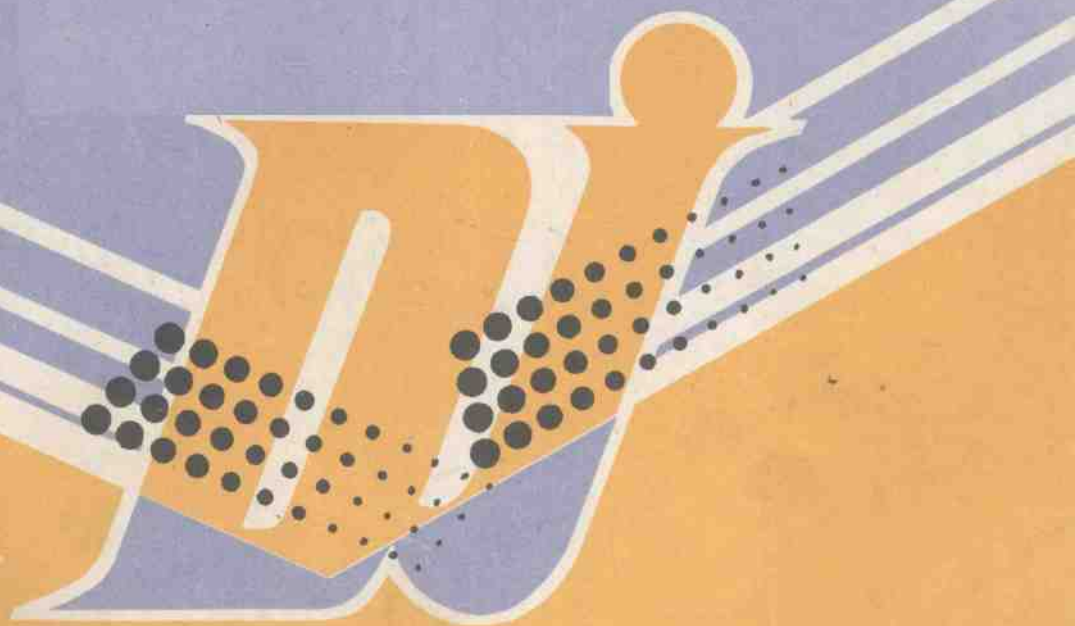


高等学校规划教材

电机学实验指导书

高献甫 于子捷 王等趁 陈小明 吴尧辉 编



中国矿业大学出版社

高等学校规划教材

电机学实验指导书

高献甫 于子捷 王等趁 陈小明 吴尧辉编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书共分五章。第一章是电机实验中应注意的事项及如何进行电机实验。第二章是电机实验中常用物理量的测量方法和测量设备等。第三、四章为电机基本教学实验,分别介绍常规电机装置和DSZ电机系统装置对变压器、异步电机、同步电机、直流电机的各种特性及参数测定的实验方法、实验步骤等。第五章为提高实验,介绍了一些厂矿企业常用的异步电机主要物理量的测定。本书主要以电机教学实验为主,又照顾到工程实验应用,在内容讲述和编排上进行一些改革尝试。

本书可作为高等院校有关专业的辅助教材和参考书,也可供从事电机试验等工程技术人员参考。

责任编辑 胡玉雁

责任校对 马景山

高等学校规划教材

电机学实验指导书

高献甫 于子捷 王等趁 陈小明 吴尧辉 编

中国矿业大学出版社出版发行

新华书店经销 中国科学院开封印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 11.25 字数 270 千字

1996 年 6 月第一版 1996 年 6 月第一次印刷

印数:1—3000 册

ISBN 7-81040-507-1

TM·9

定价:11.50 元

前 言

“电机实验指导书”是煤炭部“八五”教材规划中“电机学”一书的配套教材。是根据 1992 年 12 月在安徽召开的煤炭部电类教材会议讨论通过的编写提纲编写的。

电机实验是学习、研究电机理论的重要实践环节,是电机课程的必要组成部分。但电机实验应侧重于掌握实验方法和运用所学到的理论知识来分析研究实验中的各种问题,得出必要的结论,从而达到培养学生分析问题和解决问题的初步能力。该书在编写中即考虑到运用电机理论、掌握电机性能的要求,更重视实验方法、实验技能方面的培养。

教材体系服从“电机学”体系,根据不同专业要求和设备条件可选做教材中的一些基本实验和专题实验。每个基本实验具有实验目的、预习要求、实验原理、实验线路、实验步骤、实验报告等内容,每个实验大致以 3 学时为宜。

该书编写考虑到独立设课的要求,即具有与理论教学相对独立性。在理论与实际结合的内容方面留给学生充分的思考余地,供学生自学和预习。

考虑到各校实验设备不尽相同的实际情况,特别是考虑到有些院校采用传统实验设备,有些院校采用 DSZ 型电机系统实验装置这两种情况,本教材包括了这两种方式的各种实验,它们基本上是相对独立的,各校可根据自己的实际情况使用本教材。希望能够按照指导书的要求购置、更新必需的实验设备,加强实验室建设。

全书由焦作矿业学院高献甫主编,并编写第一章、第二章、第五章及第三章的实验十七至二十;西安矿业学院王等趁编写第三章的实验一至八;湘潭矿业学院陈小明编写第三章的实验九至十二及实验十五;焦作矿业学院吴尧辉编写第三章的实验十三、十四及十六;中国矿业大学于子捷编写第四章。

焦作矿业学校焦留成副教授对本书进行了仔细审阅,并提出了许多宝贵意见。在编写过程中,得到了各院校领导和有关老师的热情支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,欢迎使用本书的师生及广大读者批评指正。

编者

1994 年 1 月

目 录

第一章 电机实验须知	(1)
第一节 电机实验守则.....	(1)
第二节 电机实验的基本要求.....	(1)
第二章 电机实验中几种常用物理量的测量	(4)
第一节 电机转矩的测量.....	(4)
第二节 电机转速及转差率的测量.....	(9)
第三节 电机绕组直流电阻的测量.....	(15)
第四节 电机温度的测量.....	(16)
第五节 功率的测量.....	(18)
第六节 电机绝缘的介电性能测定.....	(21)
第三章 传统装置的电机实验	(24)
实验一 单相变压器认识实验.....	(24)
实验二 单相变压器空载和短路实验.....	(27)
实验三 三相变压器空载和短路实验.....	(32)
实验四 三相变压器联接组别的测定.....	(37)
实验五 单相变压器的并联运行.....	(41)
实验六 三相变压器并联运行.....	(45)
实验七 三相变压器不对称运行.....	(48)
实验八 三相变压器的谐波.....	(53)
实验九 感应调压器.....	(56)
实验十 三相异步电动机参数测定.....	(58)
实验十一 三相异步电动机工作特性.....	(63)
实验十二 三相异步电动机的起动与调速.....	(65)
实验十三 同步发电机的并联运行及 V 形曲线.....	(71)
实验十四 三相同步发电机的运行特性.....	(74)
实验十五 三相同步电动机起动方法及 V 形曲线.....	(77)
实验十六 三相同步发电机参数测定.....	(79)
实验十七 他励直流发电机特性研究.....	(84)
实验十八 自励直流发电机研究.....	(87)
实验十九 并励直流电动机研究.....	(90)
实验二十 串励直流电动机研究.....	(93)
第四章 DSZ—1 型电机系统实验装置的电机实验	(97)
第一节 DSZ—1 型电机系统实验装置简介.....	(97)

第二节	DSZ—1 型电机系统实验装置的部分常规电机教学实验	(107)
实验一	DSZ—1 型电机系统实验装置认识性实验	(107)
实验二	三相变压器的空载、短路及负载实验	(108)
实验三	三相变压器的联接组和不对称短路	(113)
实验四	单相变压器的并联运行	(118)
实验五	三相异步电动机工作特性	(120)
实验六	三相异步电动机的起动与调速	(124)
实验七	异步电动机 T—S 曲线自动测绘	(127)
实验八	三相同步发电机的运行特性	(129)
实验九	同步发电机的并联运行	(134)
实验十	三相同步发电机参数的测定	(138)
实验十一	三相同步电动机的 V 形曲线和工作特性	(142)
实验十二	直流发电机特性研究	(145)
实验十三	并励直流电动机特性研究	(149)
实验十四	串励直流电动机特性研究	(152)
附录一	装置可提供的组件	(155)
附录二	“DSZ-1 型电机系统实验装置”被测试电机、变压器铭牌数据一览表	(157)
第五章	电机的专题研究	(158)
实验一	圆图法求取三相异步电动机工作特性	(158)
实验二	反转法测定三相异步电动机的杂散损耗	(161)
实验三	静态法测定三相异步电动机的最大转矩与最小转矩	(166)

第一章 电机实验须知

第一节 电机实验守则

为了顺利完成实验,确保人身及设备安全,保持良好的实验环境,实验人员要严格遵守实验室守则,一般要求做到如下事项:

1)任何情况下,人身不可接触带电导线,接线和改接线时,都必须在切断电源的情况下进行,不准带电操作。

2)实验时,注意衣服、围巾、发辫及导线等都要远离电机的旋转部分。实验人员应穿工作服或紧袖口衣服,不得穿拖鞋进入实验室;不准用手和脚去促使电机的起动或停转。

3)电源经开关和保险丝之后接入电动机。发电机经开关和保险丝之后接到负载,不允许将电源直接接到电机和负载上,以免发生事故时,失去控制。

4)学生独立完成接线和改接线路后,经指导教师检查允许,然后招呼全组同学引起注意,方可合闸通电,起动电机。

5)实验过程中,如发生事故和出现异常现象,应立即断开电源,保持现场,并报告指导教师,待查明事故原因,经处理后,方可继续实验。

6)电机起动时,应将电流表及功率表电流线圈从线路中拆离,或经并联开关短路。

7)闸刀开关操作时,应迅速果断,快合快断。合闸时应使刀片合入座内,保持接触良好。

8)上实验课时,不准迟到早退,实验室内严禁高声喧哗、打闹及做与实验无关的事情。禁止脚踏电机及其他设备。实验室内不准吸烟,不准乱扔废物和就地吐痰。

9)总电源应由实验室工作人员掌握,学生不得乱动。合总电源时,应通知全体实验人员。

第二节 电机实验的基本要求

电机实验课是理论与实践结合的重要环节。目的在于通过实验,使学生加深理解电机的原理、结构、特性等的实质,掌握基本的实验方法和操作技能,逐步培养学生学会运用科学的实验方法,来研究、探索自然规律的能力,以及与其他实验人员在一项工作中,互相尊重,密切配合的协作精神。

为使学生能够安全、顺利完成每个实验,学生必须按下列要求进行实验。

一、实验前的预习

为避免实验中的盲目性,实验前必须认真阅读实验教材及有关参考书和资料,在充分了解实验目的、内容的基础上,研究和拟定实验线路,确定实验方法和操作步骤,明确实验中可能出现的问题,预计所得结果和有关曲线形状。准备好记录表格。预习的好坏是实验能否顺

利进行、达到预期效果及提高实验效率至关重要。预习可到实验室对照实物进行,如抄录被试电机铭牌,选择设备、仪表等。

在预习的基础上,提出预习报告,交教师审阅,合格者方可进行实验。

二、实验的进行过程

实验时以小组为单位进行,每组3~4人,推选小组长一人,小组长在每次实验中可轮流担任,负责组织实验的进行;如分配接线,起动电机,调节负载,读取仪表数据等工作。在实验中务必各司其责,互相配合。

1. 正确接线,力求简明

依据实验线路图,合理布置仪表、起动设备,调节设备等的位置,这些设备必须放在便于读取数据和操作的位置,然后根据电机、仪表和各种设备的位置,以及电流的大小,选择不同长短和粗细的导线联接起来,接线要简明,尽量避免交叉,要先串联,后并联,导线不可和旋转部分接触,接线要牢固,以防振动脱接和接触不良。

2. 熟悉仪表,起动电机

起动前将仪表校正到零位,熟悉刻度,并记下倍率。起动、调速、调压等设备,应调至合适的位置,然后起动电机,观察所有仪表是否正常。如出现异常时,应迅速拉闸停机,并及时报告教师,查明原因。待处理后,一切正常,即可开始实验。

3. 按照实验步骤,测取所需数据

实验步骤是为完成实验项目的要求所规定的操作方法和测量步骤。在保持什么条件下,测量什么数据,数值的大致趋势等都要心中有数。依据所测物理量额定值的大小,确定数值范围以及所测点数,大致算出相邻点的数值间隔。若曲线有拐点,可在拐点处多测几点。在测取数据时,由组长指挥,各种数据同时读取,以减少误差。

4. 提交实验数据,整理实验设备

数据测取完毕,首先断开电源,然后整理实验数据,交指导教师审阅认可后,才允许拆除实验线路,整理实验导线,归还仪表、工具等。整理完毕后,请指导教师验收,认为合格,方可离开实验室。

三、认真编写、按时提交实验报告

编写实验报告是系统总结实验收获的重要步骤,是培养学生严肃、认真的科学作风的重要一环。一份好的实验报告不仅是实验课的总结,而且在以后的工作中都会有一定的参考价值,每位同学应当十分重视,并认真写好。

实验报告是根据实验目的,通过实验步骤、实测数据以及在实验中观察和发现的问题,经过研讨得出结论或通过分析写出技术性的体会,并回答一些必要的思考题,加深巩固实验成果。

实验报告要简明、扼要,字迹清楚,图表规整,结论明确,回答问题确切。内容包括:

1) 实验名称、专业班级、组别、姓名、学号,同组同学姓名、实验日期。有些实验还要写明室温。

2) 列出被试电机及使用设备的型号、规格及铭牌数据。

3) 扼要写明实验目的及实验项目。

4) 用绘图工具绘出实验线路原理图,在图中绘出仪表联接位置,并注明使用量程。

5) 整理和计算数据,将实测数据由大至小或由小至大依次填入表内,在表格上方注明实

测数据是在什么条件下进行的。

例如：他励发电机外特性实验时，在 $n=n_N, I_L=I_{LN} (R_L=\text{常值})$ 的条件下， $V=f(I)$ 。

计算数据，要写明公式，并计算出结果。

6) 选择合适的比例尺(纵横坐标的比例尺要适当)，在坐标纸上，将实测数据的点连成光滑的曲线或直线(一些实测数据的点不在曲线或直线上也要标出。坐标纸应不小于 10×10 。

7) 根据实验结果和观察的现象，进行计算和理论探讨，得出必要的结论。若实验结果和理论不大一致，应分析其原因。这是由实践上升到理论的提高过程，是实验报告中重要的部分。

8) 对实验报告中的思考题，要简明扼要的回答，语言确切，生动、简洁。

实验报告要写在一定规格的纸上，每人独立完成，不可互相抄袭，按规定时间交教师批阅。

第二章 电机实验中几种常用物理量的测量

第一节 电机转矩的测量

转矩是旋转电机的重要参数之一,因此在旋转电机中对转矩进行精确和自动的测量是非常重要的。下面介绍在普通电机实验中,常用的几种测量转矩的设备和测量方法。

一、机械测功器

机械测功器仅适用于小型电动机的转矩测量,其结构如图 2-1 所示,图中摩擦轮 1 装在被试电机轴上,利用制动带 2 和摩擦轮 1 之间的摩擦所产生的制动力来测量被试电动机的转矩。

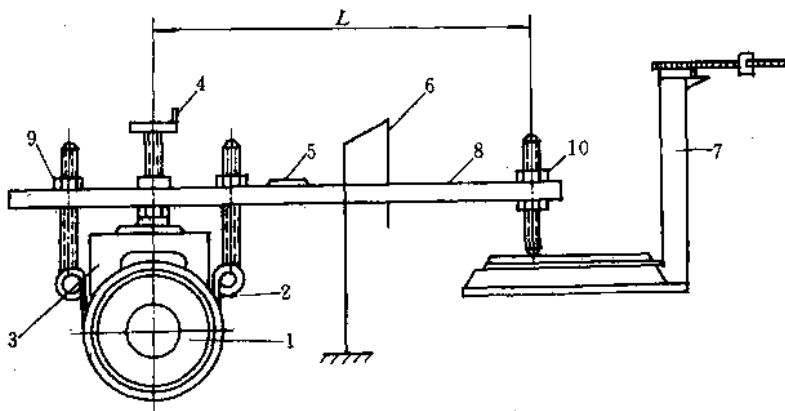


图 2-1 机械测功器

- 1—空心皮带轮(套在电机轴上);2—刹车皮带;3—硬木块;4—手轮;
5—水平仪;6—安全架;7—磅秤或弹簧秤;8—测功器的臂(臂长为 l);
9—螺帽;10—调节螺帽

试验前,先将测功器的臂调到水平位置,并测其臂重,其方法是:旋松螺帽 9,使刹车皮带 2 与空心皮带轮 1 脱离,在硬木块 3 与空心皮带轮之间置一刃形物,同时调节螺帽 10,使测功器的臂 8 水平,读取磅称上重力 $F_0(\text{N})$ 即为测功器臂重。

负载时,从磅秤读得的力为 $F(\text{N})$,则电动机的实际输出转矩为

$$T_2 = (F - F_0)l \quad (2-1)$$

式中 T_2 —电动机输出转矩, $\text{N} \cdot \text{m}$;

l ——测功机臂长, m。

此设备是利用摩擦产生制动力,制动力的由调节手轮 4 控制。由于摩擦生热,皮带轮温度会迅速升高,因此实验中要向空心皮带轮注水以加强冷却,该测功机性能不稳定,应随时调节手轮。在一般情况下,这种测功机多用于小型电动机的起停转矩测量,测量时将螺帽 9 旋紧,使电动机不能转动。

二、涡流测功机

涡流测功机的结构如图 2-2 所示,被测电动机与转轴 7 直接联接,带动一实心钢盘 6,钢盘圆周均匀分布一定数量的磁极 5,磁极与平衡锤 1 固定在可以偏轴的轴上。当励磁绕组 4 通入直流电流后,产生磁通由磁极经钢盘回到相邻磁极构成闭合回路,当电机旋转带动钢盘在磁极磁掌的叉口中转动时,就切割磁力线,在圆盘中产生涡流,载有涡流的圆盘与磁掌中磁场相互作用产生制动力矩。磁极上受到大小相等而方向相反的转矩,将使磁极顺电机转向并带动平衡锤偏转一个角度,当和平衡锤产生的力矩平衡时,可由指针 2 在刻度盘上直接读取转矩值。改变励磁电流的大小,可以平滑地调节制动转矩的大小,从而被试电机的负载也随之改变。

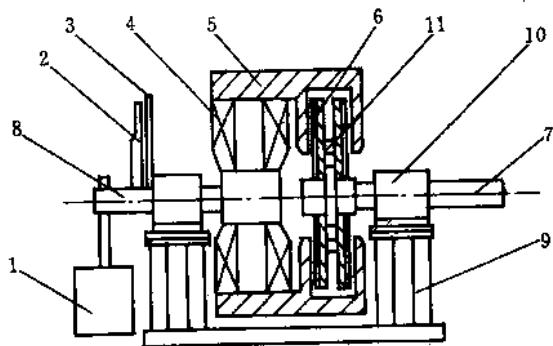


图 2-2 涡流测功机

- 1—平衡锤;2—指针;3—刻度盘;4—励磁绕组;5—可偏转磁极;
6—钢盘;7—转轴;8—轴(磁极、指针与此轴一起偏转);
9—支架;10—轴承座;11—风叶片

当励磁绕组 4 通入直流电流后,产生磁通由磁极经钢盘回到相邻磁极构成闭合回路,当电机旋转带动钢盘在磁极磁掌的叉口中转动时,就切割磁力线,在圆盘中产生涡流,载有涡流的圆盘与磁掌中磁场相互作用产生制动力矩。磁极上受到大小相等而方向相反的转矩,将使磁极顺电机转向并带动平衡锤偏转一个角度,当和平衡锤产生的力矩平衡时,可由指针 2 在刻度盘上直接读取转矩值。改变励磁电流的大小,可以平滑地调节制动转矩的大小,从而被试电机的负载也随之改变。

由测得的转矩和电动机转速,可求出电动机输出功率为

$$P_2 = \frac{T_2 n}{9550} \quad (2-2)$$

式中 P_2 ——电动机输出功率, kW;
 T_2 ——电动机输出转矩, N·m;
 n ——电动机转速, r/min。

涡流测功机结构简单,使用方便,调节时平滑、稳定;但由于涡流圆盘的制动功率全部转化为热能,故圆盘产生大量的热量,所以在两块钢盘间装有径向风叶 11,或用外风扇通风,以加快热量的散发。

三、电机测功机

电机测功机由磅秤和直流电机组成,该直流电机与一般直流电机不同之处在于:它不但转子可以自由转动,定子也可以在特制的支架上转动。

直流电机测功机可作电动机运行,也可作发电机运行,其原理如图 2-3 所示。若该测功机作发电机运行,原动机给予的拖动力矩为 T_1 ,使电枢按顺时针方向旋转,则感应电势方向如图 2-3 所示。当外部接入负载 R_L 时,就有电流通过,在电枢导体上又会产生逆时针方向的

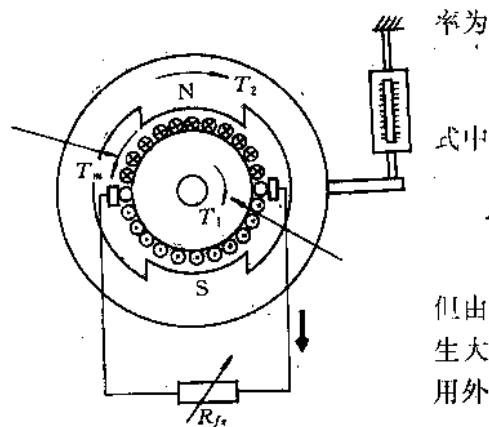


图 2-3 电机测功机原理图

电磁力矩 T_m ，该力矩是 T_1 的阻力矩；与此同时，磁极上受到一个反作用力矩 T_2 的作用， T_2 使定子转动。定子转动部分与弹簧秤（磅秤、砝码）相连，定子旋转，通过连杆使弹簧秤拉伸到一定数值，处于平衡状态。由弹簧秤的指示值 $F(W)$ 与连杆臂长 (m) ，就可求得原动机的输出转矩。

同理，若电机测功机作电动机运行，保持电枢电流方向不变，其旋转方向则与发电机运行相反，同样能使弹簧秤指示一定数值。若连杆臂长已知，也可求出该电机测功机所带负载的输入转矩。

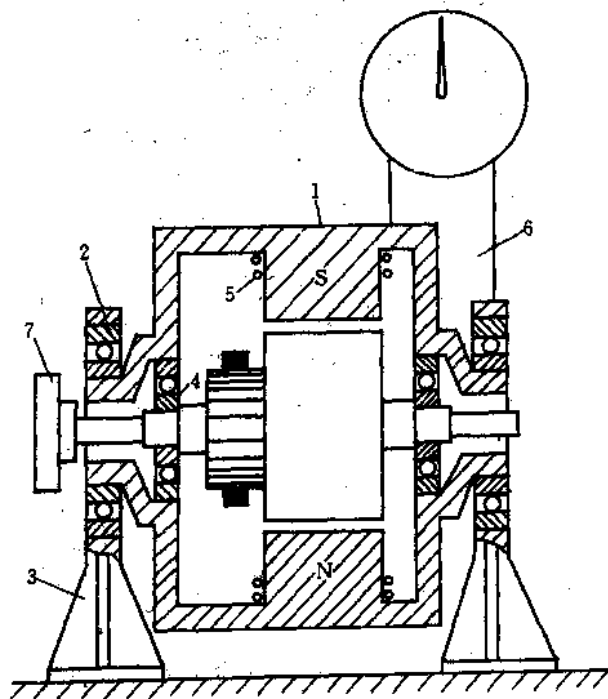


图 2-4 电机测功机

1—定子；2—轴承；3—支架；4—轴承；5—励磁绕组；6—磅秤；7—联轴器

直流电机测功机结构如图 2-4 所示，直流电动机的定子 1 可在轴承 2 中转动一定角度，轴承 2 安装在定子支架 3 上，转子（电枢）可在轴承 4 中转动。励磁绕组 5 接在独立的直流电源上，励磁电流的大小可用变阻器调节，6 为磅秤，转矩的大小由磅秤所测得的扭力 F 与秤臂的臂长 l （由铭牌给出）确定。

测量时，磅秤的读数需要加以校正，才能求得轴上的实际转矩大小。校正时将测功机作电动机空载运行，此时测功机定子要偏转一个很小的角度，在磅秤上得到相应的读数 F_0 ，其转矩为 $T_0 = F_0 l$ 。此转矩为测功机的空载转矩，在计算测功

机输入和输出转矩时，要将此转矩

当测功机作电动机运行时，负载的输入转矩（测功机输出转矩）为

$$T_M = FL - T_0 \quad (2-3)$$

式中 T_M ——测功机作电动机运行时的输出转矩， $N \cdot m$ ；

F ——磅秤所指示的扭力， N ；

l ——磅秤的臂长， m 。

当测功机作发电机运行时，原动机输出转矩（测功机输出转矩）为

$$T_G = Fl + T_0$$

式中 T_G ——测功机作发电机运行时的输入转矩， $N \cdot m$ ；

T_0 ——测功机空载转矩， $N \cdot m$ 。

为了减小测功机的误差，测功机转子不安装风扇，采用强迫通风；测功机的轴承及磅秤的滑动支点要始终维持良好润滑；定子要严格保持自由转动，不能因接线等原因增加转动阻力，否则将产生测量误差。

四、校准直流电机法

首先将一台直流他励发电机进行校准,即设法测出直流他励发电机在不同转速值时的 $T=f(I_a)$ 曲线,称为校准曲线,如图 2-5 所示。此曲线由测功机测定,方法是:电机测功机电动机运行,用联轴器直接联接,拖动被试他励直流发电机。在保持直流发电机励磁电流 I_f 不变的情况下,改变负载大小,并调节测功机的电压与励磁电流,保持转速不变,测取发电机电枢电流与轴上输入转矩,作出 $T=f(I_a)$ 曲线。曲线与纵坐标的交点,对应于直流电机相应转速的空载转矩。

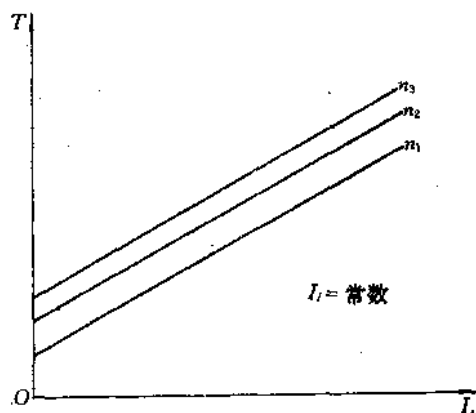


图 2-5 校正过直流电机的校正曲线

将已校正过的直流发电机与被试电机用联轴器直接联接,直流发电机作他励联接并作为被试电动机的负载。保持直流发电机与校正时同样的励磁电流不变,改变其负载大小,记录直流发电机的电枢电流 I_a 与机组的转速 n ,则被试电机的输出转矩可以从校正过的直流发电机校准曲线上查出。

如果没有测功机校准时,也可通过对被校准直流发电机作损耗分析实验。方法是:首先测取直流发电机电枢绕组总电阻,并折合到 75°C 之值,然后将直流发电机作电动机空载运行,保持励磁电流不变,改变电枢电压,测取电枢电流、电压、转速,计算出 $p_0=f(n)$ 曲线。将该被校准直流发电机作为他励直流发电机运行,用联轴器与被试电动机联接,保持发电机励磁电流为校准时之值,改变发电机负载,测量每一点的发电机输出电压、电枢电流及转速,忽略联轴器损耗,则被试电机的输出功率等于校准电流发电机的输入功率,即

$$P = P_2 + p_0 + p_{cu} + p_f \quad (2-5)$$

式中 P ——被试电机的输出功率(或校准直流发电机的输入功率),kW;

P_2 ——校准直流发电机输出功率,kW;

p_0 ——校准直流发电机空载损耗,可从 $p_0=f(I_a)$ 曲线查取,kW;

p_{cu} ——校准直流发电机电枢铜耗, $p_{cu}=I_a^2 R_{75^\circ\text{C}}$,kW;

p_f ——校准直流发电机附加损耗,小电机取额定功率的 1%,大电机取额定功率的 0.5%,kW。

被试电机的输出转矩为

$$T = 9550 \frac{P}{n} \quad (2-6)$$

式中 T ——被试电机输出转矩,N·m;

n ——机组转速,r/min。

五、转矩转速仪

数字式转矩转速仪,是一种高精度直读式电子仪器,它与相位差式转矩传感器配套使用。

1. 相位差式转矩传感器的原理

如图 2-6 所示。由高强度、高弹性材料制成的弹性轴 1 端装有两个齿轮 2,在每个齿轮的

上方各安装一块磁钢 3, 磁钢上各绕有一个信号线圈 4。当轴旋转时, 由于磁钢与齿轮间的气隙大小随着齿、槽位置的变化而发生周期性的变化, 使穿过信号线圈的磁通 Φ 也发生周期性变化。于是在信号线圈中分别感应出电势。弹性轴未受外加转矩时, 这两个电势的电位差为某一固定值, 有外加转矩时, 弹性轴产生一个偏转角 $\Delta\theta$, 在轴的弹性限度内, $\Delta\theta$ 将与转矩 T 成正比, 即 $\Delta\theta = kT$ 。这样就使得两线圈感应电势的相位差也相应变化。转矩仪通过对该相应相位差角的测量, 最后直接用数字显示出转矩值。

2. 转矩转速测量仪的工作原理

如图 2-7 原理框图所示, 相位差式传感器信号线圈的两路电信号分别送入通道 I 和通道 II, 经过放大整形, 使波形成为矩形波后, 同时送入鉴相器, 鉴相器输出的脉冲宽度正比于两路电压信号的相位差。石英晶体振荡器输出 1MHz 脉冲作为时间基准与鉴相输出同时送入“与门 I”, 所以“与门 I”的输出波形是由 1MHz 脉冲所填充的鉴相脉冲组。转矩“控制门 I”输出一个具有给定脉冲宽度 t_1 的正脉冲, t_1 为进行一次转矩测量所需要的时间, “控制门 I”及“与门 I”的输出同时送到“与门 II”, 在测量时间 t_1 内, 鉴相脉冲组通过“与门 II”, 再经过适当分频后, 送到转矩计数器计数并显示。通过改变测量时间 t_1 , 可以使仪器显示的转矩读数与传感器上外加转矩值一致, 测量时间 t_1 , 可以通过系数开关调节。

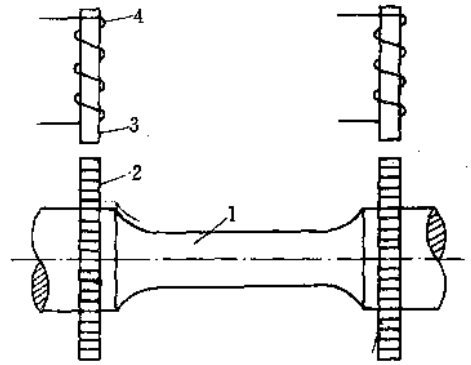
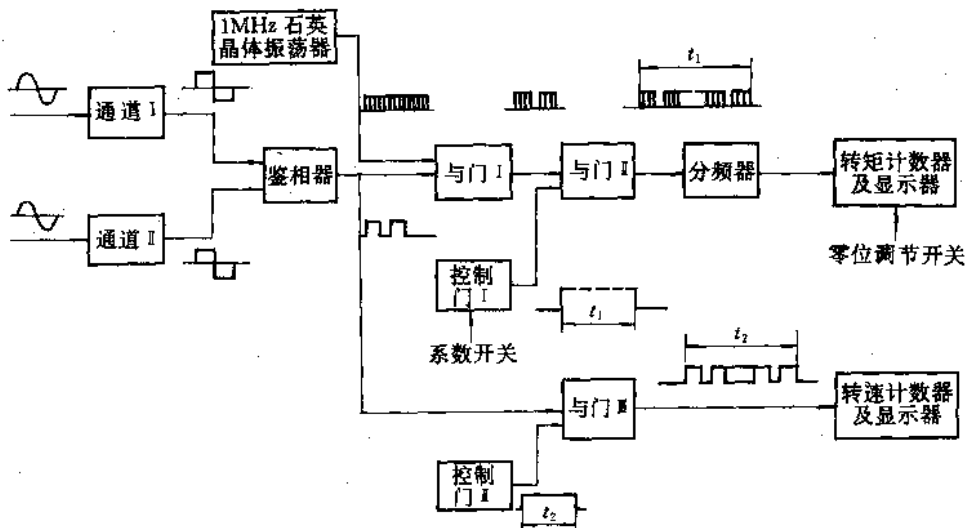


图 2-6 转矩传感器结构示意图

1—弹性扭力轴; 2—齿轮; 3—磁钢; 4—信号线圈



如图 2-7 转矩转速仪的原理方框图

转速测量是将鉴相脉冲（正比于被测转速）及“控制门 II”的时间控制脉冲一起送到“与门 III”，“与门 III”输出的鉴相脉冲由“控制门 II”输出的宽度为 t_2 的正脉冲来控制，“与门 III”输出脉冲直接送到转速计数器中计数显示。 t_2 为进行一次转速测量的时间, 可根据转速范围

选择。

3. 安装使用注意事项

1) 传感器只能将被测转矩转换成相应的电信号,几乎不消耗功率,所以使用时必须与一定的负载(如直流发电机等)相结合,它的联接方法如图 2-8 所示。

2) 安装时必须使被试电机、传感器及负载三者具有较高的同心度,同时三者应安装在同一个稳固的基础上,避免各部件相对振动引起附加转矩。

3) 在可能的条件下,应尽量采用挠性联轴器(如尼龙绳联轴器),使联轴器只传递扭矩而不传递弯矩。

4) 根据被测转矩的大小合理选择传感器,例如所测电动机的额定功率为 P_N ,额定转速为 n_N ,则该电动机的额定转矩为 $T_N = 9550 \frac{P_N}{n_N} (\text{N} \cdot \text{m})$ 其中 P_N 的单位为 Kw , n_N 的单位为 r/min 。若测该电动机最大转矩时,则将该电动机额定转矩乘以过载能力 λ ,一般 $\lambda = 2.5 \sim 2.8$ 。根据以上计算电动机转矩值,并加上适当的安全系数,就可确定所选传感器。

5) 为了确保测量准确度,在测量前应接通电源,使转矩转速测量仪预热 $15 \sim 30 \text{min}$,并进行自校。通过自校确认仪器工作正常后,用两根专用的联接线将传感器的输出信号接至仪器的转矩输入插头,把仪器的系数开关放到传感器铭牌规定的位置,然后进行零位调节。零位调好后即可进行测量,测量时应注意输入信号极性 & 外加转矩的方向。

6) 测量仪器内设置了恒温装置,使用时环境温度可低于 0°C ,但不得高于 40°C 。一般在 $20 \pm 10^\circ\text{C}$ 范围内,不必进行修正。当环境温度超过这个范围或须要得到较严密的结果时,可根据实际环境温度修正。

7) 测量制动转矩及低于 600r/min (或视传感器规格而定)的转矩时,必须起动传感器上的小电动机,小电动机的转向应与被测电机反向旋转,这时即可测量。但此时该仪器所显示的转速值为被测电机转速与仪器上小电动机转速之和。

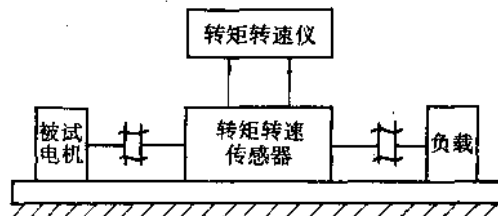


图 2-8 安装示意图

第二节 电机转速及转差率的测量

转速是电机运行中的一个重要物理量。对异步电动机也可用转差率表示。如何准确、方便地测量转速或转差率是非常重要的。下面介绍几种常用的测量设备及测量方法。

一、转速测量

1. 离心式转速表测量

这种转速表是利用离心力原理制成的,其结构原理如图 2-9 所示。转速表转轴的一端装有套筒 5 和橡皮头 6。当测量时,将橡皮头插入电机轴端中心孔内,利用橡皮头和电机轴中心孔的摩擦力,带动离心重锤 1 旋转,离心重锤被接到能沿着转速表转轴滑动的套筒 2 上,再利用齿轮传动机构 3 将套筒 2 的滑动位移转换成刻度盘上指针 4 的偏转,指出转速高低。转速越高,离心力越大,指针偏转角度也越大,所指示转速值也越高。

这种转速表测量范围较大,有 $30 \sim 12000 \text{r/min}$, $45 \sim 18000 \text{r/min}$, $60 \sim 24000 \text{r/min}$ 几种

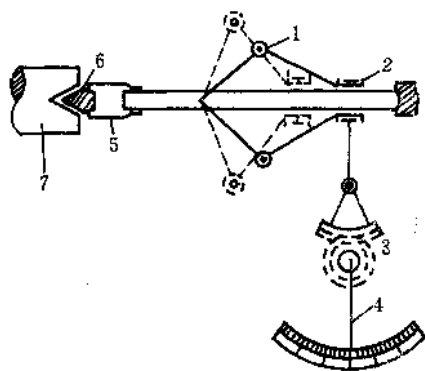


图 2-9 离心式转速表原理示意图

1—离心重锤；2—滑动套筒；3—传动齿轮；4—指针；5—与转轴固定的套筒；6—橡皮头；7—电机转轴

规格。在测量范围内通过减速齿轮分五档量程，可根据所测电机实际转速进行选择，使用转速表时，应注意以下事项：

(1)选择合适的量程，量程的最大读数应稍大于电机的最高转速。量程选得太大，则读数刻度太小，影响读数准确度；量程选得太小，则读数将越出量程，损坏仪表。

(2)改换量程时，必须使转速表和电机转轴脱离，待转速表转轴停转后，才能更换量程。不允许在测量过程中改变量程，以免损坏齿轮。

(3)必须注意轴端中心孔和橡皮头接触部分的

清洁。测量时，表轴及电机轴要保持一条直线，不可上、下、左、右偏斜，以确保测量的准确度。

(4)转速表应间歇使用，以减少齿轮的摩擦及发热。使用转速表时，不可用力过猛和压力过大。

(5)用转速表测转速增加了电机的阻力矩，故该结构转速表对微电机测转速不适用。

2. 测速发电机测转速

测速发电机有直流和交流两种，不论直流和交流其输出电压均与转速成正比。测量时，测速发电机与被测电机用联轴器联接起来，将测速发电机输出电压接入电压表，电压表刻度换算到以转速为单位后，即可直接读取转速。

若想测取起动、运行、制动和停转中转速变化的情况，可将测速发电机的输出电压经附加电阻箱接于振子示波器上，即可摄取过渡过程中的转速变化。

3. 数字式闪光测速仪

数字显示式闪光测速仪是闪光测速技术与数字频率相结合的一种测速仪，其原理框图如图 2-10 所示。图中晶体振荡器产生的标准频率信号，经两级分频器及控制触发器后得到 1s 的测量时间信号，用以控制门电路的开闭。可变频率振荡器的脉冲频率是可调的。它所产生的脉冲信号，一路经过门电路到计数器计数；另一路经 60 分频后，接闪光灯触发电路以触发闪光灯，闪光灯的闪光频率为 f 。测量转速时，将闪光灯照射具有标记的电机转动部分，调节变频振荡器的频率，使闪光灯的频率与被测电机的转速同步，即观察到所做的标记影子不动，读取此时显示器的读数，

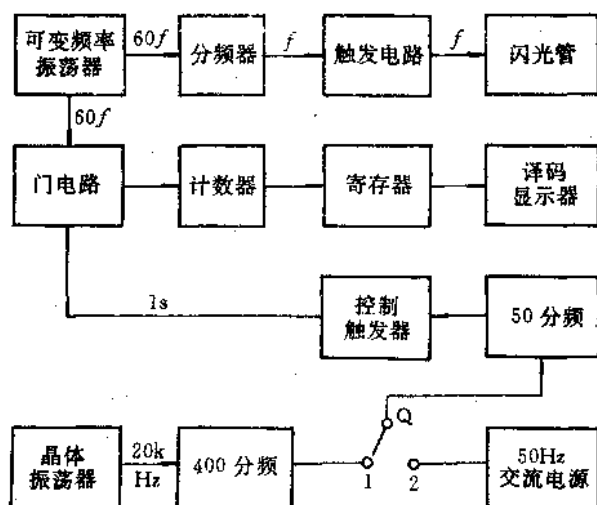


图 2-10 数字式闪光测速仪原理框图

正好为电机每分钟转数。若被试电机转速随电网频率的波动而变化时,可把开关 Q 合到 Z 端,显示器的读数仍为对应于 $f=50\text{Hz}$ 时的转速值。

这种测速仪是无接触测速,对电机的工作状态无影响,使用方便,同时也可以使测量结果不受电网频率波动的影响。

4. 光电式数字测速仪

光电数字测速是通过转速传感器将光信号变为与转速有关的电信号,从而测量电机转速的一种方法。按其工作原理可分为测频法和测周法两种,这两种方法都需要从转速传感器上取得与电机转速有关的信号。

1) 光电转速传感器 光电转速传感器分投射式和反射式两种。

(1) 投射式 投射式传感器原理如图 2-11 所示,在被测电机轴上装一测试盘,盘上开有 Z 个均匀分布的齿槽或小孔,Z 值一般为 60 或 60 的倍数。盘的一边放光敏元件,另一边装光源灯泡,在圆盘随电机旋转过程中,当光束通过槽和孔时,投射到光敏元件(如光敏二极管)上产生电信号;当光束被齿遮断时,光敏元件无电信号输出,因此传感器输出电信号的频率正比于转速之值。

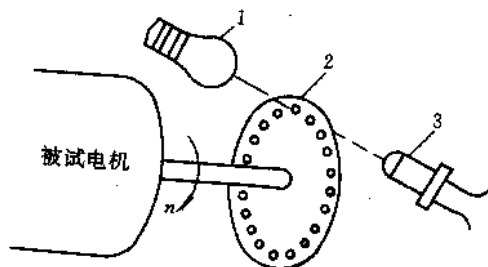


图 2-11 投射式光电传感器原理示意图

1—光源;2—测量盘;3—光敏二极管

(2) 反射式 反射式传感器原理如图 2-12 所示。电光源发出的光线通过透镜 1 成为平行

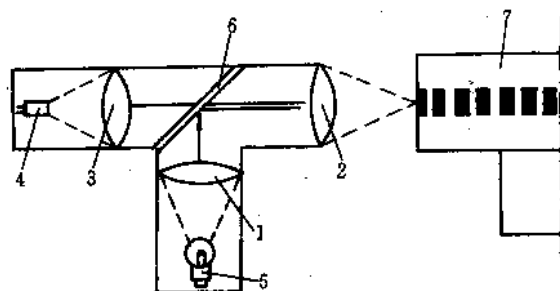


图 2-12 反射式光电传感器原理示意图

1、2、3—透镜;4—光敏二极管;5—光源;6—半透明膜;7—联轴器

光线,经半透明膜 6,其反射的部分穿过透镜 2,聚焦在测量轴的标记上(如联轴器的黑白块上)。当光束射到白块上时产生反射光,此反射光再经透镜 2 形成平行光线,其穿过半透明膜的光线,经透镜 3 聚焦在光敏二极管上产生脉冲信号,因此光敏二极管上的脉冲频率正比于转速 n 。该传感器分辨率高,惯性小,为非接触式测量,应用较为广泛。

2) 测频法测速 测频法工作原理框图如图 2-13 所示。由转速传感器输出的脉冲信号,经放大、整形后变为具有一定幅值的方波输出信号,其频率与转速成正比。将此信号经过门电路,再输入计数器进行脉冲计数,最后用数字显示转速。

为了能选择一个标准的时间来控制门电路定时开闭,由石英晶体振荡器产生标准时间信号,经时基分频器分频后,分得 0.1s 、 1s …… 60s 等标准时间信号,送到门电路,经一定的编码逻辑得到相应的控制指令,以控制门电路的定时开闭。当门电路打开时,计数器对来自转速传感器的脉冲信号进行计数;当门电路关闭时,计数停止。计数结果由数码管直接显示,其所显示的数值 N 与被测电机的转速有如下关系: