

第1章 直流电机

实验一 认识实验

一. 实验目的

1. 学习电机实验的基本要求与安全操作注意事项。
2. 认识在直流电机实验中所用的电机、仪表、变阻器等组件及使用方法。
3. 熟悉他励电动机（即并励电动机按他励方式）的接线、起动、改变电机方向与调速的方法。

二. 预习要点

1. 如何正确选择使用仪器仪表。特别是电压表、电流表的量程。
2. 直流他励电动机起动时，为什么在电枢回路中需要串联起动变阻器？不连接会产生什么严重后果？
3. 直流电动机起动时，励磁回路连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方法。

三. 实验项目

1. 了解 MEL 系列电机系统教学实验台中的直流稳压电源、涡流测功机、变阻器、多量程直流电压表、电流表、毫安表及直流电动机的使用方法。
2. 用伏安法测直流电动机和直流发电机的电枢绕组的冷态电阻。
3. 直流他励电动机的起动，调速及改变转向。

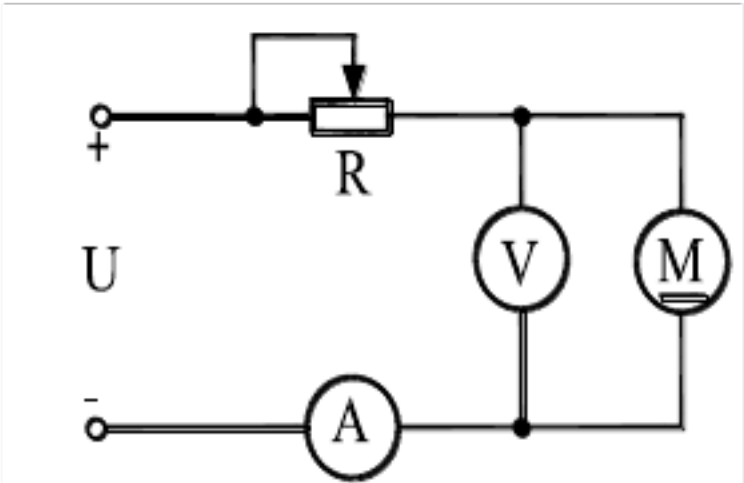
四. 实验设备及仪器

1. MEL 系列电机系统教学实验台主控制屏（MEL-I、MEL-IIA、B）
2. 电机导轨及测功机、转速转矩测量（MEL-13）或电机导轨及校正直流发电机
3. 直流并励电动机 M03
4. 220V 直流可调稳压电源（位于实验台主控制屏的下部）
5. 电机起动箱（MEL-09）。

6. 直流电压、毫安、安培表（MEL-06）。

五. 实验说明及操作步骤

- 1. 由实验指导人员讲解电机实验的基本要求，实验台各面板的布置及使用方法，注意事项。
- 2. 在控制屏上按次序悬挂 MEL-13、MEL-09 组件，并检查 MEL-13 和涡流测功机的连接。
- 3. 用伏安法测电枢的直流电阻，接线原理图见图 1-1。



U: 可调直流稳压电源
R: 3000 Ω 磁场调节电阻 (MEL-09)
V: 直流电压表 (MEL-06)
A: 直流安培表 (MEL-06)
M: 直流电机电枢

图1-1 测电枢绕组直流电阻接线图

(1) 经检查接线无误后，逆时针调节磁场调节电阻 R 使至最大。直流电压表量程选为 300V 档，直流安培表量程选为 2A 档。

(2) 按顺序按下主控制屏绿色“闭合”按钮开关，可调直流稳压电源的船形开关以及复位开关，建立直流电源，并调节直流电源至 220V 输出。

调节 R 使电枢电流达到 0.2A（如果电流太大，可能由于剩磁的作用使电机旋转，测量无法进行，如果此时电流太小，可能由于接触电阻产生较大的误差），迅速测取电机电枢两端电压 U_M 和电流 I_a 。将电机转子分别旋转三分之一和三分之二周，同样测取 U_M 、 I_a ，填入表 1-1。

(3) 增大 R（逆时针旋转）使电流分别达到 0.15A 和 0.1A，用上述方法测取六组数据，填入表 1-1。

取三次测量的平均值作为实际冷态电阻值 $R_a = \frac{R_{a1} + R_{a2} + R_{a3}}{3}$ 。

表 1-1

室温_____℃

序号	U_M (V)	I_a (A)	R (Ω)		R_a 平均 (Ω)	R_{aref} (Ω)
1			R_{a11}	R_{a1}		
			R_{a12}			
			R_{a13}			
2			R_{a21}	R_{a2}		

			R_{a22}			
			R_{a23}			
3			R_{a31}	R_{a3}		
			R_{a32}			
			R_{a33}			

表中 $R_{a1} = (R_{a11} + R_{a12} + R_{a13}) / 3$
 $R_{a2} = (R_{a21} + R_{a22} + R_{a23}) / 3$
 $R_{a3} = (R_{a31} + R_{a32} + R_{a33}) / 3$
 (4) 计算基准工作温度时的电枢电阻
 由实验测得电枢绕组电阻值，此值为实际冷态电阻值，冷态温度为室温。按下式换算到基准工作温度时的电枢绕组电阻值：

$$R_{aref} = R_a \frac{235 + \theta_{ref}}{235 + \theta_a}$$

式中 R_{aref} ——换算到基准工作温度时电枢绕组电阻。(Ω)
 R_a ——电枢绕组的实际冷态电阻。(Ω)
 θ_{ref} ——基准工作温度，对于 E 级绝缘为 75℃。
 θ_a ——实际冷态时电枢绕组的温度。(℃)

4. 直流仪表、转速表和变阻器的选择。
 直流仪表、转速表量程是根据电机的额定值和实验中可能达到的最大值来选择，变阻器根据实验要求来选用，并按电流的大小选择串联，并联或串并联的接法。

- (1) 电压量程的选择
 如测量电动机两端为 220V 的直流电压，选用直流电压表为 300V 量程档。
- (2) 电流量程的选择。
 因为直流并励电动机的额定电流为 1.1A，测量电枢电流的电表可选用 2A 量程档，额定励磁电流小于 0.16A，测量励磁电流的毫安表选用 200mA 量程档。
- (3) 电机额定转速为 1600r/min，若采用指针表和测速发电机，则选用 1800r/min 量程档。若采用光电编码器，则不需要量程选择。

(4) 变阻器的选择
 变阻器选用的原则是根据实验中所需的阻值和流过变阻器最大的电流来确定。在本实验中,电枢回路调节电阻选用 MEL-09 组件的 100 Ω /1.22A 电阻,磁场回路调节选用 MEL-09 的 3000 Ω /200mA 可调电阻。

5. 直流电动机的起动
 R_1 : 电枢调节电阻 (MEL-09)

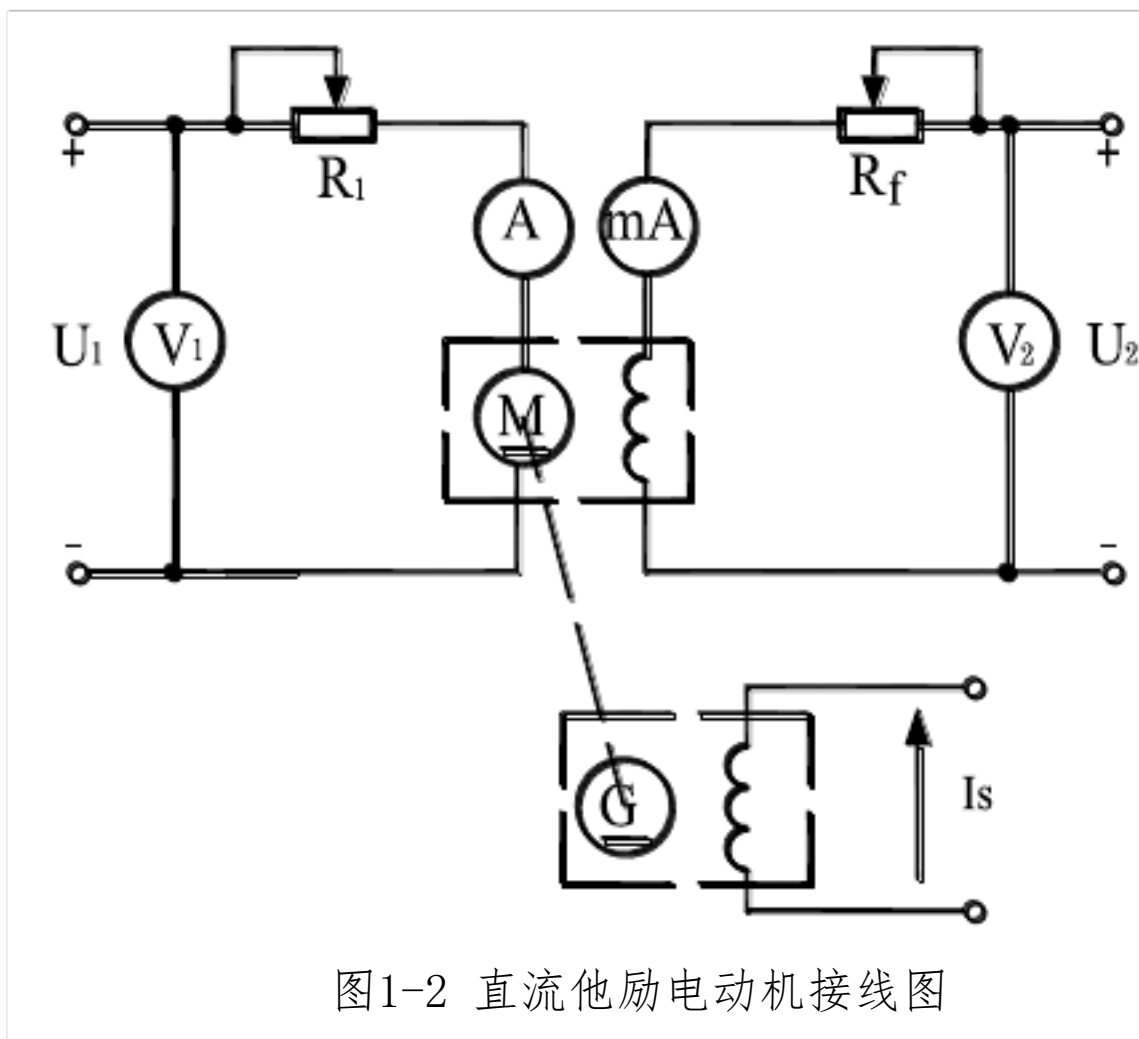


图1-2 直流他励电动机接线图

R_f ：磁场调节电阻
(MEL-09)

M：直流并励电动机 M03：

G：涡流测功机

I_s ：电流源，位于 MEL-13，
由“转矩设定”电位器进
行调节。实验开始时，将
MEL-13“转速控制”和“转
矩控制”选择开关板向“转
矩控制”，“转矩设定”电
位器逆时针旋到底。

U_1 ：可调直流稳压电源

U_2 ：直流电机励磁电源

V_1 ：可调直流稳压电源自

带电压表

V_2 ：直流电压表，量程为 300V 档，位于 MEL-06

A：可调直流稳压电源自带电流表

mA：毫安表，位于直流电机励磁电源部。

(1) 按图 1-2 接线，检查 M、G 之间是否用联轴器联接好，电机导轨和 MEL-13 的连接线是否接好，电动机励磁回路接线是否牢靠，仪表的量程，极性是否正确选择。

(2) 将电机电枢调节电阻 R_1 调至最大，磁场调节电阻调至最小，转矩设定电位器（位于 MEL-13）逆时针调到底。

(3) 开启控制屏的总电源控制钥匙开关至“开”位置，按次序按下绿色“闭合”按钮开关，打开励磁电源船形开关和可调直流电源船形开关，按下复位按钮，此时，直流电源的绿色工作发光二极管亮，指示直流电压已建立，旋转电压调节电位器，使可调直流稳压电源输出 220V 电压。

(4) 减小 R_1 电阻至最小。

6. 调节他励电动机的转速。

(1) 分别改变串入电动机 M 电枢回路的调节电阻 R_1 和励磁回路的调节电阻 R_f

(2) 调节转矩设定电位器，注意转矩不要超过 1.1N.m，以上两种情况可分别观察转速变化情况

7. 改变电动机的转向

将电枢回路调节电阻 R_1 调至最大值，“转矩设定”电位器逆时针调到零，先断开可调直流电源的船形开关，再断开励磁电源的开关，使他励电动机停机，将电枢或励磁回路的两端接线对调后，再按前述起动电机，观察电动机的转向及转速表的读数。

六．注意事项

1. 直流他励电动机起动时，须将励磁回路串联的电阻 R_f 调到最小，先接通励磁电源，使励磁电流最大，同时必须将电枢串联起动电阻 R_1 调至最大，然后方可接通电源，使电动机正常起动，起动后，将起动电阻 R_1 调至最小，使电机正常工作。

2. 直流他励电机停机时，必须先切断电枢电源，然后断开励磁电源。同时，必须将电枢串联电阻 R_1 调回最大值，励磁回路串联的电阻 R_f 调到最小值，给下次起动作好准备。

3. 测量前注意仪表的量程及极性，接法。

七．实验报告

1. 画出直流并励电动机电枢串电阻起动的接线图。说明电动机起动时，起动电阻 R_1 和磁场调节电阻 R_f 应调到什么位置？为什么？

2. 增大电枢回路的调节电阻，电机的转速如何变化？增大励磁回路的调节电阻，转速又如何变化？

3. 用什么方法可以改变直流电动机的转向？

4. 为什么要求直流并励电动机磁场回路的接线要牢靠？

实验二 直流发电机

一. 实验目的

1. 掌握用实验方法测定直流发电机的运行特性，并根据所测得的运行特性评定该被试电机的有关性能。
2. 通过实验观察并励发电机的自励过程和自励条件。

二. 预习要点

1. 什么是发电机的运行特性？对于不同的特性曲线，在实验中哪些物理量应保持不变，而哪些物理量应测取。
2. 做空载试验时，励磁电流为什么必须单方向调节？
3. 并励发电机的自励条件有哪些？当发电机不能自励时应如何处理？
4. 如何确定复励发电机是积复励还是差复励？

三. 实验项目

1. 他励发电机

- (1) 空载特性：保持 $n=n_N$ ，使 $I=0$ ，测取 $U_0=f(I_f)$ 。
- (2) 外特性：保持 $n=n_N$ ，使 $I_f=I_{fN}$ ，测取 $U=f(I)$ 。
- (3) 调节特性：保持 $n=n_N$ ，使 $U=U_N$ ，测取 $I_f=f(I)$ 。

2. 并励发电机

- (1) 观察自励过程
- (2) 测外特性：保持 $n=n_N$ ，使 $R_{f2}=\text{常数}$ ，测取 $U=f(I)$ 。

3. 复励发电机

积复励发电机外特性：保持 $n=n_N$ ，使 $R_f=\text{常数}$ ，测取 $U=f(I)$ 。

四. 实验设备及仪器

1. MEL 系列电机教学实验台主控制屏（MEL-I、MEL-IIA、B）。
2. 电机导轨及测功机，转矩转速测量组件（MEL-13）或电机导轨及转速表。
3. 直流并励电动机 M03。
4. 直流复励发电机 M01。
5. 直流稳压电源（位于主控制屏下部）。
6. 直流电压、毫安、安培表（MEL-06）。

7. 波形测试及开关板 (MEL-05)。
8. 三相可调电阻 $900\ \Omega$ (MEL-03)。
9. 三相可调电阻 $90\ \Omega$ (MEL-04)。
10. 电机起动箱 (MEL-09)。

五. 实验说明及操作步骤

1. 他励发电机。

按图 1-3 接线

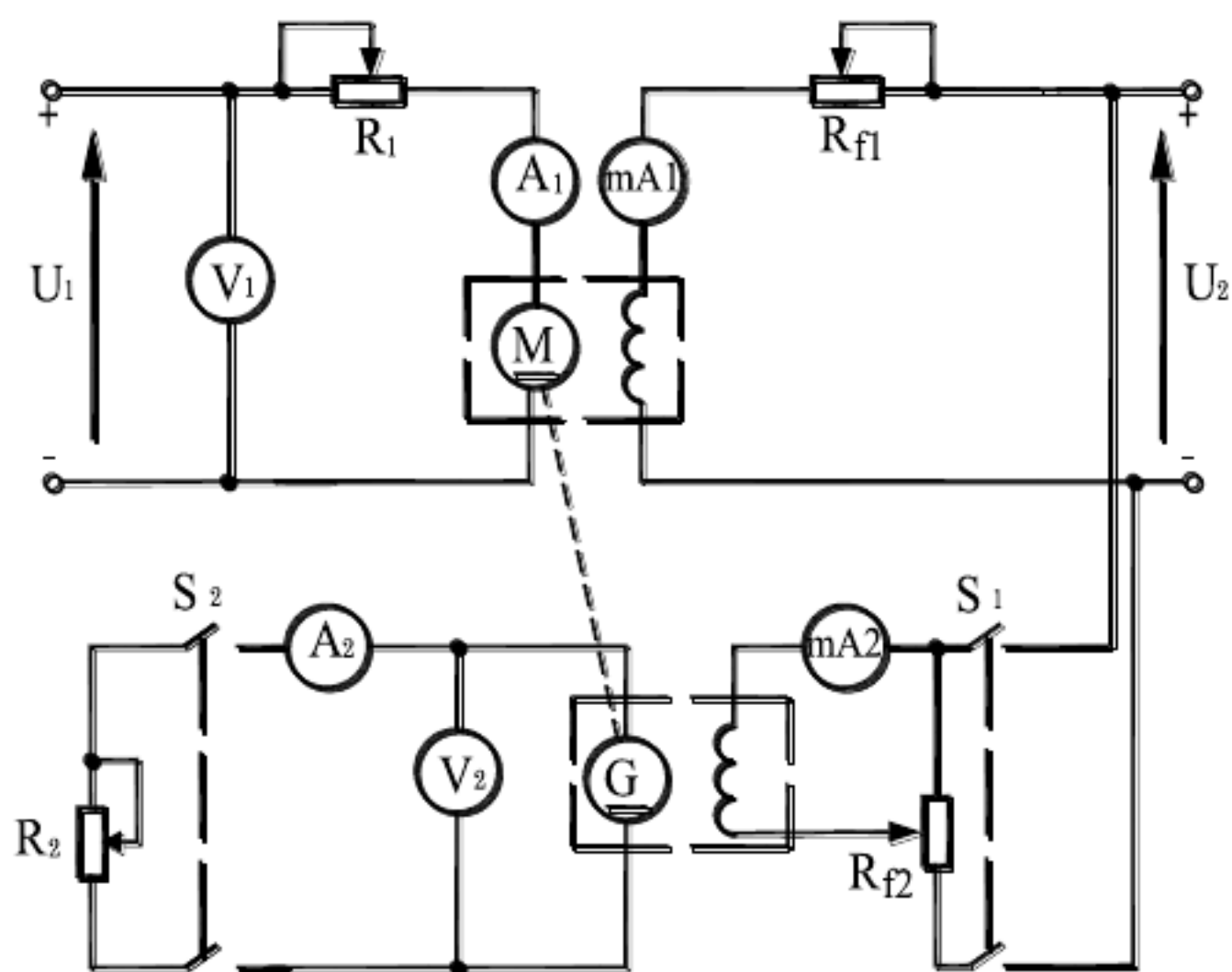


图1-3 直流他励发电机接线图

G: 直流发电机 M01, $P_N=100\text{W}$, $U_N=200\text{V}$, $I_N=0.5\text{A}$, $N_N=1600\text{r/min}$

M: 直流电动机 M03, 按他励接法

S_1 、 S_2 : 双刀双掷开关, 位于 MEL-05

R_1 : 电枢调节电阻 $100\ \Omega/1.22\text{A}$, 位于 MEL-09。

R_{f1} : 磁场调节电阻 $3000\ \Omega/200\text{mA}$, 位于 MEL-09。

R_{f2} : 磁场调节变阻器, 采用 MEL-03 最上端 $900\ \Omega$ 变阻器, 并采用分压器接法。

R_2 : 发电机负载电阻, 采用 MEL-03 中间端和下端变阻器, 采用串并联接法, 阻值为 $2250\ \Omega$ ($900\ \Omega$ 与 $900\ \Omega$ 电阻串联加上 $900\ \Omega$ 与 $900\ \Omega$ 并联)。调节时先调节串联部分, 当负

载电流大于 0.4A 时用并联部分，并将串联部分阻值调到最小并用导线短接以避免烧毁熔断器。

- mA_1 、 A_1 ：分别为毫安表和电流表，位于直流电源上。
- U_1 、 U_2 ：分别为可调直流稳压电源和电机励磁电源。
- V_2 、 mA_2 、 A_2 ：分别为直流电压表（量程为 300V 档），直流毫安表（量程为 200mA 档），直流安倍表（量程为 2A 档）

(1) 空载特性

- a. 打开发电机负载开关 S_2 ，合上励磁电源开关 S_1 ，接通直流电机励磁电源，调节 R_{f2} ，使直流发电机励磁电压最小， mA_2 读数最小。此时，注意选择各仪表的量程。
- b. 调节电动机电枢调节电阻 R_1 至最大，磁场调节电阻 R_{f1} 至最小，起动可调直流稳压电源（先合上对应的船形开关，再按下复位按钮，此时，绿色工作发光二极管亮，表明直流电压已正常建立），使电机旋转。
- b. 从数字转速表上观察电机旋转方向，若电机反转，可先停机，将电枢或励磁两端接线对调，重新起动，则电机转向应符合正向旋转的要求。
- d. 调节电动机电枢电阻 R_1 至最小值，可调直流稳压电源调至 220V，再调节电动机磁场电阻 R_{f1} ，使电动机（发电机）转速达到 1600r/min（额定值），并在以后整个实验过程中始终保持此额定转速不变。
- e. 调节发电机磁场电阻 R_{f2} ，使发电机空载电压达 $V_0=1.2U_N$ （240V）为止。
- f. 在保持电机额定转速（1600r/min）条件下，从 $U_0=1.2U_N$ 开始，单方向调节分压器电阻 R_{f2} ，使发电机励磁电流逐次减小，直至 $I_{f2}=0$ 。

每次测取发电机的空载电压 U_0 和励磁电流 I_{f2} ，只取 7-8 组数据，填入表 1-2 中，其中 $U_0=U_N$ 和 $I_{f2}=0$ 两点必测，并在 $U_0=U_N$ 附近测点应较密。

表 1-2

$n=n_N=1600r/min$

U_0 (V)								
I_{f2} (A)								

(2) 外特性

- a. 在空载实验后，把发电机负载电阻 R_2 调到最大值（把 MEL-03 中间和下端的变阻器逆时针旋转到底），合上负载开关 S_2 。
- b. 同时调节电动机磁场调节电阻 R_{f1} ，发电机磁场调节电阻 R_{f2} 和负载电阻 R_2 ，使发电机的 $n=n_N$ ， $U=U_N$ （200V）， $I=I_N$ （0.5A），该点为发电机的额定运行点，其励磁电流称为额定励磁电流 $I_{f2N}= \quad A$ 。
- c. 在保持 $n=n_N$ 和 $I_{f2}=I_{f2N}$ 不变的条件下，逐渐增加负载电阻，即减少发电机负载电流，在额定负载到空载运行点范围内，每次测取发电机的电压 U 和电流 I ，直到空载（断开开关 S_2 ），共取 6-7 组数据，填入表 1-3 中。其中额定和空载两点必测。

表 1-3

$n=n_N=1600\text{r/min}$ $I_{f2}=I_{f2N}$

U (V)								
I (A)								

(3) 调整特性

a. 断开发电机负载开关 S_2 ，调节发电机磁场电阻 R_{f2} ，使发电机空载电压达额定值 ($U_N=200\text{V}$)

b. 在保持发电机 $n=n_N$ 条件下，合上负载开关 S_2 ，调节负载电阻 R_2 ，逐次增加发电机输出电流 I ，同时相应调节发电机励磁电流 I_{f2} ，使发电机端电压保持额定值 $U=U_N$ ，从发电机的空载至额定负载范围内每次测取发电机的输出电流 I 和励磁电流 I_{f2} ，共取 5-6 组数据填入表 1-4 中。

表 1-4

$n=n_N=1600\text{r/min}, U=U_N=200\text{V}$

I (A)								
I_{f2} (A)								

2. 并励直流发电机

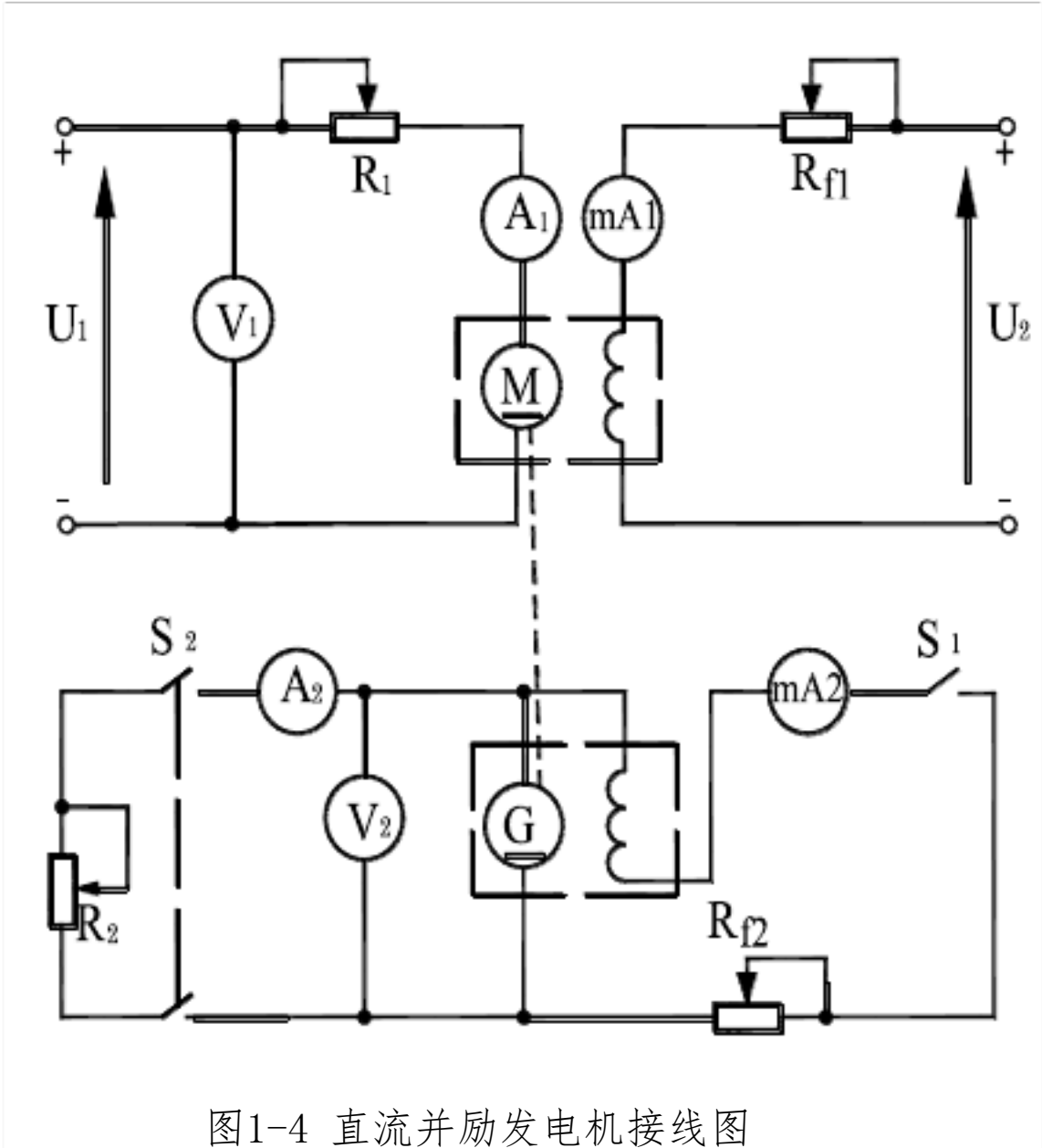


图1-4 直流并励发电机接线图

(1) 观察自励过程

a. 断开主控制屏电源开关，即按下红色按钮，钥匙开关拨向“关”。

1-4 接线

- R_1 、 R_{f1} ：电动机电枢调节电阻 和磁场调节电阻，位于 MEL-09。
 A_1 、 mA_1 ：直流电流表、毫安表，位于可调直流电源和励磁电源上。
 mA_2 、 A_2 ：直流毫安表、电流表位于 MEL-06。
 R_{f2} ：MEL-03 中二只 900 Ω 电阻相串联，并调至最大。
 R_2 ：采用 MEL-03 中间端和下端变阻器，采用串并联接法，阻值为 2250 Ω 。
 S_1 、 S_2 ：位于 MEL-05
 V_1 、 V_2 ：直流电压表，其中 V_1 位于直流可调电源上， V_2 位于 MEL-06。

- b. 断开 S_1 、 S_2 ，按前述方法（他励发电机空载特性实验 b）起动电动机，调节电动机转速，使发电机的转速 $n=n_N$ ，用直流电压表测量发电机是否有剩磁电压，若无剩磁电压，可将并励绕组改接他励进行充磁。
- c. 合上开关 S_1 ，逐渐减少 R_{f2} ，观察电动机电枢两端电压，若电压逐渐上升，说明满足自励条件，如果不能自励建压，将励磁回路的两个端头对调联接即可。

(2) 外特性

- a. 在并励发电机电压建立后，调节负载电阻 R_2 到最大，合上负载开关 S_2 ，调节电动机的磁场调节电阻 R_{f1} ，发电机的磁场调节电阻 R_{f2} 和负载电阻 R_2 ，使发电机 $n=n_N, U=U_N, I=I_N$ 。
- b. 保证此时 R_{f2} 的值和 $n=n_N$ 不变的条件下，逐步减小负载，直至 $I=0$ ，从额定到负载运行范围内，每次测取发电机的电压 U 和电流 I ，共取 6-7 组数据，填入表 1-5 中，其中额定和空载两点必测。

表 1-5		$n=n_N=1600r/min$					$R_{f2}=$	A
U (V)								
I (A)								

(1) 积复励和差复励的判别

- a. 接线如图 1-5 所示
- R_1 、 R_{f1} ：电动机电枢调节电阻和磁场调节电阻，位于 MEL-09。
 A_1 、 mA_1 ：直流电流、毫安表
 V_2 、 A_2 、 mA_2 ：直流电压、电流、毫安表，采用 MEL-06 组件。
 R_{f2} ：采用 MEL-03 中两只 900 Ω 电阻串联。
 R_2 ：采用 MEL-03 中四只 900 Ω 电阻串并联接法，最大值为 2250 Ω 。
 S_1 、 S_2 ：单刀双掷和双刀双掷开关，位于 MEL-05 开关板上。

按图接线，先合上开关 S ，将串励绕组短接，使发电机处于并励状态运行，按上述并励

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/298054123116006033>