



电机放大器及 电机调节器研究

(电机放大器及电机调节器实验参考书)

苏联莫斯科动力学院
电机教研组编

高等教育出版社

25

141



电机放大器及 电机调节器研究

(电机放大器及电机调节器实验参考书)

苏联莫斯科动力学院电机教研组编

潘曙先译

周希贤校

高等教育出版社

本书系根据苏联莫斯科动力学院 (Московский энергетический институт) 1956 年出版的该院电机教研组所编“电机放大器及电机调节器研究 (电机放大器及电机调节器实验参考资料)” [Исследование электромашинных усилителей и регуляторов (Пособие по лаборатория электромашинных усилителей и регуляторов)] 译出的。原书经该院教务处审定为学生用教学参考书, 但对于有关制造厂及电机使用企业也有参考价值。

本书共包括六个实验, 即: 实验一, 他激式电机放大器研究; 实验二, 交轴磁场电机放大器研究; 实验三, 电机放大器在电动机状况下运行的研究; 实验四, 在桥式电路中直轴磁场电机调节器的研究; 实验五, 自动变流机研究; 实验六, 自激直轴磁场电机放大器研究。实验一是 $\Phi. A.$ 格里亚印诺夫 (Горяинов) 副教授编写的, 实验二是 $Г. К.$ 薩耳古斯 (Салгус) 副教授编写的, 实验三是 $В. Ф.$ 托卡列夫 (Токарев) 副教授编写的, 实验四是 $П. А.$ 提顺科 (Тищенко) 助教编写的, 实验五是 $В. С.$ 沙罗夫 (Шаров) 副教授编写的, 实验六是 $Л. И.$ 庫茲涅佐夫 (Кузнецов) 助教编写的。本书的主编者是格里亚印诺夫副教授。

电机放大器及电机调节器研究

(电机放大器及电机调节器实验参考书)

苏联莫斯科动力学院电机教研组编

潘曙先译 周希贤校

高等教育出版社出版 北京宣武门内东总布 7 号

(北京市书刊出版业营业许可出字第 854 号)

京华印书局印装 新华书店发行

统一书号 15010·805, 开本 850×1168 印张 2 $\frac{1}{16}$

字数 49,000 印数 0001—3,500 定价 (7) 0.34

1959 年 7 月第 1 版 1959 年 7 月第 1 次印刷

緒 論

电机放大器及电机調节器实验，对“电机放大器及电机調节器”課程課堂讲授部分來說，是一个重要的补充部分。

現在在實驗室中已能开出五種类型的电机放大器(ΘMY)及电机調节器(ΘMP)的实验。

这本实验指示书是第一本，目前也还是唯一的用来研究电机放大器及电机調节器的教学参考书。

在电机放大器及电机調节器小組工作的电机教研組的成員参加了本书的編写。

目 录

緒論

实验一、他激式电机放大器研究.....	1
实验二、交軸磁場电机放大器研究.....	9
实验三、电机放大器在电动机状况下运行的研究.....	17
实验四、在桥式电路中直軸磁場电机調节器的研究.....	27
实验五、自动变流机(Автодин)研究	36
实验六、自激直軸磁場电机放大器研究.....	46
附录.....	54

实验一、他激式电机放大器研究

I. 实验目的

本实验的目的是研究他激式电机放大器(JMY)的特性, 并寻得它作为放大器运行时最有利的情況。

II. 实验提綱

1. 电机放大器的实验准备:

- a) 观察电机;
- b) 测量绕组电阻。

2. 研究电机放大器的励磁(控制)系统:

- a) 求取空载特性;
- b) 求控制绕组的匝比变换系数。

3. 确定电机放大器最适宜的激磁:

- a) 求取负载特性;
- b) 计算最适当的激磁;
- B) 求与负载特性相适应的电机放大器的功率放大系数。

4. 研究电机放大器的静态:

- a) 求取调节特性;
- b) 求与调节特性相适应的功率放大系数。

5. 研究电机放大器的快速作用:

- a) 测量一只控制绕组的电感;
- b) 测量二只相串联的控制绕组的电感;

- Б) 計算時間常數;
- Г) 用示波器法求時間常數, 並與計算結果相比較;
- Д) 求品質系數;
- е) 求電機放大器的快速作用。

III. 實驗說明

§ 1.1. 研究對象

在莫斯科動力學院的實驗室里, 通常結構的直流電機被用作被試驗的電機放大器, 它具有三個激磁繞組 (即控制繞組): 1) 電壓反饋繞組 (H), 2) 控制繞組 (Y), 及 3) 電流反饋繞組 (T)。在 $n \approx 1500$ 轉/分時, 電機的電樞額定電流是 25 安, 電壓調節範圍是 ± 120 伏。電機放大器由三相感應電動機帶動旋轉。

§ 1.2. 實驗準備

首先進行電機的外部觀察, 弄清其結構特點, 檢查電刷機構及換向器有無毛病, 用手轉動轉軸, 檢查軸承有無毛病。

電機的繞組電阻用安計-伏計法測量。

控制繞組 (H) 及 (Y) 每只電阻約為 100 歐, 而對於控制繞組 (T) 及電樞電路則不大於 1 歐。測量電阻時, 用實驗室中的 120 伏直流電網作為電源。當測量低歐姆的繞組時, 應用調節變阻器, 使電流不大於 25 安。

§ 1.3. 研究電機放大器的勵磁系統

以不同的控制繞組: 1) 繞組 (H), 2) 繞組 (Y) 及 3) 繞組 (T) 激磁, 求取電機放大器的三條空載特性曲線。實驗時, 為便於檢查, 需記下轉速值。給定電樞電壓以一段的極性, 確定各控制繞組

两端的“极性”。

空载特性曲线根据上升及下降支线的平均值，在同一图纸上作出。所有的空载特性应归算到同一转速值（图 1.1）。

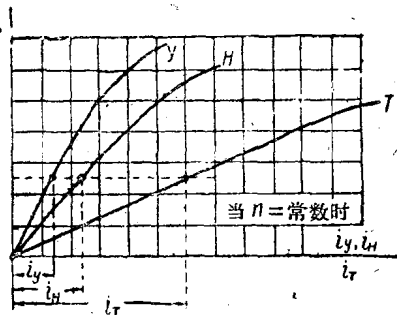


图 1.1. 空载特性。

为求取控制绕组的匝比变换系数，引一直线与横轴平行，即等电压线（图 1.1），并求出各空载特性曲线与此直线相交点的电流值。显然，当电枢电压相同时，各控制绕组的磁势也相等：

$$i_H \cdot W_H = i_Y \cdot W_Y = i_T \cdot W_T, \quad (1.1)$$

式中 W_H, W_Y, W_T 是绕组(H)，绕组(Y)与绕组(T)的匝数。

根据方程式 (1.1)，可以求出归算到某一绕组的匝比变换系数，例如对于绕组(Y)：

$$K_{H/Y} = \frac{W_H}{W_Y} = \frac{i_Y}{i_H} \quad (1.2a)$$

$$K_{H/Y} = \frac{W_T}{W_Y} = \frac{i_Y}{i_T} \quad (1.2b)$$

§ 1.4. 确定电机放大器最适宜的激磁

当电机放大器的电枢电流为额定值时，能得到最大功率放大系数的激磁是最适宜的激磁，为确定最适宜的激磁，须求取在电枢电流为额定值 $I_{H0.N}$ 时的负载特性 $U = f(i_Y)$ ， i_Y 是某一控制绕组的激磁电流（图 1.2）。最适宜的激磁按下法求得。根据已得的负载特性绘制曲线 $U = f(i_Y)$ 。自原点引该曲线的切线。切点的激磁就相当于电机放大器最适宜的激磁。实际上，当 $I_a = \text{常数}$ 时，放大系数等于：

$$K_{yc} = \frac{U \cdot I_a}{i_y^2 \cdot R_Y} = c \cdot \frac{U}{i_y^2} \equiv \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.3)$$

式中: C —常系数;

α —原点与曲线 $U = f(i_y^2)$ 上任一点的连线的倾斜角。

由曲线 $U = f(i_y^2)$ 的切线所决定的最大角 α_{MARK} (图 1.2) 将与最大放大系数相当。

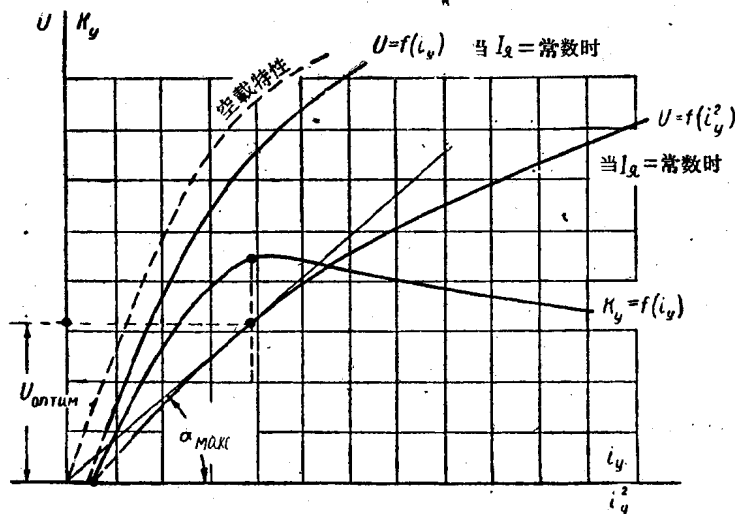


图 1.2. 负载特性。

由负载特性绘制当 $I_a = \text{常数}$ 时的关系曲线 $K_{yc} = f(i_y)$, 其中 K_{yc} 由方程式 (1.3) 确定。

对于其他控制绕组的放大系数可根据已知的绕组电阻及匝比变换系数由计算得到。

对于绕组 (H) 的放大系数

$$K_{yc(H)} = \frac{U \cdot I_a}{i_H^2 R_H} = K_{yc(Y)} \cdot \frac{K_{H/Y}^2 R_Y}{R_H}. \quad (1.3a)$$

同理, 对于绕组 (T)

$$K_{yc(T)} = \frac{U \cdot I_a}{i_T^2 R_T} = K_{yc(Y)} \cdot \frac{K_{T/Y}^2 R_Y}{R_T} \quad (1.3b)$$

式中 $K_{yc(Y)}$ 为对于繞組(Y)的放大系数。

§ 1.5. 研究电机放大器的静态

电机放大器通常是作为另一电机的励磁机在运行，它的負載是一不变的电阻。因此对于电机放大器，最有代表性的关系曲线是調节特性，即：

$$U = f(i_Y) \quad \text{当 } R_{H\alpha Z P} = \text{常数时。}$$

此曲线在 $R_{H\alpha Z P} = \frac{U_H}{I_{H0.M}} = \text{常数}$ 时求取。

式中： U_H —电机放大器的额定电压；

$I_{H0.M}$ —电机放大器的额定
电流。

实验时应維持下式不变

$$\frac{U}{I_\alpha} = R_{H\alpha Z P} = \text{常数。}$$

根据方程式(1.3)，計算与調节特性相适应的放大系数 K_{yc} ，并与調节特性繪于同一图上(图 1.3)。

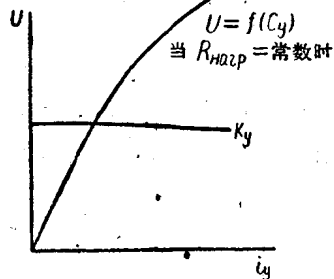


图 1.3. 調节特性。

§ 1.6. 研究电机放大器的快速作用

电机放大器的快速作用决定于控制繞組的时间常数。时间常数可由下列方法求得：或由繞組中电流随时间变化的示波图，或根据控制繞組的电感(L_Y)及电阻(R_Y)由計算得到。

第一种方法，常在繞組短路时摄取控制电流衰减的示波图(图 1.4)。以由示波图上測得的，电流衰减至起始值的 37% 时的时间为时间常数。

第二种方法，用交流电測定控制繞組(繞組 Y)的电感。測量用

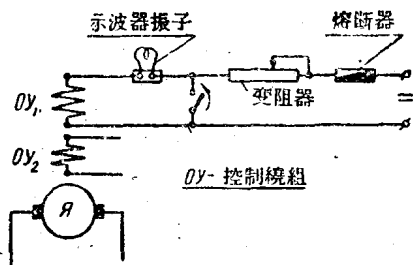


图 1.4. 用示波器测控制绕组的时间常数的接线图。

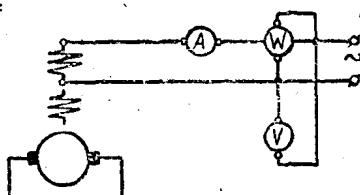


图 1.5. 测电感用的接线图。

接线图示于图 1.5。根据 $U_{\sim}$ 、 $I_{\sim}$ 及 $P_{\sim}$ 值由下式求电感：

$$L_Y = \frac{X_Y}{2\pi \cdot f} = \frac{\sqrt{z^2 - R_{\sim}^2}}{2\pi f}, \quad (1.4)$$

式中

$$z = \frac{U_{\sim}}{I_{\sim}} \text{ 欧}; \quad R_{\sim} = \frac{P_{\sim}}{I_{\sim}^2};$$

f —电流频率(50 赫)。

绕组 Y 的时间常数为

$$T_Y = \frac{L_Y}{R_Y}, \quad (1.5)$$

式中 R_Y ——由上式求得的控制绕组 Y 的电阻。

用此方法，首先求高电阻控制绕组(绕组 Y)的电感及时间常数，然后再将二绕组(绕组 H 及绕组 Y)串联(顺接)起来求。

在莫斯科动力学院的实验室中，测量绕组电感时，用50赫，127伏的交流电源。在被试电机中绕组 Y 的阻抗约为1500欧，而在二绕组串联时，约为3500欧。

位于同一极上的串联(顺接)绕组的电感为

$$L_{YH} = L_Y + L_H + 2M_{YH} \quad (1.6)$$

因为绕组间的漏磁小，可以认为它们的磁导相同，并等于 λ 。

因此

$$\begin{aligned} L_Y &= W_Y^2 \cdot \lambda, \\ L_H &= W_H^2 \cdot \lambda, \\ M_{YH} &= W_Y \cdot W_H \cdot \lambda. \end{aligned} \quad (1.7)$$

根据(1.6)及(1.7)式,得

$$\begin{aligned} L_H &= L_Y \left(\frac{W_H}{W_Y} \right)^2 = L_Y K_{H/Y}^2, \\ L_{YH} &= L_Y \frac{(W_Y + W_H)^2}{W_Y^2} = L_Y (1 + K_{H/Y})^2. \end{aligned} \quad (1.8)$$

由公式(1.8),根据已测的 L_Y 及匝比变换系数,可计算全部绕组的电感。

其他绕组的时间常数可根据 T_Y 值求得(方程式 1.5)

$$\begin{aligned} T_H &= T_Y \frac{L_H}{R_H} \cdot \frac{R_Y}{L_Y} = T_Y \frac{K_{H/Y}^2 \cdot R_Y}{R_H}, \\ T_T &= T_Y \cdot \frac{K_{T/Y}^2 \cdot R_Y}{R_T}, \\ T_{YH} &= T_Y \frac{(1 + K_{H/Y})^2 R_Y}{R_Y + R_H}. \end{aligned} \quad (1.9)$$

根据 $K_{yc(Y)}$ 及 T_Y 值计算电机放大器对于绕组 Y 的品质系数:

$$K_D = \frac{K_{yc(Y)}}{T_Y}. \quad (1.10)$$

仿此,可求得其他绕组的 K_D 值。

总结报告中作出在最适宜的激磁时,各控制绕组的 K_{yc} , T_Y 及 K_D 的比较表格。

根据电机放大器在空载及突然接入控制电流时的输出电压示波图,可以求得电机放大器的快速作用。由示波图求电机放大器的“时间常数”,它等于电压到达稳定值的63%时所需的时间。

电机放大器的快速作用由电压达到稳定值所需的时间确定,它可以被试为(准确度在2%范围内)等于

$$t_B \cong 4T,$$

式中 T 为电机放大器的时间常数。

实验二、交軸磁場电机放大器研究

I. 实验目的

本实验的目的是,研究交軸磁場电机放大器的特性及結構。

最有兴趣的是评价沿电机縱軸作用的祛磁因素, 及补偿程度对放大器工作特性的影响。电刷自几何中性綫的位移对电机特性的影响, 实验中不予研究。

II. 实验提綱

1. 預先檢查电机放大器:

- a) 熟悉电机放大器的結構。
- b) 繪出具有繞組沿定子槽分布的磁路草图。

2. 研究电机放大器的励磁系統: 研究磁路及电机放大器中电势的建立过程:

- a) 求取空載特性。
- b) 确定每級的剩磁电压值。评价电机放大器的磁飽和。确定額定控制电流。
- b) 确定当額定轉速及額定控制电流时, 換向电流及鉄中損失的去磁反应。

3. 研究电机放大器負載下的运行。

- a) 調整电机放大器的补偿。确定全补偿时 ($K_K=1$) 并联电阻($R_{\mu K}$)的大小。
- b) 求取并繪制額定电流时电机放大器的負載特性, 并由此确

定补偿程度的影响。

b) 求取并繪制当額定控制电流时的負載上升的外特性, 并由此确定补偿程度的影响。

r) 求取并繪制当負載电路的电阻为額定时的調节特性, 并由此确定补偿程度对特性的影响。

4. 研究影响电机放大器放大系数的因素(負載的大小, 补偿程度, 磁路的饱和)。

III. 实验說明

§ 2.1. 研究对象

在莫斯科动力学院的实验室中, 研究对象是国内出产的 12-II 型电机放大器。額定数据是: 功率 1.3 千瓦; 输出电压 230 伏; 工作电流 5.7 安; 轉速 4000 轉/分。它有两只不同参数的控制繞組(繞組电阻: $Y1-Y2-1350$ 欧, $Y3-Y4-1700$ 欧, 二繞組内长期进行时的控制电流允許值为 10 毫安)。被試电机放大器由并激直流电动机拖动。电机放大器与拖动电动机装在同一机体内(应根据实验室的說明熟悉电机放大器的内部构造及其磁路系統的构成)。

§ 2.2. 一般指示及注意事項

1. 电机放大器的繞組連接图示于实验室的机墩上。

2. 电机放大器的电刷已置于几何中性綫上, 不应再作調整。

3. 电机放大器拖动用电机的启动接綫已固定接牢。当电源开关閉合后, 用启动电阻启动拖动电动机。为調节电机放大器的轉速, 在拖动电动机的激磁回路中接入一变阻器, 而在电樞电路中, 接入一調节用电阻。在启动前应确信各变阻器均位于启动位置。

4. 在进行实验时, 应遵循所推荐的接綫图, 并应用装置在机墩

上的仪表及变阻器。

图 2.1 示出电机放大器的示意接线图，并给出下面将要应用到的符号。

§ 2.3. 研究电机放大器空载时的放大级

要解决此任务，基本上和一般直流电机相同，即求取其空载特性。

在交轴磁场电机放大器中，对加入的信号有两级放大，因而必须引出三条空载特性曲线：第一级空载特性 $E_2 = f(I_1)$ ，第二级空载特性 $E_3 = f(I_2)$ 及合成空载特性 $E_3 = f(I_1)$ 。上述特性均在额定转速下求取。求取空载特性用的接线图示于图 2.2 及图 2.3。当求取第一级的空载特性时，控制电流应在零至最大允许值间变化。第二级的空载特性按图 2.3 所示的接线图求取。用改变控制绕组内电流的方法，以调节激磁电流的大小（交轴电流

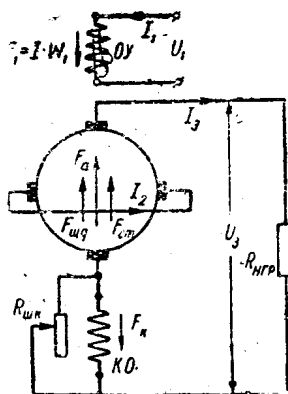


图 2.1. 交轴磁场电机放大器的示意图。

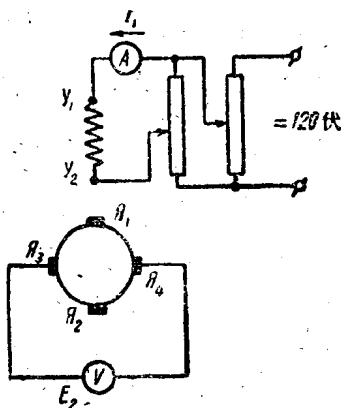


图 2.2. 求取第一级特性的接线图。

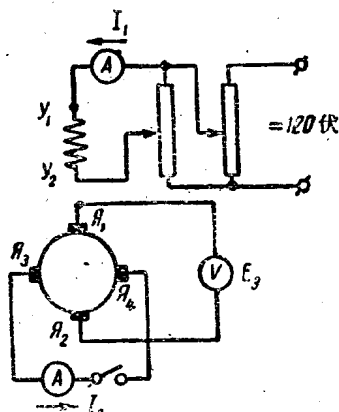


图 2.3. 求取第二级及二级合成特性的接线图。

I_2)。为确定工作电刷上的剩磁电压,应断开交軸电刷的电路。第二級的空載特性应求取到輸出电压 (E_3) 大于額定值的 10—30% 时为止。

合成的空載特性也按图 2.3 的接綫图求取, 电压值也和第二級的空載特性所指出的相同。此时, 交軸电路直接短路或經安培計短路。所有上述特性曲綫均在第一象限內, 求取其上升的及下降的支綫。

在电机放大器額定电压的範圍內, 所有空載特性实际上都是直綫。这表征着电机放大器的磁路系統是不饱和的, 因为只有这样, 才能保証有高的放大系数, 及使輸入訊号 (I_1 或 U_1) 与輸出量 (E_3) 成正比。

电机放大器的运行經驗指出, 換向电流的去磁作用(当无附加极时沿交軸产生的換向)及由交軸磁通在鉄中引起的損失, 对放大系数是有影响的。这些去磁磁勢的作用, 对于控制繞組的作用說, 是显著的及可以測量的。

可以根据电机放大器的轉速特性 $E_3, I_2 = f(n)$ 当 $I_1 = \text{常数}$ 及 $I_3 = 0$ 时来确定換向电流及鉄中損失的总祛磁作用。

輸出电势 E_3 及交軸中电流 I_2 , 众所周知, 是电机放大器轉速的函数, 因而:

$$E_3 = C_1 n^2 (I_1 - I_{pas.m}),$$

$$I_2 = C_2 n (I_1 - I_{pas.m}),$$

式中 C_1 及 C_2 —比例系数, 在电机磁路系統假定不饱和情况下是常数;

$I_{pas.m}$ —換向电流及鉄中損失的去磁作用, 以控制电流表示的电流。

这些方程式能全部闡明已得到的轉速特性(图 2.4) 的特征。当轉速甚低时, 換向电流及鉄中損失的去磁作用甚弱, 电势 E_3 随