

实验三 直流并励电动机

姓名：李猛 学号：2211571 实验台号（选填）：8

一. 实验目的

1. 掌握用实验方法测取直流并励电动机的工作特性和机械特性。
2. 掌握直流并励电动机的调速方法。

二. 预习要点

1. 什么是直流电动机的工作特性和机械特性？
2. 直流电动机调速原理是什么？

三. 实验项目

1. 工作特性和机械特性
保持 $U=U_N$ 和 $I_f=I_{fN}$ 不变，测取 n 、 T_2 、 $n=f(I_a)$ 及 $n=f(T_2)$ 。
2. 调速特性
(1) 改变电枢电压调速
保持 $U=U_N$ 、 $I_f=I_{fN}$ = 常数， T_2 = 常数，测取 $n=f(U_a)$ 。
(2) 改变励磁电流调速
保持 $U=U_N$ ， T_2 = 常数， $R_1=0$ ，测取 $n=f(I_f)$ 。
(3) 观察能耗制动过程

四. 实验设备及仪器

1. 教学实验台的主控制屏
2. 电机导轨及涡流测功机、转矩转速测量 (NMEL-13A)
3. 可调电阻箱 (NMEL-03/4)
4. 直流电动机电枢电源 (NMEL-18/1)
5. 直流电动机励磁电源 (NMEL-18/2)
6. 同步发电机励磁电源/直流发电机励磁电源 (NMEL-18/3)
7. 直流电压、毫安、安培表
8. 旋转指示灯及开关板 (NMEL-05B)
9. 直流并励电动机 M03

五. 实验方法

1. 并励电动机的工作特性和机械特性。

实验线路如图 1-6a 所示。

U_1 、 U_2 ：分别为直流电动机电枢电源、直流电动机励磁电源。

注意：图 1-6a 和图 1-6b 右边的“ U_1 ”改为“ U_2 ”

mA、A、V₂: 直流毫安、电流、电压表

G: 涡流测功机，测功机加载控制位于

NMEL-13A。

a. 将直流电动机励磁电源调至最大，直流电动机电枢电源调至最小。毫安表量程为 200mA，电流表量程为 2A 档，电压表量程为 300V 档，检查涡流测功机与 NMEL-13A 是否相连，将 NMEL-13A“转速控制”和“转矩控制”选择开关拨向“转矩控制”，“转速/转矩设定”电位器逆时针旋到底，打开船形开关，按实验一方法起动直流电源，使电机旋转，并调整电机的旋转方向，使电机正转。

b. 直流电机正常起动后，调节直流电动机电枢电源的输出至 220V，再分别调节直流电动机励磁电源和“转速/转矩设定”电位器，使电动机达到额定值： $U=U_N=220V$ ， $I_a=I_N$ ， $n=n_N=1600r/min$ ，此时直流电机的励磁电流 $I_f=I_{fN}$ （额定励磁电流）。

c. 保持 $U=U_N$ ， $I_f=I_{fN}$ 不变的条件下，逐次减小电动机的负载，即逆时针调节“转速/转矩设定”电位器，测取电动机电枢电流 I_a 、转速 n 和转矩 T_2 ，共取数据 7-8 组填入表 1-8 中。

表 1-8

$U=U_N=220V$

$I_f=I_{fN}= \underline{500} \text{ mA}$ $K_a= \underline{440} \text{ } \Omega$

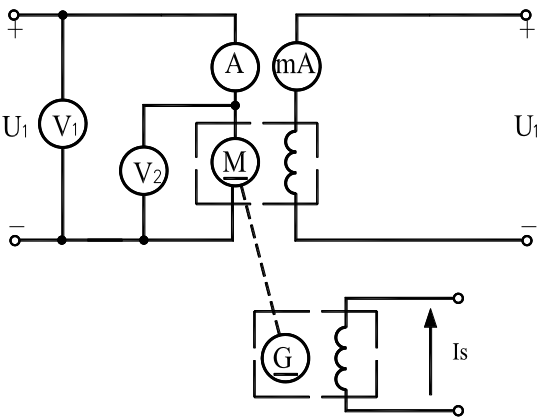


图1-6a 直流并励电动机接线图

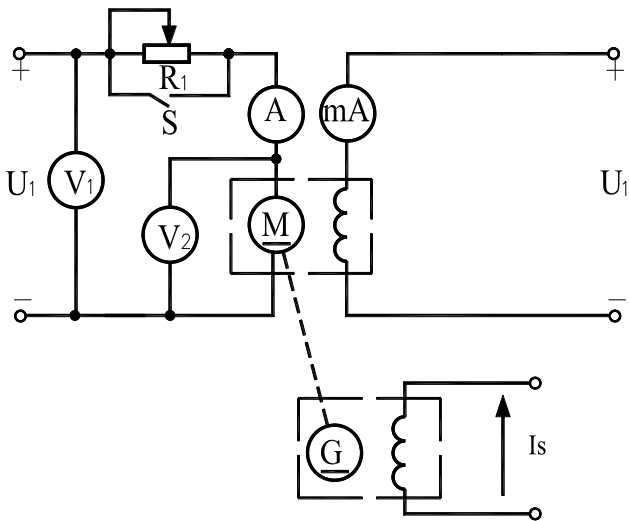


图1-6b 直流并励电动机接线图

实验数据	I_a (A)	0.448	0.414	0.391	0.375	0.363	0.327	0.302	0.250
	n (r/min)	1613	1618	1620	1621	1623	1629	1633	1642
	T_2 (N·m)	0.48	0.43	0.41	0.39	0.38	0.34	0.31	0.20
计算数据	P_2 (w)	81.03	72.82	69.52	66.17	64.55	57.97	52.99	34.37
	P_1 (w)	208.56	201.08	196.02	192.5	189.86	181.94	176.44	165
	η (%)	38.85	36.21	35.47	34.37	34.00	31.86	30.03	20.83
	Δn (%)	0.8125	1.125	1.25	1.3125	1.4375	1.8125	2.0625	2.625

2. 调速特性

(1) 改变电枢端电压的调速

实验线路如图 1-6b 所示。

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

M: 直流电动机 M03, 按他励接法

S: 双刀双掷开关, 位于 NMEL-05B

R₁: 采用 NMEL-03/4 中 R₃ 的两只电阻相并联, 并调至最大。

mA: 毫安表, 位于直流电动机励磁电源上。

U₁、U₂、U₃: 分别为直流电动机电枢电源、直流电动机励磁电源和直流发电机励磁电源。

V₂、A: 分别为直流电压表 (量程为 300V 档), 直流安培表 (量程为 2A 档)

a. 合上开关 S, 按上述方法起动直流电机后, 将电阻 R₁ 调至零, 并同时调节“转速/转矩设定”电位器, 电枢电压和直流电动机励磁电源, 使电动机的 $U=U_N$, $I_a=0.5I_N$, $I_f=I_{fN}$, 记录此时的 $T_2= \quad N.m$ 。

b. 保持 T_2 不变, $I_f=I_{fN}$ 不变, 并打开开关 S, 逐次增加 R₁ 的阻值, 即降低电枢两端的电压 U_a, R₁ 从零调至最大值, 每次测取电动机的端电压 U_a, 转速 n 和电枢电流 I_a, 共取 7-8 组数据填入表 1-9 中。

表 1-9

$I_f=I_{fN}= \underline{97 \text{ mA}}, T_2= \underline{0.23} \text{ N.m}$

U _a (V)	204	189	172	160	151	142	133	121
n (r/min)	1443	1332	1209	1120	1056	988	919	830
I _a (A)	0.249	0.250	0.252	0.256	0.259	0.262	0.266	0.274

(2) 改变励磁电流的调速

a. 开关 S 闭合, 直流电动机起动后, 将直流电动机励磁电流调至最大, 调节直流电动机电枢电源为 220V, 调节“转速/转矩设定”电位器, 使电动机的 $U=U_N$, $I_a=0.5I_N$, 记录此时的 $T_2= \quad 0.26 \text{ N.m}$

b. 保持 T_2 和 $U=U_N$ 不变, 逐次减小直流电动机励磁电流, 直至 $n=1.3n_N$, 每次测取电动机的 n、I_f 和 I_a, 共取 7-8 组数据填入表 1-10 中。

表 1-10

$U=U_N=220V$, $T_2= \underline{0.26} \text{ N.m}$

n (r/min)	1539	1565	1608	1649	1729	1825	1906	2080
I _f (mA)	113	105	95	88	78	67	61	50
I _a (A)	0.253	0.255	0.259	0.263	0.270	0.282	0.290	0.311

(3) 能耗制动

按图 1-7 接线。

U₁: 直流电动机电枢电源

U₂: 直流电动机励磁电源

R_L: 采用 NMEL-03/4 中电阻并联。

S: 双刀双掷开关 (NMEL-05B)

a. 将开关 S 合向“1”端, 电枢电源调至最小, 磁场电源调至最大, 起动直流电机。

b. 运行正常后, 从电机电枢的一端

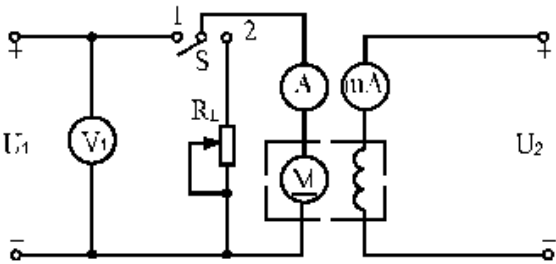


图1-7 直流并励电动机能耗制动接线图

拨出一根导线，使电枢开路，电机处于自由停机，记录停机时间。

c. 重复起动电动机，待运转正常后，把 S 合向“2”端记录停机时间。

d. 选择不同 R_L 阻值，观察对停机时间的影响。

注意：观察现象

六. 实验报告

1. 由表 1-8 计算出 P_2 和 η ，并绘出 n 、 T_2 、 $\eta=f(I_a)$ 及 $n=f(T_2)$ 的特性曲线（共四个）。

电动机输出功率

$$P_2=0.105nT_2$$

式中输出转矩 T_2 的单位为 $N\cdot m$ ，转速 n 的单位为 r / min 。

电动机输入功率

$$P_1=UI$$

电动机效率

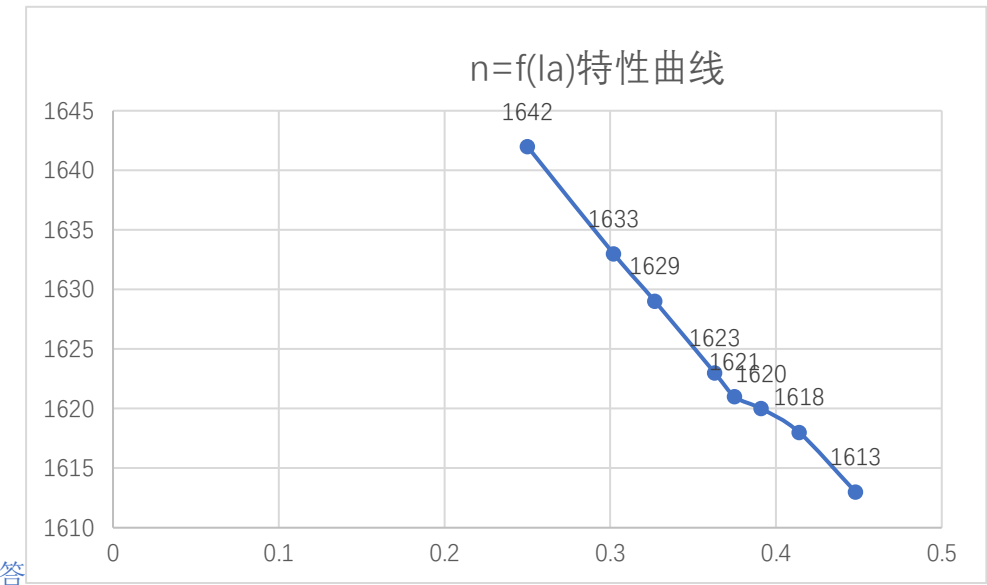
$$\eta=\frac{P_2}{P_1}\times 100\%$$

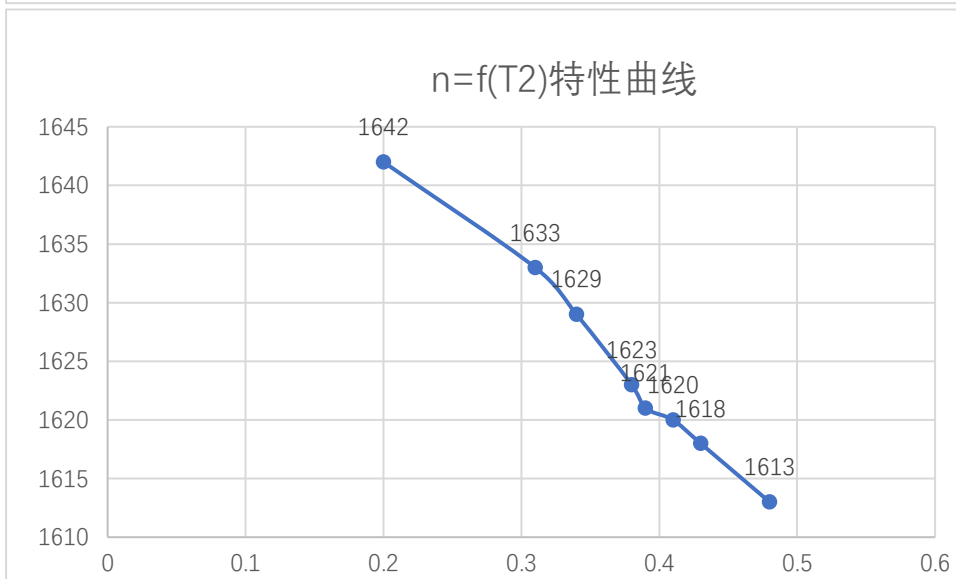
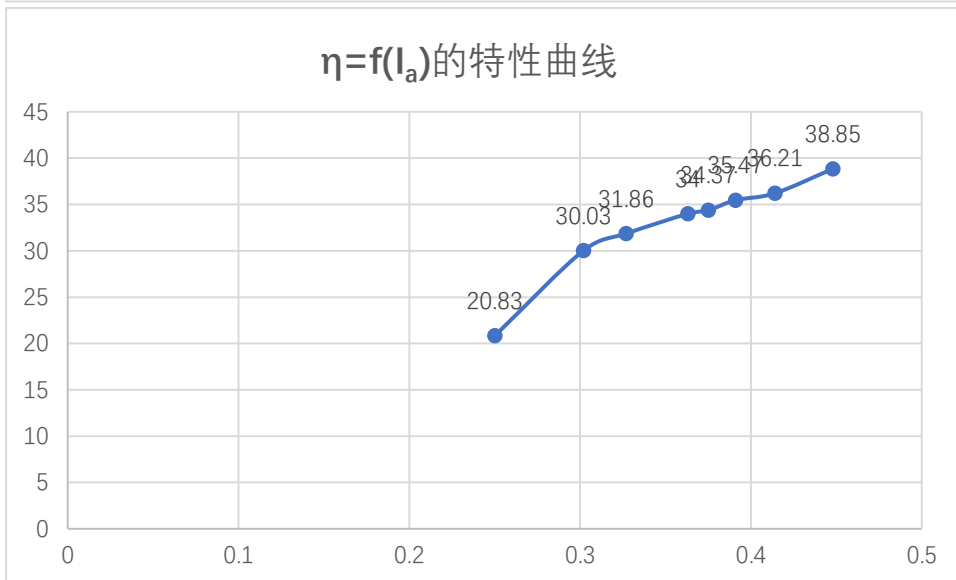
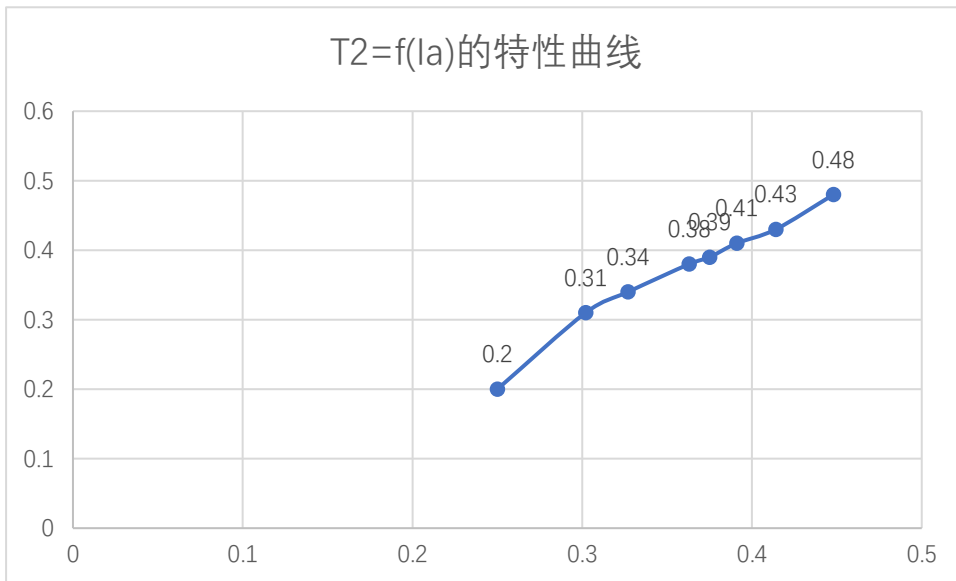
电动机输入电流

$$I=I_a+I_{fN}$$

由工作特性求出转速变化率：

$$\Delta n=\frac{n_0-n_N}{n_N}\times 100\%$$





2. 绘出并励电动机调速特性曲线 $n=f(U_a)$ 和 $n=f(I_f)$ 。分析在恒转矩负载时两种调速的电枢电流变化规律以及两种调速方法的优缺点。

答:

电枢电流变化规律:

(1) 改变电枢端电压调速, 减小电枢端电压 U_a , 转速 n 降低, 电枢电流 I_a 基本保持不变;

(2) 改变励磁电流调速, 减小励磁电流 I_f , 转速 n 升高, 电枢电流 I_a 升高。

A. 改变电枢端电压调速

1) 优点: 可以实现平滑的无极调速; 相对稳定性较好,

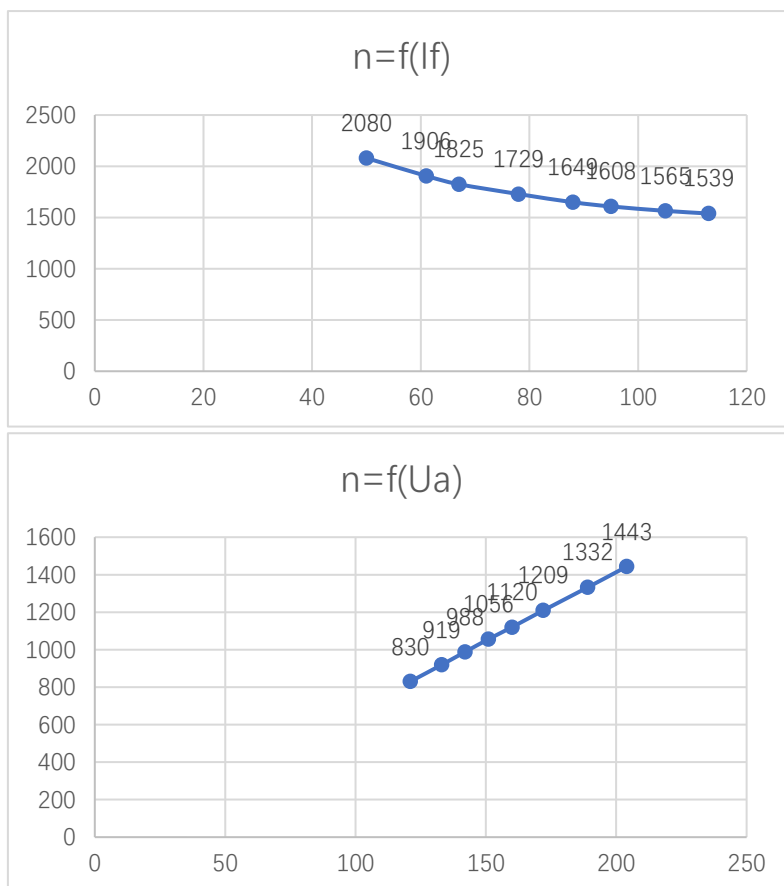
因降低电压, 电动机的机械特性硬度不变, 所以低速运行时, 转速随负载变化的幅度较小; 调速经济性较好; 调速范围窄。

2) 缺点: 需要一套专用的可以调节电压的直流电源。

B. 改变励磁电流调速

1) 优点: 可以实现平滑的无极调速; 稳定性好; 调速经济性好; 控制方便, 能量损耗小。

2) 缺点: 因为受到电动机机械强度和换向火花的限制, 转速不能太高, 调速范围窄, 一般要与调压调速配合使用。



3. 能耗制动时间与制动电阻 R_L 的阻值有什么关系? 为什么? 该制动方法有什么缺点?

答: 能耗制动时间与制动电阻 R_L 的阻值的关系: 制动电阻 R_L 越大, 制动过程的时间越长; 反之制动时间越短。这是因为在能耗制动过程中, 制动时间主要取决于 $T_M n$, $T_M n$ 与制动电阻成正比, 所以制动电阻越大, 制动过程的时间越长。能耗制动方法的缺点: 在制动过程中, 随着转速的下降, 制动转矩也在减小, 制动效果变差。

七. 思考题

1. 并励电动机的速率特性 $n=f(I_a)$ 为什么是略微下降? 是否会出现上翘现象? 为什么? 上翘的速率特性对电动机运行有何影响?

答: 根据并励电动机的速率特性公式, 若忽略电枢反应, 当电枢回路电流增加时,

转速下降；若考虑电枢反应的去磁效应，磁通下降可能引起转速上升，即出现上翘现象。这样的变化与电枢回路电流增大引起的转速降相抵消，对电动机的影响是使电动机的转速变化很小

2. 当电动机的负载转矩和励磁电流不变时，减小电枢端压，为什么会引起电动机转速降低？

答：由直流电动机机械特性的表达式可知，转速与电枢电压成正比、与磁通量成反比，所以降低电压时转速下降。

3. 当电动机的负载转矩和电枢端电压不变时，减小励磁电流会引起转速的升高，为什么？

答：由于主磁通与励磁电流在额定磁通以下时基本成正比，所以励磁电流减小时，主磁通也随着减小。由机械特性的表达式可知，当磁通减小时，转速升高。

4. 并励电动机在负载运行中，当磁场回路断线时是否一定会出现“飞车”？为什么？

答：不一定。因为：当电动机负载较轻时，电动机的转速上升会造成“飞车”；但若电动机的负载为重载时，则电动机的电磁转矩将小于负载转矩，使电动机转速减小，但电枢电流将飞速增大，超过电动机允许的电流值，烧毁电枢绕组。