

电机与拖动实验

任礼维 张杰官 编著

任礼维 张杰官 编著

电机与拖动实验

浙江大学出版社

21
128

电机与拖动实验

任礼维 张杰官 编著

浙江大学出版社

内容简介

本书是浙江大学编著的《电机学》和《电机与拖动基础》配套用的实验教材。全书分为六章:电机与拖动实验的基本要求和方法,电机与拖动实验专用的 DSZ-1 型电机实验装置简介,直流电机,变压器,异步电机和同步电机。

DSZ-1 型电机实验装置是浙江大学进行教学改革而研制的专用电机实验装置。为了适用不同实验设备教学情况,本书在每个实验项目中,还编写了普通电机实验机组的实验线路和操作步骤,教学上可根据不同实验设备情况和教学要求来选择。

本书可供普通高等学校、夜大、职工大学、电大和函授等成人院校开设的《电机学》和《电机与拖动基础》课程作为实验教材,亦可供从事电机与拖动实验工作的工人、工程技术人员参考。

电机与拖动实验

任礼维 张杰官 编著

责任编辑 龚建勋

*

浙江大学出版社出版

(杭州玉古路 20 号 邮政编码 310027)

浙江大学出版社电脑排版中心排版

德清印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

*

787×1092 16 开 9.25 印张 237 千字

1997 年 6 月第 1 版 1997 年 6 月第 1 次印刷

印数:0001--1000

ISBN 7-308-01822-9/TM · 021 定价:9.50 元

前 言

《电机与拖动实验》课是有关专业教学中的一个重要教学环节。为了提高教学质量,加强理论与实际的联系,更好地培养学生的独立工作能力、实验技能、严肃认真和实事求是的科学作风,浙江大学电机系对过去的电机实验进行了教学改革,研制了DSZ-1型电机实验装置。《电机与拖动实验》教材是根据电机与拖动实验教学大纲,配合DSZ-1型电机实验装置而编写的。

DSZ-1型电机实验装置的最大优点是:整套装置保护系统齐全,操作方便,有利于放手让学生进行实验,真正做到每位学生都能既动手又动脑,充分调动每位学生的主观能动性和创造性,有利于培养学生分析和解决问题的能力。由于它与普通电机实验机组在使用仪器和设备上有所不同,因此在实验线路和操作步骤上也存在一些差异。为此,本书在每个实验项目中,都编写二种实验装置的实验线路和操作步骤,以供教学上根据实验机组情况和教学的需要来选择。

本书共分六章:第一章电机与拖动实验的基本要求和方法;第二章电机与拖动实验专用的DSZ-1型电机实验装置简介;第三章直流电机;第四章变压器;第五章异步电机;第六章同步电机。本教材已在浙江大学电机系各专业中使用多年。

本书可作为高等院校电机电器专业、自动控制类专业和应用电子技术等专业学生的实验课教学用书,还可作为工人业余大学、职工大学、夜大、函授等成人院校自动控制类各专业的《电机学》和《电机与拖动》课的实验教材,也可供从事电机实验工作的工人、工程技术人员参考。

在编写本书过程中,曾参考浙江大学电机及其控制教研室试制组编写的《DSZ-1型电机实验装置实验指导书》、《新型电机实验装置使用说明书》和兄弟学校有关电机实验的教材。

书中的错误与不足之处,欢迎批评指正。

编著者

1996年7月

目 录

第一章 电机与拖动实验的基本要求和方法	(1)
1-1 电机与拖动实验的基本要求	(1)
1-2 电机与拖动实验室安全操作规程	(2)
1-3 电机与拖动实验中一些基本物理量的测量	(2)
1-4 电机机械特性实验测取原理	(9)
第二章 电机与拖动实验专用的 DSZ-1 型电机实验装置简介	(13)
2-1 DSZ-1 型电机实验装置的主要结构部件	(13)
2-2 DSZ-1 型电机实验装置中各种类型被试电机的额定值	(28)
第三章 直流电机	(30)
3-1 直流电机认识实验	(30)
3-2 直流发电机	(32)
3-3 直流并励电动机	(40)
3-4 直流串励电动机	(47)
3-5 直流发电机供电的直流他励电动机	(53)
3-6 直流电动机制动时的机械特性	(55)
第四章 变压器	(60)
4-1 单相变压器	(60)
4-2 三相变压器的联接组和不对称短路	(65)
4-3 单相变压器的并联运行	(75)
4-4 三相变压器	(77)
4-5 三相三线圈变压器	(82)
4-6 三相变压器的并联运行	(85)
第五章 异步电机	(88)
5-1 三相鼠笼式异步电动机的工作特性	(88)
5-2 三相异步电动机的起动与调速	(96)
5-3 三相绕线式异步电动机的机械特性	(104)
第六章 同步电机	(112)
6-1 三相同步发电机的工作特性	(112)
6-2 三相同步发电机的并联运行	(122)
6-3 三相同步电动机	(128)
6-4 三相同步发电机参数的测定	(134)

第一章 电机与拖动实验的基本要求和方法

1-1 电机与拖动实验的基本要求

电机与拖动实验课的目的是通过实验环节来巩固和加深对电机与拖动理论的理解,是对学生进行实验基本方法和操作技能的训练。要求学生根据实验目的,能拟定实验方法、实验线路、正确选择仪表及其量程、制定实验步骤、测取数据,并进行分析与比较,从而得出正确结论和提出问题,最后写出实验报告。在实验过程中,要求学生思想集中,态度认真,掌握实事求是的科学方法,并做到每位学生都能参与实验操作。具体地说要求每位学生做到:

一、实验前的准备

实验前应按实验目的,预习与实验有关的课程、仪表使用方法,认真阅读实验书中的实验目的、内容、方法、步骤和注意事项,列出测取数据的表格,抄录被试电机的铭牌、实验设备和仪表的型号与规格,并完成事先要求的参数计算,写出实验预习报告。

二、实验的进行

1. 实验是以小组为单位进行,采用 DSZ-1 实验装置,每小组 2 人;采用普通电机实验机组时,每组 3 人,并推选 1 人为组长。由组长协调各人的实验分工,并使每位学生都能掌握实验技术、参与实验操作。

2. 熟悉被试电机机组、设备和仪表的型号和有关的技术数据,将设备、仪表布置在恰当位置上,便于接线、测取数据和实验操作。

3. 根据实验线路图接线,接线要求连接导线长短与粗细恰当、整齐简单,便于操作和检查。一般接线原则是:先接串联主回路,再接并联支路。即先从电源一端点开始,依次串接各设备、仪表和开关等,最后回到电源另一端点,然后再接各并联支路。

4. 在实验线路接好后,要经指导人员检查确认正确无误,并招呼全组同学注意,才准合闸电源,起动机,并观察起动过程是否正常,若出现异常应立即切断电源,检查原因,排除故障,经指导人员再度认可后,才能进行逐项实验,测取数据,并随时注意实验情况是否正常,数据是否合理,待实验内容全部完成后,应请指导人员检查测取数据是否合乎正常范围,经同意后方可拆除接线,并整理好实验台、仪表、导线和工具。

三、实验报告

实验报告是根据实验目的、内容和测取的数据以及实验进行中发生的现象,经分析、比较和研究后写出的实验总结,它是培养学生独立工作能力和基本工程技术训练的一个重要的教学环节。因此每位学生都应认真独立完成。实验报告内容要简明扼要,图文清晰,结论明确。实验报告内容应包括:

1. 实验名称、专业班级、实验组别、姓名、同组者姓名、实验日期和实验时室内温度。
2. 实验目的、内容和实验线路。
3. 列出被试电机与实验设备、仪表的铭牌数据、型号以及编号。
4. 实验数据的整理与计算,并列出计算公式,根据实验数据绘制特性曲线和波形。
5. 实验结果经过分析、讨论,写出心得和结论。
6. 实验报告应写在学校印发的统一实验报告纸上,曲线与波形应绘制在方格纸上,且要求比例恰当。

1-2 电机与拖动实验室安全操作规程

为了确保实验时的人身安全和设备安全,参加实验的人员都应严格遵守实验室的安全操作规程。安全操作规程如下:

1. 实验前每位学生都应认真阅读实验书中内容、注意事项和仪表正确使用方法,并写出实验预习报告,方可参加实验。
2. 不允许带电操作。
3. 接好实验线路或每次实验中途改接线路后,必须经实验指导人员检查,认为正确无误,并招呼同组实验人员引起注意后,方可准许合闸电源开关。
4. 在实验过程中,如发生事故,不要惊慌,应立即切断电源,保护现场,并报告指导人员,待查明原因和妥善处理,经指导人员同意方可继续进行实验。
5. 实验时应将围巾、手套脱下,并注意衣服(尤其是裙子)、发辫、导线等不要靠近电机旋转部分以防卷入;严禁用脚和手促使电机制动或起动。
6. 直接起动电动机时,电流表(或功率表电流线圈)应用并联开关短路进行保护;使用电流互感器时,不得将二次侧开路。
7. 实验室总电源由指导人员掌管,学生不得操作。

1-3 电机与拖动实验中一些基本物理量的测量

电机与拖动实验要测量的物理量有电流、电压、功率、功率因数、频率、相位、波形、直流电阻、绝缘电阻、温度、时间、转速和转矩等。常用的仪表有电流表、电压表、电流互感器、电压互感器、功率表、频率表、电桥、万用表、兆欧表(摇表)、温度计、秒表、转速计、测功机和示波器等。

本节简要叙述电机与拖动实验中某些主要物理量的测量方法和如何正确使用仪表。

一、电机绕组直流电阻的测量

绕组电阻值是随温度而变化,故在测量绕组实际直流电阻时,应同时测量绕组的温度,以便换算到基准工作温度时的电阻值。测量绕组直流电阻可用电桥法和伏安法。

1. 电桥法

测量绕组直流电阻的电桥有单臂电桥和双臂电桥两种。用单臂电桥测量直流电阻时,把连接线电阻和接线柱接触电阻都包括在被测电阻内,因此,当绕组电阻越小时,测量误差越大,故一般适用于 1Ω 以上的电阻测量。双臂电桥克服了单臂电桥的缺点,在被测电阻中不包括连接线电阻和接线柱接触电阻,一般用于测量小于 1Ω 的电阻值。

使用电桥测量电阻时,应先用万用电表大致测出被测电阻的电阻值,然后选用恰当的比例臂比率,并将刻度旋到电桥平衡位置,测量时先按电源钮,再按检流计钮。测量完毕应先断开检流计钮,再断开电源钮,以免检流计指针受到冲击和防止绕组自感电势损坏检流计。

电桥不用时应将检流计指针锁住。

2. 伏安法

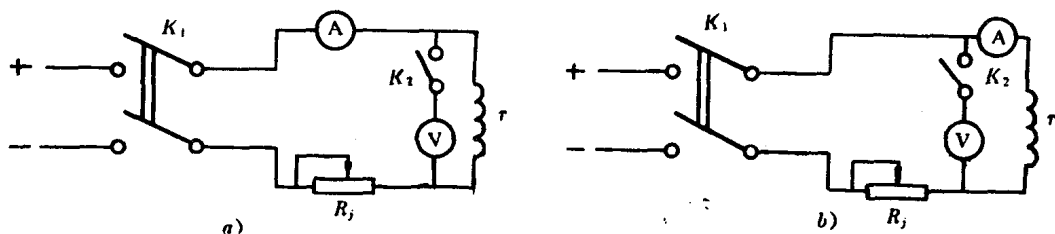


图 1-1 伏安法测定绕组的直流电阻

测量时接线如图 1-1 所示, R_j 为调节电阻。测量时先闭合电源开关 K_1 , 当电流稳定后测量电流 I , 再合上开关 K_2 测量电压 U , 实验结束时应先打开开关 K_2 , 再打开开关 K_1 , 否则若先断开电源开关 K_1 , 由于绕组中电流突然中断产生的自感电势可能损坏电压表。被测绕组的直流电阻值为

$$r = \frac{U}{I}$$

由于电流表的电流线圈流过电流存在压降和电压表的电压线圈有电流通过, 因此, 用伏安法测量绕组的直流电阻存在误差。从图 1-1a) 可知, 被测电阻越小, 电压表分流电流相对值越小, 则误差越小, 故此接线法适用于测量小电阻。当考虑电压表电流分流时, 被测绕组的直流电阻为

$$r = \frac{U}{I - \frac{U}{r_v}}$$

式中 r_v 为电压表内阻。

在图 1-1b) 接线中, 被测电阻越大, 电流表内阻压降相对值越小, 误差则越小, 故此种接线法适用于测量大电阻。当考虑电流线圈压降时, 被测电阻为

$$r = \frac{U - I r_A}{I}$$

式中 r_A 为电流表内阻。

由电桥法或伏安法测得的实际冷态电阻值, 可换算到基准工作温度时的直流电阻值。换算公式为

$$r_w = r \frac{234.5 + \theta_w}{234.5 + \theta}$$

式中 θ_w 为基准工作温度, A、E 级绝缘为 75°C , F、H 级绝缘为 115°C ;

θ 为绕组实际冷态温度, 单位为 $^\circ\text{C}$;

r 为绕组实际冷态电阻值, 单位为 Ω ;

234.5 为对铜导线取的常数, 对铝导线应取 228。

二、电功率的测量

测量电功率用功率表,功率表为电动式仪表,它可以测量交、直电功率。功率表内有两个线圈,一个为电流线圈(定线圈)与负载串联,一般用较粗的导线绕成两段,改变外接金属片的接法实现串、并联,得到两种电流量程,如图 1-2 所示;另一个为电压线圈(动线圈),用很细的导线绕成并安装在转轴上,由游丝引出和不同的附加电阻 R_f 串联后再接到接线柱上来获得不同

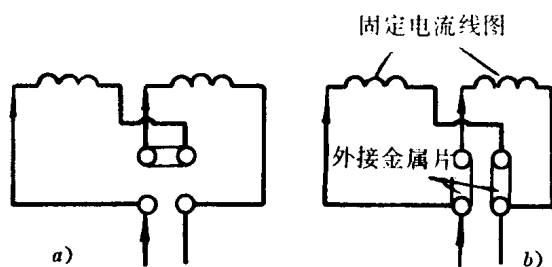


图 1-2 功率表双电流量程

a) 低量程串联 b) 高量程并联

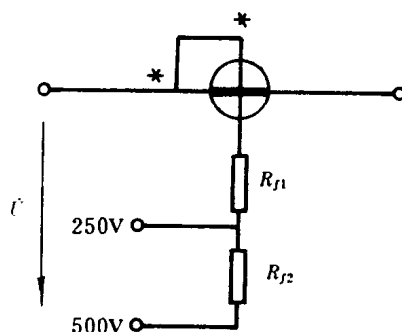


图 1-3 功率表双电压量程

的电压量程,如图 1-3 所示。电压线圈与负载并联。

电流线圈和电压线圈的同名端(同极性端)接线柱都标有“*”或“±”符号。功率表指针的偏转方向与两个线圈中的电流流向有关,为使指针正向偏转,功率表还装设一个换向开关。普通功率表的额定功率因数 $\cos \varphi = 1$,表面上一般不标出,低功率因数功率表,表面上标出额定功率因数,一般 $\cos \varphi = 0.2$ 或 0.1 。功率表在额定电流、额定电压和额定功率因数时,功率表指针偏转为满刻度(即满量程瓦特数)。

1. 功率表的正确使用

(1) 功率表的正确接线 首先根据被测电路的电压高低、电流大小和功率因数的高低来选择功率表的量程。

功率表的电流线圈与被测负载串联接入电路,它的同名端钮接到电源边,另一端钮接到负载侧;电压线圈并联在负载两端接入电路,它的同名端钮接到电流线圈的任一端,另一端跨接在负载的另一边,如图 1-4 a)、b) 所示,这两种接法都正确,以保证两线圈电流都从该端点流入。若功率表接线正确,换向开关指向“+”时,功率表指针作正偏转,表示输入负载正电功率,如果此时指针反偏转,将换向开关拨向“-”(动圈电流改变方向,但不改变附加电阻的位置)或将电流线圈的两个端点换接,使指针仍为正偏转,这表示输入负载负电功率(即负载向电源输出正电功率),应该强调指出:不允许把电压线圈的端点换接,否则,电压线圈与电流线圈之间的电位差将接近负载两端的电压,可能将两线圈之间的绝缘击穿,同时两线圈之间的静电场作用会引起测量的附加误差。

图 1-4 a) 所示的接法较常用,这时功率表读数中,除负载功率外,还包含电流线圈中的损耗功率,当负载电压较高,电流较小时,此损耗功率可略而不计;图 1-4 b) 所示的接法适用于低电压大电流负载的功率测量,这时功率表读数中,还包含电压线圈及其串联附加电阻中的损耗

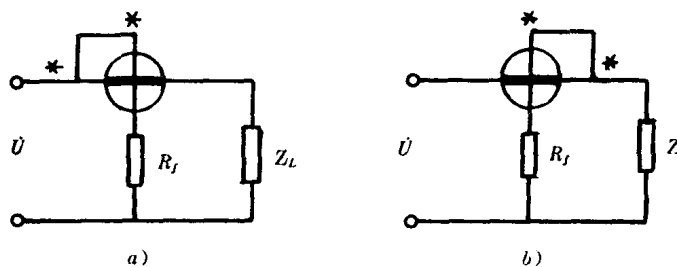


图 1-4 单相功率表的接法

功率。

例如在测定单相变压器参数时,由空载实验测取激磁参数 $z_m = r_m + jx_m$,因 z_m 为高阻抗,故采用图 4-1 所示的接线图。由短路实验测取短路参数 $z_k = r_k + jx_k$,因 z_k 为低阻抗,故采用图 4-2 所示的接线图。

(2) 功率表的正确读数 一般普通功率表都是多量程仪表,但是表面上只有一种分格刻度,在测量不同功率量程时,需用不同功率常数 C_P 进行计算, C_P 表示单位格数的瓦特数,即

$$C_P = \frac{\text{满刻度瓦特数}}{\text{满刻度分格数}} = \frac{U_N I_N \cos \varphi_N}{\alpha_m}$$

式中 U_N 为功率表的电压量程额定值, V;

I_N 为功率表的电流量程额定值, A;

$\cos \varphi_N$ 为功率表的额定功率因数,普通功率表 $\cos \varphi_N = 1$,低功率因数功率表 $\cos \varphi_N = 0.2$ 或 0.1 ;

α_m 为功率表满刻度的分格数。

一般记录功率表读数时,应同时记下所用电压和电流的量程(额定值)、额定功率因数和满刻度的分格数,并计算出 C_P 。

例如使用 $\cos \varphi_N = 0.2$ 的低功率因数功率表测量功率时,当选用电压量程为 250V,电流量程为 1A,表面的满刻度的分格数 $\alpha_m = 100$ 格,则 C_P 为

$$C_P = \frac{U_N I_N \cos \varphi_N}{\alpha_m} = \frac{250 \times 1 \times 0.2}{100} = \frac{0.5 \text{ W}}{\text{格}}$$

2. 用两个功率表测量三相三线制有功功率,请见第二章 2-1. 七。

三、转速的测量

随着科技的发展,测量电机转速的方法很多,精度也不断提高,这里只介绍与本实验内容有关的测速仪器和测速方法。一般常用的测速方法有离心式转速表测速、测速发电机测速、闪光测速仪测速和数字测速仪测速等。

1. 离心式转速计测转速

离心式转速计是一种机械式转速表,它是利用离心力将转速转换成指针的角位移,可直接读出转速。它的优点是使用方便,但精度不高,且测量时会给被测电机附加一个阻力矩,故不宜测量小功率电机转速。

在测速过程中不允许改变量程,以免损坏表内齿轮,测量时应使转速表的转轴与被测电机转轴保持水平且同心。

2. 测速发电机测转速

测速发电机种类很多,一般作为转速显示用的多为永磁式直流测速发电机、感应子式和脉冲式同步测速发电机,尤其是带数字装置的感应子式和脉冲式同步测速发电机广泛用于转速的显示。永磁式直流测速发电机与被测电机同轴旋转,它的感应电势 $E = C_e \Phi n$,当磁通 Φ 不变时,将电压表上的电压刻度换算到转速 n 为单位后,即可读出转速。

感应子式或脉冲式同步测速发电机,利用它发出电压的频率与转速成正比关系,然后将脉冲电压(脉冲电信号)转换成转速数字显示。

3. 闪光法测转速

(1) 日光灯法测定电机转差率 交流异步电机的转差率可用日光灯测定,日光灯接于 50Hz 电源时,日光灯每秒闪亮 100 次,每次相邻闪亮间隔时间为 0.01s,由于人的视觉暂留时间为 $\frac{1}{16}$ s,故人的肉眼不感到日光灯在闪烁。设电机的同步转速为 1500r/min,即每秒 25 转,每转为 0.04s,于是电机每转 1 转日光灯闪亮 4 次,若在电机转轴端面上标记 4 个扇形图案,如图 1-5

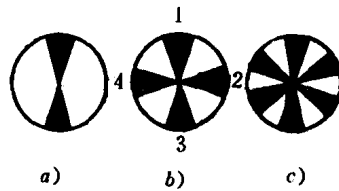


图 1-5 转轴端面标志图案

b) 所示。用日光灯照射转轴端面上的图案时,若转子以同步转速旋转,即转差率 $s = 0$,这时电机每转过 $\frac{1}{4}$ 圈,日光灯就闪亮一次,刚好第一个扇形转到第二个扇形位置,故肉眼看到的图案好像不动。显然当电机 $2p = 1$ 时,同步转速 $n_1 = 3000\text{r/min} = 50\text{r/s}$,若转子以同步转速旋转($s = 0$),由于日光灯每闪亮一次,电机转过 $\frac{1}{2}$ 圈,故图案应改为 2 个扇形,如图 1-5 a) 所示。同理,当极对数 $p = 3$ 时,图案应为图 1-5 c) 所示。

当电机转速稍低于同步转速时,设在日光灯第一次闪亮时,1、3 号黑色扇形图位于垂直位置,2、4 号位于水平位置(见图 1-5 b)),而日光灯第二次闪亮时,由于电机转不到 $\frac{1}{4}$ 圈,人的视觉好像 4 个扇形片逆电机旋转方向转过某一角度,日光灯每闪亮一次,扇形图都逆电机旋转方向转过某一角度,结果肉眼看到的现象是扇形图逆电机转向而转动,用秒表记录扇形图每分钟转过的转数,即是电机的转差转速 Δn 。若扇形图顺电机旋转方向转动,则电机转速大于同步转速,电机的转差率 $s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \pm \Delta n / n_1$,电机转速 $n = (1 - s)n_1$,当扇形图逆电机转向转动时, Δn 取正号,顺电机转向转动时取负号。

在小容量异步电动机额定运行时,转差转速 Δn 较大,测量 Δn 有些困难,故此法适用于大中型异步电机。

有时为了便于测量 Δn ,在日光灯电路中串入整流二极管和调节电阻,于是加在日光灯上只有正半波电压,日光灯每秒闪亮 50 次,当 $2p = 4$,轴端面扇形片标志只需 2 个,如图 1-5 a) 所示。

(2) 闪光测速仪测转速 闪光测速仪具有可调脉冲频率专用电源。使用时将闪光测速仪

的灯光照射在标有一个记号的电机转动的部分,调节电源脉冲频率,使电机旋转部分上的标志肉眼看起来好像静止不动,显然此时电源频率与电机转速之间存在某种关系,可以直接从刻度盘或数码管上读取电机转速。

使用闪光测速仪时应注意:

1) 当电机的转速 $n/60$ 比电源脉冲频率 f 大整数 k_1 倍时,即 $n/60 = k_1 f$ (电源为可调脉冲频率电源,每秒钟闪亮 f 次),于是,电机转 k_1 圈后灯才闪亮一次,虽然肉眼观察到的标志好像不动,因此,使用闪光测速时,应使电源脉冲频率从低往高调节,以最后一次出现标志不动时为准,这时 $n/60 = f$,即 $n = 60f$ 。

2) 当电源脉冲频率比电机转速大整数 k_2 倍时,即 $f = k_2 n/60$,电机转动一转,灯将闪亮 k_2 次肉眼看到的是沿圆周出现 k_2 个标志,这时应将电源脉冲频率调低,直到只出现一个标志不动时为止。

闪光法测速是一种无接触方式测速,测量准确度较高,目前广泛用于微型电机转速测量。

四、转矩的测量

测量转矩的设备有机械测功器、涡流测功机、电机测功机、用校正过的直流电机测量电机转矩、磁滞测功机和数字式转矩转速测量仪等。

1. 机械测功器

在没有专有测功机时,机械测功器不失为简易测功设备,它主要由装在电机转轴上的空心

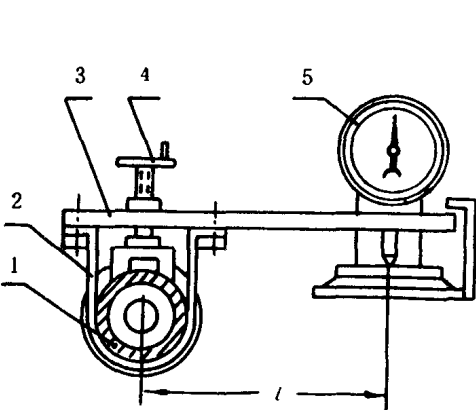


图 1-6 机械测功器

- 1 — 空心带轮(套在电机轴上) 2 — 刹车带
- 3 — 测功器木架(臂长为 l) 4 — 手轮
- 5 — 磅秤刻度盘

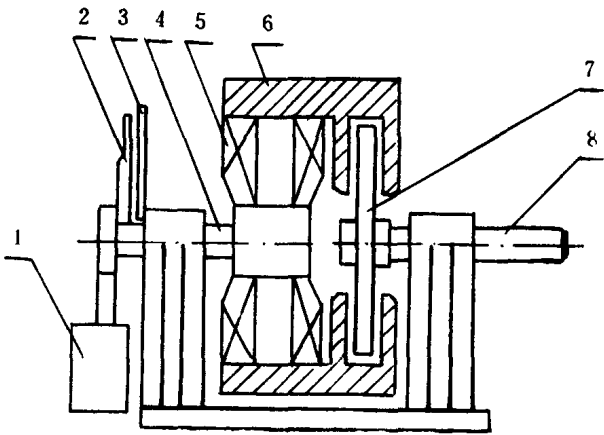


图 1-7 涡流测功机

- 1 — 平衡锤 2 — 指针 3 — 刻度盘 4 — 转轴
- 5 — 磁极绕组 6 — 磁极 7 — 钢盘 8 — 转轴

带轮、刹车皮带、螺母、螺杆、磅秤或弹簧秤以及木架等组成,如图 1-6 所示。。它宜于测量电机起动转矩。由于它的精度低,调节不方便,目前在专业实验室中已不再使用。

2. 涡流测功机

涡流测功机结构如图 1-7 所示。实心圆盘与它的转轴由被试电动机驱动,磁极、励磁绕组、

平衡锤、指针和转轴为一个整体,可以对机座支架左右偏转。当励磁绕组通以直流电流后,磁极产生的磁通,经气隙、钢盘、气隙回到相邻的磁极而闭合。被试电动机带动钢盘旋转切割磁力线,在钢盘中产生涡流,此涡流与磁场互相作用产生电磁转矩(制动转矩),则磁极将受到与此制动转矩大小相等方向相反的电磁转矩,使磁极顺电机旋转方向偏转一角度,并与平衡锤随之偏转而产生的转矩相平衡,于是指针在刻度盘上指示转矩数值。改变励磁电流,即可改变制动转矩,而被试电动机负载也随之改变。

涡流测功机结构简单,调节方便,运行稳定,但输入钢盘的功率绝大部分由涡流损耗转换成热能,此热量主要散发在周围空气中,一部分被钢盘及轴承吸收,将使钢盘、轴承等温度升高,因此,涡流测功机运行时要采取散热措施。此外,当转速很小时制动转矩很小,所以涡流测功机不能测量低速电动机转矩和电机的堵转转矩。

3. 电机测功机

直流测功机结构如图 1-8 所示。转子(电枢)轴上装有与普通直流电机一样的轴承,装置在端盖内,转子可相对于磁极旋转;定子端盖另装一套轴承于电机机座支架中。因此,不但定、转子之间可相对转动,而且定子受到转矩时也可以对电机支架发生偏转并与定子上装有重锤产生的平衡转矩所平衡(或由磅秤系统制动转矩所平衡),于是,刻度盘上指针直接指示制动转矩数值。

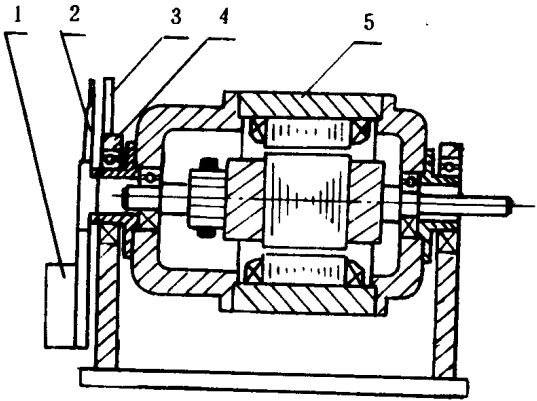


图 1-8 电机测功机

1 — 平衡锤 2 — 指针 3 — 刻度盘 4 — 轴承 5 — 定子

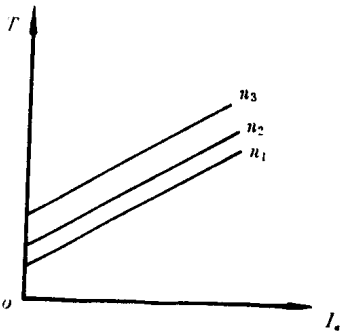


图 1-9 校正过的直流发电机 $T = f(I_a)$ 特性曲线

测功机的工作原理与直流电机相同,它既可作为发电机运行,又可作为电动机运行。作发电机运行时,转子(电枢)接上负载电阻或与直流电网并联运行输出功率,以测定被试电动机的输出转矩 $T_{\text{出}}$,即 $T_{\text{出}} = T$ (在测功机上指示转矩) + T_0 (测功机空载转矩);作电动机运行时,测功机由直流电源供电,拖动被试电机,以测定被试发电机的输入转矩 $T_{\text{入}}$,即 $T_{\text{入}} = T$ (在测功机上指示转矩) - T_0 (测功机空载转矩)。

电机测功机调节方便,设计测功机时采取措施减小空载转矩或用补偿方法消除空载转矩影响,则测量准确度高,它既可作为负载又可作为原动机,能满足电力拖动实验对四象限机械特性的测试要求,故在电力拖动实验中广泛使用。

4. 用校正过的直流电机测量电机转矩

将被试电机与一台经校正过的他励直流电机同轴联接(如在实验 5-3 中所示)。此他励直流发电机,在保持某一励磁电流不变情况下,用电流表和测功机测取他励发电机在不同转速时的电枢电流和输入转矩,获得一族关系曲线 $T = f(I_a)$,对保持不同励磁电流时可获得数条曲线如图 1-9 所示。

在测量被试电动机转矩时,应使励磁电流与校正时的励磁电流相同且保持不变,录取不同的电枢电流和转速,则直接可以从校正曲线上查出对应电流和转速下的被试电动机输出转矩。

1-4 电机机械特性实验测取原理

各种类型电机的机械特性不尽相同,在生产实践中,电机有时经常运行在电动状态和制动状态,用直角坐标表示的机械特性 $n = f(T)$ 关系,可存在于四个象限里,而且制动运行状态往往发生在时间极短的过渡过程中,为了测取电动机制动状态下机械特性,必须使电机稳定地运行于某一制动状态,才能测取该点的 n 与 T 的数据。因此必须寻找被试电动机的合适的负载,而他励直流电机(或直流电机测功机),可作为发电机运行又可作为电动机运行,且易于调节转速和实现正反转的特点,故在实验室中,可作为被试电动机测取机械特性的理想负载。下面以他励直流电机作为负载分别说明测取电动机各种机械特性的原理。

1. 测取电动及发电(回馈)制动状态机械特性

当被试电动机运行在电动状态时,作为它负载的直流电机 D 应作为发电机运行,如图 1-10 所示,开关 K_1 合向 1-1,开关 K_2 合向 3-3,直流电机 D 运行于发电机状态,当励磁电流一定而电枢电阻 R_a 不同时,它的 $n = f(T)$ 特性为一簇直线,如图 1-11 a) 所示,若考虑电力拖动机组的空载转矩 T_0 (相当 $R_a \rightarrow \infty$ 时的负载转矩特性),把被试电动机的机械特性与作为被试电动机负载的直流发电机 D 的负载特性画在一起,如图 1-11 b) 所示。

从图 1-11 b) 可知,只要改变直流发电机 D 电枢电阻 R_a 的大小,被试电动机便在不同负载下运行于不同转速,如图 1-11 b) 中的 1、2、3 和 W' 点,如果改变被试电动机的机械特性,则可测取 1'、2'、3' 和 W' 点。显然,被试电动机运行于反向电动状态(如电压反接)时,可测取在第三象限内的反向电动运行状态下的机械特性。

要使被试电动机运行于发电(回馈)制动状态,则负载直流电机 D 应运行于电动机状态,拖动被试电机且其理想空载转速应高于被试电机的理想空载转速,转向也应与被试电动机转向相同。在图 1-10 中,首先将 R_a 置于阻值最大位置,开关 K_1 合向 1-1 或 2-2 (应使直流电机 D 转向与被试电动机转向相同),开关 K_2 合向 4-4,调节 r_f ,使励磁电流 I_f 减小(一般 $I_f = 0.8 I_{fN}$),并保持不变,使直流电机 D 的理想空载转速高于被试电机理想空载转速。它们的机械特性与负载

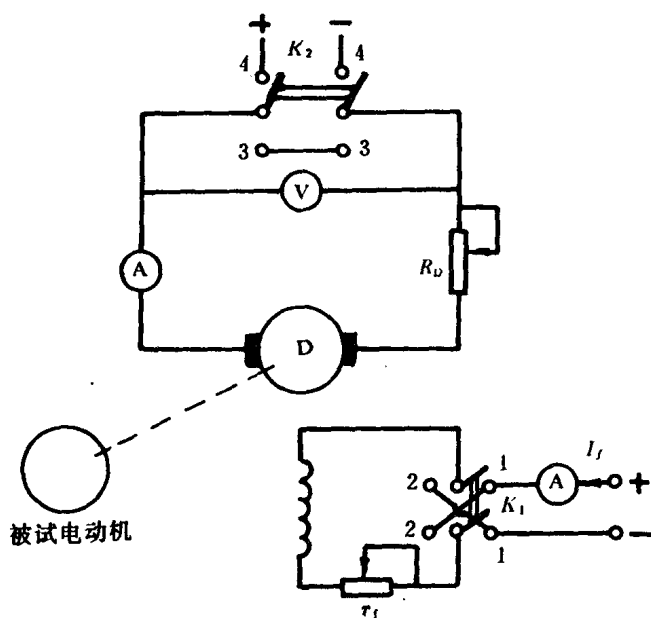


图 1-10 测取电动机机械特性的实验原理接线图

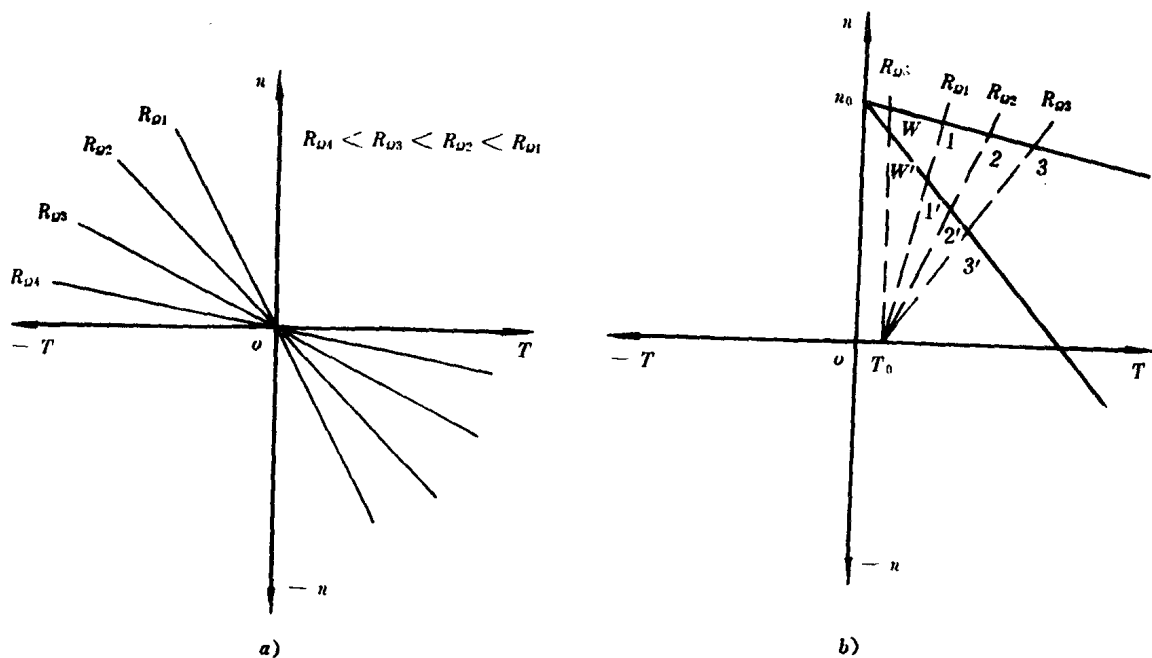


图 1-11 被试电动机与其负载发电机的机械特性

a) 直流发电机的 $n = f(T)$ 特性

b) 被试电机在电动运行状态下机械特性的测取

特性如图 1-12 所示(不考虑机组空载转矩时)。改变直流电机 D 的电枢回路电阻 R_a , 可测取运行点 1、2、3 和 4 点。显然, 当被试电动机运行反向电动及发电(回馈)状态时, 同理, 可在第三和第四象限内测取反转时的电动及发电(回馈)制动的机械特性。

2. 测取反接制动机械特性

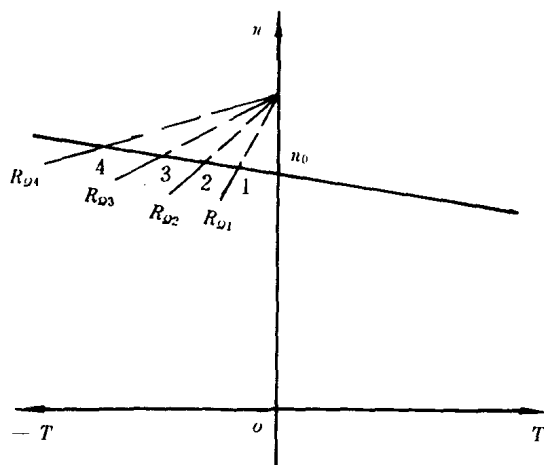


图 1-12 发电(回馈)制动状态机械特性的测取

要使被试电动机运行于反接制动状态,必须有一个与位能性负载等效的外力矩作用于被试电动机转轴上,并拖动被试电动机反转,因此实验时负载直流电机 D 的转向应与被试电动机转向相反,即负载直流电机 D 应运行于反向电动状态。在图 1-10 中,首先将电阻 R_D 置于阻值最大位置,开关 K_1 合向 1-1 或 2-2(应使直流电机 D 运行于反向电动状态),开关 K_2 合向 4-4,调节 τ_f ,使 $I_f = I_{fN}$,并保持不变,它们的机械特性与负载特性,如图 1-13 所示。

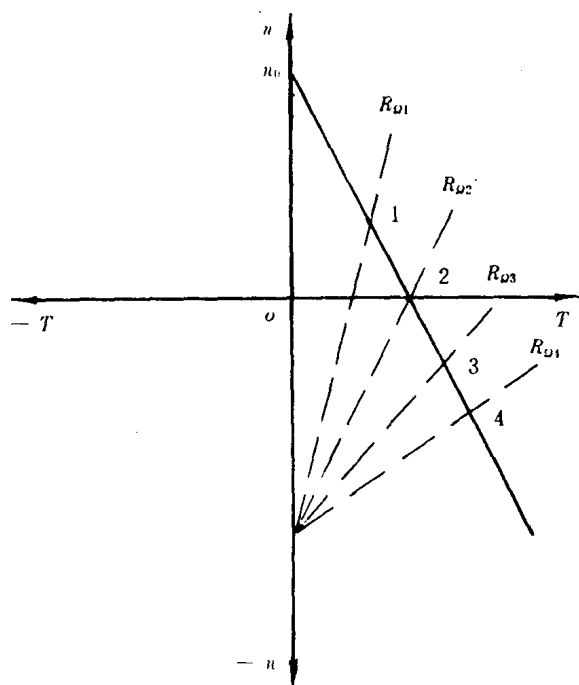


图 1-13 反接制动状态机械特性的测取

改变直流电机 D 的电枢回路电阻 R_D ,可得一簇机械特性(作为被试电动的负载特性),它与被试电动机的人为机械特性相交于 1、2、3 和 4 点。运行在 1 点时,被试电动机运行电动状态,而负载直流电机 D 运行于反接制动状态,减小 R_D 时,使被试电动机运行在 $n = 0$ 的堵转状态,

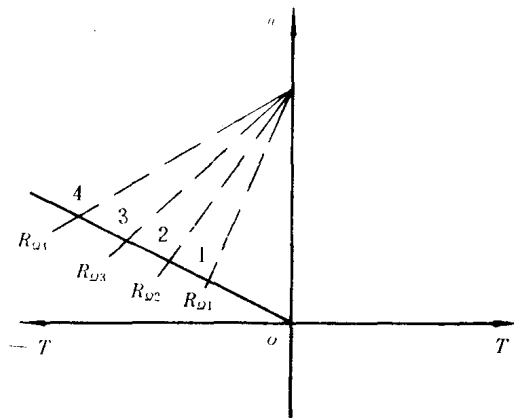


图 1-14 能耗制动状态机械特性的测取

再继续减小 R_D , 使被试电动机运行在反接制动状态下, 而负载直流电机 D 则运行在反向电动状态。同理, 被试电动机反向电动运行时, 可在第二象限内测取反接制动机械特性。

3. 测取能耗制动机械特性

在测取被试电动机能耗制动机械特性时, 被试电动机脱离电源, 而运行于发电状态, 负载直流电机 D 应接成正向电动运行状态。在图 1-10 中, 首先将 R_D 置于阻值最大位置, 开关 K_1 合向 1-1 或 2-2 (应使直流电机 D 运行于正向电动状态), 开关 K_2 合向 4-4, 调节 r_f , 使 $I_f = I_{fN}$, 并保持不变, 它们的机械特性与负载特性, 如图 1-14 所示。

改变直流电机 D 的电枢回路电阻 R_D , 可得一簇机械特性 (作为被试电机的负载特性), 它与被试电机的能耗制动机械特性相交于 1、2、3 和 4 点。同理, 若被试电动机运行反向电动状态时, 可在第四象限测取能耗制动机械特性。