精度等级：1 级

3、PC 接口：MAX232

4、供电电源：AC 220±5%

二、面板简介

D55－1 面板上有“ 复位” 、“ 功能” 、“ 存储 / ×” 、“ 位 / ＋” 、“数 / －” 5 个键和 15 个数码显示器，可方便的进行各种操作。

1、功能键：选择及锁定当前功能。

2、数位键：“ 位 / ＋” 选择当前数据位或确认当前状态。

3、数据键：“数 / －” 设定数据或否定当前状态。

4、确定键：“ 存储 / ×”删除和存储当前数据。

5、复位键：由于死机等原因使系统复位。

6、电流插座：测功机电流信号输入。

7、航空插头：转速信号输入。

8、RS232 接口：与计算机通讯。

9、船形开关：电源控制开关。

10、保险丝：0.5 A

三、使用说明

打开电源(或复位后),三个 5 位 LED 显示器分别显示“d55－1 7ype2 Func”、“n 15u P. LOAd” 、“1 2R end” ，表示调试数据已存入，然后进入功能浏览状态，循环显示“Func 1 P5ee 、 Func 2 te5t 、 Func 3 to pc 、Func 4 d15p” 。分别

表示参数浏览、测试、查阅存储数据和通信四大功能。

选择功能 1： 进入参数浏览功能，查看每挡转速对应测速发电机发出的电压值。

选择功能 2：进入测试菜单显示“I_F= 100? yn +－?” 、（D55－1 供用户选择的 I_F 为100mA 与 50mA 两种，一般用 100mA），表示问用户测功机电流 I_F 是否取 100mA ？用户可用“ 位／＋” 键作肯定回答表示选测功机电流 I_F=100mA，用“数／－”键作否定回答表示选测功机电流 I_F= 50mA。然后进入测试状态。上、中、下三组显示器分别显示转矩 T（N.m）、转速 n(r/min) 、输出功率 P（W）。在测试状态时,用户可按“ 存储／×”保存当前数据。显示器用“t n P no.01 Stord”以示用户数据已保存。no.01 中的 01 表示存储了第一组数据。用功能和复位键可退出测试状态。

选择功能 3：D55－1 在测试状态下即可直接通信。此功能现已不用。

选择功能 4：进入数据查阅，用户用“ 位／＋”键 、“数／－”键及左上角数码管的显示能很方便地查阅所存数据。

四、使用方法

使用时，将四芯屏蔽线把测速发电机上的转速信号输入 D55－1 中，电流插头线（红线表示正极）把校正直流测功机电枢电流输出信号输入 D55－1 中，联接通讯到计算机串口，选择功能 2，按“ 位／＋”键即可进行测试。

附录 2

D34-3 单三相智能功率、功率因数表使用说明

本仪表采用了单片机技术和高速、高精度 A / D 转换器件，使整机有良好的技术性能，且结构简洁，性能稳定可靠，测试精度高，读数清晰，数据存贮，操作简便和多功能等突出的优点，是功率测量的理想仪器。

一、主要技术指标

1、功能：可测量三相交流负载的总功率或单相交流负载的功率，可显示电路的功率因数及负载性质、周期、频率，可记录、贮存和查询 15 组数据等。

2、测量精度：＜1%

3、量程范围：电压 0 ~ 450V、电流 0 ~ 5A（量程分 8 挡自动切换）

4、供电电源：AC 220V±5%，50HZ

二、面板简介

面板上有两组键盘，每组五个键，在实际测试过程中只用到“复位” 、“功能” 、“确认”三个键。

1、“功能”键：是仪表测试与显示功能的选择键。若连续按动该键七次，则五只数码管将显示七种不同的功能指示符。七个功能符代表的含义见下表：

次数	1	2	3	4	5	6	7
显示	P.	COS.	FUC.	CCP.	dA.CO.	dSPLA.	PC.
含义	功率	功率因数及负载性质	被测信号频率	被测信号周期	数据记录	数据查询	升级后使用

2、“确认”键：在选定上述六个功能后，按一下“确认”键，该组显示器将切换显示该功能下的测试结果数据。

3、“复位” 键：在任何状态下，只要按下此键，系统便恢复到初始状态。

三、使用方法

1、数据读取：

接好线路 → 开机（或按“复位键” ）→ 选定功能（前四个功能之一）→ 按“确认”键 → 待显示的数据稳定后，读取数据（功率单位为：W；频率单位为：HZ；周期单位为：ms）。

2、数据记录：

一组数据读取后→选定 dA.CO 功能 → 按“确认”键 → 显示 1（表示第一组数已经贮存好）。如重复上述操作，显示器将顺序显示 2、3、…… E、F，表示共记录并贮存了 16 组测量数据。

3、数据查询：

选定 dSPLA 功能 → 按“确认”键 → 显示最后一组贮存的功率值 → 再按“确认”键，显示最后一组贮存的功率因数值及负载性质（闪动位表示贮存数据的组别，第二位显示负载性质，C 表示容性，L 表示感性，后三位为功率因数值。），再按“确认”键 → 显示倒数第二组的功率值 …… （显示顺序为从第 F 组到第一组）。可见，在需要查询结果数据时，每组数据需要分别按动两次“确认”键，以分别显示功率和功率因数值及负载性质。

四、注意事项

1、在测量过程中，外来的干扰信号难免要干扰主机的运行，若出现死机，请按“复位”键 。

2、必须在测试了一组数据之后，才能用“dA.CO”项作记录。

3、“数据”键与“数位”键在正常测试情况下不使用，仅出厂调试时才用到。

4、测量过程中显示器显示 COU，表示要继续按功能键。

5、选择测量功率时，在按过“确认”键后，需等显示的数据跳变 8 次，稳定后再读取数据。

6、本仪器的 PC 功能为留待本仪器升级后使用。

附录 3

步进电机智能控制箱使用说明

本控制箱用以控制步进电机的各种运行方式，它的控制功能是由单片机来实现的。通过键盘的操作和不同的显示方式来确定步进电机的运行状况。

本控制箱可适用于三相、四相、五相步进电动机的各种运行方式的控制。

因实验装置仅提供三相反应式步进电动机，故控制箱只提供三相步进电动机的驱动电源，面板上也只装有三相步进电动机的绕组接口。

一、主要技术指标

功能：可实现单步运行、连续运行和预置数运行；能实现单拍、双拍及电机的可逆运行。

供电电源：AC 220V±10% ，50HZ

电脉冲频率：5Hz—1KHz

二、面板简介

1、电源开关

开启电源开关，这时面板上的三位数字频率计将显示：“**000**” ；由六位 LED 数码管组成的步进电机运行状态显示器自动进入“**9999→8888→7777→6666→5555→4444→3333→2222→1111→0000**”动态自检过程，而后停显在系统的初态“**┤.3**” 。

2、控制键盘功能说明

设置键：手动单步运行方式和连续运行各方式的选择。

拍数键：单三拍、双三拍、三相六拍等运行方式的选择。

相数键：电机相数（三相、四相、五相）的选择。

转向键：电机正、反转选择。

数位键：预置步数的数据位设置。

数据键：预置步数位的数据设置。

执行键：执行当前运行状态。

复位键：由于意外原因导致系统死机时可按此键，经动态自检过程后返回系统初态。

三、使用说明

1、控制系统试运行

暂不接步进电机绕组，开启电源进入系统初态后，即可进入试运行操作。

（1）单步操作运行：

每按下一次**“执行”**键，完成一拍的运行，若连续按**“执行”**键，状态显示器的末位将依次循环显示“**B→C→A→B …**” ；由五只 LED 发光二极管组成的绕组通电状态指示器将循环点亮，以表示电脉冲的分配规律。

（2）连续运行：

按**“设置”**键 ，状态显示器显示“**┤3000**” ，称此状态为连续运行的初态。此时，可分别操作“**拍数**” 、**“转向”**和**“相数**”三个键，可确定步进电机当前所需的运行方式。最后按**“执行”** 键，即可实现各种状态的连续运行。三个键的具体操作（在状态显示器显示“**┤3000**”状态下操作）如下：

1）按**“拍数”**键：状态显示器首位数码管显示在“**┤**” 、“**⊐**” 、“**∃**”之间切换，分别表示三相单拍、三相六拍和三相双三拍运行方式。

2）按**“相数”**键：状态显示器的第二位，在“**3**、**4**、**5**”之间切换，分别表示为三相、四相、五相步进电机运行。（按**“相数”**键改变相数必须在按**“拍数”**键改变运行方式之后进行。）

3）按**“转向”**键：状态显示器的首位在“**┤**”（或“**⊐**” ，或“**∃**” ）与“**├**”（或“**⊏**” ，或“**⊦**” ）之间切换。“**┤**”（“**⊐**” 、“**∃**” ）表示正转，“**├**” （“**⊏**” 、“**⊦**” ）表示反转。

（3）预置数运行：

设定**“拍数”** 、**“转向”**和**“相数”**后，可进行预置数设定，其步骤如下：

1）操作**“数位”**键，可使状态显示器逐位显示“**0.**” ，出现小数点的位即为选中位。（如 1~9 步为“**0.**”,10~99 步为“**0.0**” ，100~999 步为“**0.00**” 。）

2）操作**“数据”**键，写入该位所需的数字。（如 5 步为**“5.**”，如 50 步为**“5.0**”，如 500 步为“**5.00**” 。）

3）根据所需的总步数，分别操作**“数位”**和**“数据”**键，将总步数的各位写入显示器的相应位。至此，预置数设定操作结束。

4)按**“执行”**键，状态显示器作自动减 1 运算，直到减至 0 后，自动返回连续运行的初态。

2、步进电机转速的调节与电脉冲频率显示

调节面板上的**“速度调节”**电位器旋钮，即可改变电脉冲的频率，从而改变了步进电机的转速。同时，由频率计显示出输入序列脉冲的频率。

3、脉冲波形观测

在面板上设有序列脉冲和步进电机三相绕组驱动电源的脉冲波形观测点，分别将各观测点接到示波器的输入端，即可观测到相应的脉冲波形。经控制系统试运行无误后，即可接入步进电机的实验装置，以完成实验指导书所规定的各项实验内容。

附录 4

BSZ-1 型步进电机实验装置使用说明

该装置系统由步进电动机、刻度盘、指针以及弹簧测力矩机构组成。

一、步进电动机技术数据

型号：70BF10C

相数：三相

每相绕组电阻：1.2Ω

每相静态电流：3A

直流励磁电压：24V

最大静力矩：6kgf.cm

二、装置结构

1、本装置已将步进电动机紧固在实验架上，步进电动机的绕组已按星形（“Y”形）接好并已将四个引出线接在装置的四个接线端上。运行时只需将这四个接线端与智能控制箱的对应输入端相连接即可。

2、步进电动机转轴上固定有红色指针及力矩测量盘，底面是刻度盘（刻度盘的最小分度为 1º）。

3、本装置门形支架的上端，装有定滑轮和一固定支点（采用卡簧结构），20N 的弹簧秤连接在固定支点上，30N 的弹簧秤通过丝线与下滑轮、测量盘、棘轮机构等连接。装置的下方设有棘轮机构。整套系统由丝绳把棘轮机构、定滑轮、弹簧秤、力矩测量盘等连接起来构成一套完整的力矩测量系统。

附录 5

实验用变压器、电机铭牌数据一览表及使用说明

实验用变压器、电机铭牌数据一览表

序号	编号	名　　称	P_N (W)	U_N (V)	I_N (A)	n_N (r/min)	U_{FN} (V)	I_{FN} (A)	备 注
1	DJ11	三相组式变压器	230/230	380/95	0.35/1.4				
2	DJ15	直流并励电动机	185	220	1.2	1600	220	＜0.13	
3	DJ16	三相鼠笼式异步电动机	100	220(Δ)	0.5	1420			
4	DJ17	三相绕线式异步电动机	120	220(Y)	0.65	1380			
5	DJ20	单相电容运转电机	120	220	1.0	1420			C=4μF
6	DJ23	校正直流测功机	355	220	2.2	1500	220	＜0.16	

DJ11 组式变压器使用说明

DJ11 组式变压器由三只相同的双绕组单相变压器组成，每只单相变压器的高压绕组的额定值为 220V 、0.35A ，低压绕组的额定值为 55 V 、1.4A 。

三只变压器可单独做单相变压器实验，也可将其连成三相变压器组进行实验，此时，三相高压绕组的首端分别用 A、B、C 标号，其对应的末端用 X、Y、Z 标号，三相低压绕组的首端分别用小写的 a、b、c 标号，其对应的末端用 小写 x、y、z 标号。

DJ15 直流并励电动机使用说明

DJ15 直流并励电动机电枢绕组和励磁绕组的接线端子均已引到接线板上，接线时电枢绕组和励磁绕组的红色接线柱接电源正端，黑色接线柱接电源负端，直流电动机即可正转。

DJ17 三相绕线式异步电动机使用说明

DJ17 三相绕线式异步电动机采用星形接法（额定电压 220 V ），电动机的定子三相绕组和转子三相绕组的接线端子均已引到接线板上，接线时把电机定子 A、B、C 三相绕组的 A 相（黄）、B 相（绿）、C 相（红）三个接线端与控制屏交流电源输出端的 U（黄）V（绿）、W（红）对应起来，电机即可正转。右边的四个接线柱是电机转子三相绕组的接线端，三个红色接线柱分别是三相转子绕组的一端，另一个黑色接线柱是三相转子绕组的公共端，转子绕组既可以串接电阻，也可以直接短路。

DJ20 单相电容运转异步电动机使用说明

DJ20 单相电容运转异步电动机的接线端子均已引到接线板上，实验时只要从控制屏三相交流输出端取两相 220 V 电压即可。运转电容采用 D44 挂件中的 4 μF 电容。

DJ23 校正直流测功机使用说明

DJ23 校正直流测功机可以当作测功机使用，这时它是直流发电机，作为直流电动机的负载，用于测量电动机的转速、转矩和输出功率。也可以当作直流电动机使用，作电机机械特性实验。

电枢绕组和励磁绕组的接线端均已引到接线板上，接线时电枢绕组和励磁绕组的红色接线柱接电源正端，黑色接线柱接电源负端，即可正转或发出相应的直流电压。

附录 6

D31 直流数字电压表、毫安表、安培表使用说明

D31 属有源挂件，包括直流数字电压表、毫安表、安培表。在使用过程中要特别注意应预先估计被测量的范围，以此来正确选择适当的量程，否则易损坏仪表。

直流数字电压表的使用说明

通过导线将 +、- 两极并接到被测对象的两端，对四挡琴键开关进行操作，完成电压表的接入和对量程的选择。电压表的+、- 两极要与被测对象的正负端对应，否则电压表表头的第一个数码管将会出现 “-” ，表示极性接反。

直流数字毫安表的使用说明

通过导线将 +、- 两端串接到被测电路中，对四挡琴键开关进行操作，完成毫安表的接入和对量程的选择。如果极性接反，毫安表表头的第一个数码管将会出现 “-”。

直流数字安培表使用说明

通过导线将 +、- 两端串接到被测电路中，按下开关按钮，数码管便显示被测电流值。如果极性接反，安培表表头的第一个数码管将会出现 “-” 。

附录 7

D32 交流电流表、D33 交流电压表使用说明

D32 交流电流表使用说明

属有源挂件，共有三个完全相同的多量程指针式交流电流表，各表都设置了四个量程（0.25A、1A、2.5A、5A），并通过黑色琴键开关进行切换。

实验接线要与被测电路串联，量程换挡及不需要指示测量值时，将红色“测量/短接”键处于“短接”状态；需要测量时，将“测量/短接”键处于“测量”状态。

根据测量电流的大小，选择合适的输入口。如：当测量电流小于 0.25A 时，选择“0.25A” 、“*”这两个输入口；当测量电流大于 0.25A 小于 1A 时，选择“1A” 、“*”这两个输入口；当测量电流大于 1A 小于 2.5A 时，选择“2.5A” 、“*”这两个输入口；当测量电流大于 2.5A 小于 5A 时，选择“5A” 、“*” 这两个输入口。

使用前要估算被测量电流值的大小，以此来选择合适的量程，并按下该量程按键，相应的绿色指示灯亮，指针指示出被测量值。

若测量值超过仪表某量程的量限，则告警指示灯亮，蜂鸣器发出告警信号，并使控制屏内的接触器跳开。将该量程仪表的“复位”按钮按一下，蜂鸣器停止发出声音，重新选择量程或将测量值减小到原量程的测量范围内，再启动控制屏，方可继续实验。

D33 交流电压表使用说明

属有源挂件，共有三个完全相同的多量程指式交流电压表，各表都设置了五个量程（30V 、75V 、150V、300V、450V），并通过黑色琴键开关进行切换。

实验接线要与被测电路并联，并估算被测量电压值的大小，以此选择合适的量程按键。按下该量程按键，相应的绿色指示灯亮，指针指示出被测量值。

若测量值超过仪表某量程的量限，则告警指示灯亮，蜂鸣器发出告警信号，并使控制屏内的接触器跳开。将该量程仪表的“复位”按钮按一下，蜂鸣器停止发出声音，重新选择量程或将测量值减小到原量程的测量范围内，再启动控制屏，方可继续实验。

附录 8

DD03－1 指针式转速表使用说明

DD03－1 指针式转速表用于电机转速的测量，使用前应根据电机铭牌上的额定转速和实验中可能达到的最大值来选择转速表量程。转速表面板上设有“正向”与“反向”，“1800”与“3600”的转换开关。当电机转速低于 1800 转/分时，转速切换开关应选择“1800”挡；高于 1800 转/分时，则选择“3600”这一挡。

测速时，以测速发电机轴顺时针方向旋转为正向，反之为反向。面板上正、反向的指示应与电机转向相一致，否则，指针反偏。电机起动后，如转速表指针反偏，可拨动正、反向开关纠正。