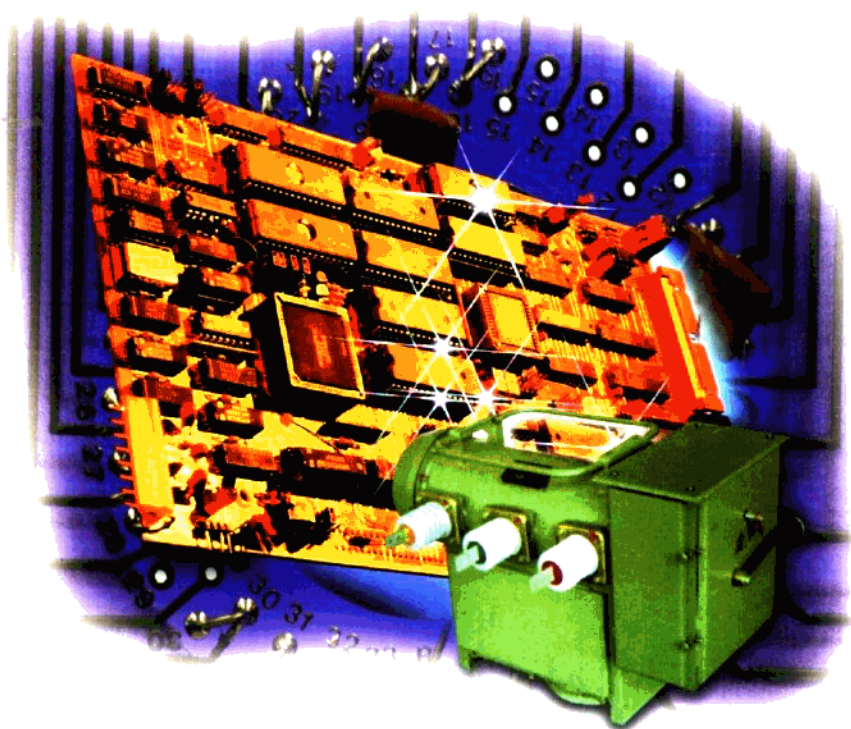


中等专业学校教材

电机与电气控制实验及课程设计

程 周 主编

DIANJI YU DIANJI KONGZHI SHIYAN JI KECHENG SHEJI



 中国轻工业出版社

中国轻工业出版社
机电技术应用专业系列教材

数控加工技术	20.00 元
电机与电气控制	32.00 元
电机与电气控制实验及课程设计	24.00 元
机械制造基础	40.00 元
机电控制系统	即将出版
单片机原理及应用	即将出版
设备故障诊断与维修 (上)	即将出版
设备故障诊断与维修 (下)	即将出版

ISBN 7-5019-2767-7



9 787501 927678 >

ISBN 7 - 5019 - 2767 - 7/TP • 064

定价: 24.00元

前 言

为了配合机电技术应用专业教材改革和专业建设的需要,由国家轻工局机电技术应用教学指导委员会和全国轻工中专机电技术应用学会组织编写该专业系列教材,本书为该系列教材之一。该教材充分考虑到机电技术应用专业及相关专业对电机实验、电气控制实验以及电气控制课程设计内容的要求,力求突出针对性、实用性和先进性。在叙述方法上由简到繁,深入浅出,主次分明,详略得当,并尽可能体现系列教材的特色。

本书介绍了电机实验、电气控制实验以及电气控制课程设计三部分既有联系,又相对独立的内容。全书共分三篇,包括:电机实验的基本知识、常用电工仪器与测量、电机和变压器的铭牌数据与型号、电机实验装置与现场布置、电机实验、电气控制实验的基本知识、电气控制实验的一般规程、电气控制实验的安全规则、常用电气控制元器件的识别与简单测试、接触器的识别与简单测试、时间继电器的识别与简单测试、按钮与行程开关的识别与简单测试、断路器的识别与简单测试、电气控制实验的现场布置、电气控制实验、综合实验、电气控制设计的基本知识、常用电气控制线路设计的一般方法、电气控制课程设计举例、课程设计选题。为了便于学生课程设计的需要,解决电机保护问题,特增设了三相异步电动机的保护内容。书中重点分析这些内容的实验、设计的技术与应用问题,注重对分析问题和解决问题的能力的培养,强调基本原理的分析,使读者能通过阅读掌握基本方法,学会基本技能。

本书适用于工科中专机电技术应用专业、工业企业电气化专业、电子技术与应用专业、电器与仪表类专业及相关专业使用。对于高职和中职同类专业也适用。

安徽省轻工业学校程周任本书主编,并编写第三篇的第一、三、四章和第三篇第二章的一、三节;安徽省轻工业学校孙忠献编写第一篇的第一、二、三、四章和第二篇的第一、二章及附录;天津市第一轻工业学校袁春杰编写第一篇第五章的实验一至实验五和第三篇第二章的第二节;北京第一轻工业学校范晶彦编写第一篇第五章的实验六至实验十;广州第二轻工业学校李乃夫编写第二篇的第三章。全书由程周统稿。

本书由武汉水运工业学校张友汉主审,参加审稿会的还有天津市第一轻工业学校陆亚民、钱逸秋,安徽省轻工业学校李治国、杨林国,安徽纺织工业学校张栩、王道泉及广州第二轻工业学校周伟贤等。审稿会议给予本教材充分的肯定,同时提出了许多建设性的意见。广州第二轻工业学校、芜湖机械工业学校、常州轻工业学校、上海轻工业学校、天津第一轻工业学校、合肥电力学校、广州纺校、广州建材学校等单位对本书的编写给予大力支持,热情提供资料和信息,在此一并表示衷心感谢。

真挚地欢迎广大教师和读者对本教材提出宝贵意见。

编 者

1999. 10.

目 录

第一篇 电机实验

第一章 电机实验的基本知识	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 电机实验的一般规程	(1)
第三节 电机实验的安全规则	(3)
第四节 电机实验报告	(3)
第二章 常用电工仪器与测量	(6)
第一节 绝缘电阻的测量	(8)
第二节 绕组冷态直流电阻的测量	(10)
第三节 温度的测量	(10)
第四节 转速的测量	(11)
第五节 转差率的测量	(14)
第六节 转矩的测量	(15)
第七节 功率的测量	(18)
第三章 电机和变压器的铭牌数据与型号	(23)
第一节 直流电机的铭牌数据与型号	(23)
第二节 交流电机的铭牌数据与型号	(24)
第三节 变压器的铭牌数据	(26)
第四章 电机实验装置与现场布置	(27)
第一节 实验用变压器与电机的选择	(27)
第二节 电机实验的现场布置	(28)
第五章 电机实验	(31)
实验一 直流电动机绝缘电阻与直流电阻的测定	(31)
实验二 直流电动机的空转实验	(37)
实验三 他励直流发电机	(38)
实验四 并励直流电动机	(41)
实验五 串励直流电动机	(45)
实验六 单相变压器空载和短路实验	(48)
实验七 三相变压器连接组实验	(53)
实验八 三相异步电动机空载和短路实验	(55)
实验九 三相异步电动机负载实验	(59)
实验十 单相电容运转异步电动机	(61)

第二篇 电气控制实验

第一章 电气控制实验的基本知识	(65)
第一节 概述	(65)
第二节 电气控制实验的一般规程	(66)
第三节 电气控制实验的安全规则	(67)
第四节 电气控制实验报告	(67)
第二章 常用电控元件识别与简单测试及实验现场布置	(68)
第一节 接触器的识别与简单测试	(68)
第二节 时间继电器的识别与简单测试	(69)
第三节 按钮和行程开关的识别与简单测试	(71)
第四节 断路器的识别与简单测试	(73)
第五节 电气控制实验的现场布置	(74)
第三章 电气控制实验	(78)
实验一 常用低压电器拆装实验	(78)
实验二 继电器实验	(81)
实验三 三相异步电动机点动与长动控制	(84)
实验四 三相异步电动机正、反转控制	(87)
实验五 三相异步电动机降压起动控制	(89)
实验六 三相异步电动机制动控制	(91)
实验七 工作台自动往返循环控制	(93)
实验八 多速电动机调速控制	(95)
实验九 绕线式异步电动机起动与调速控制	(97)
实验十 综合实验	(99)

第三篇 电气控制课程设计

第一章 电气控制设计的基本知识	(102)
第一节 概述	(102)
第二节 常用电气控制线路设计的一般方法	(104)
第二章 电气控制课程设计举例	(112)
第一节 课程设计举例(一)	(112)
第二节 课程设计举例(二)	(122)
第三节 电气原理图的施工	(131)
第三章 课程设计选题	(133)
第一节 概述	(133)
第二节 简单题	(134)
第三节 基本题	(139)
第四节 提高题	(155)

第四章 三相异步电动机的保护	(164)
第一节 概述.....	(164)
第二节 三相交流异步电动机断相保护.....	(164)
第三节 三相异步电动机综合保护.....	(169)
参考书目	(173)
附录 部分电机和变压器技术数据	(174)
附录 1 部分 Z_2 系列直流电机技术数据	(174)
附录 2 部分 Z_3 系列并励直流电机技术数据	(175)
附录 3 部分 Z_4 系列直流电机技术数据	(176)
附录 4 部分 JO ₂ 系列笼型三相异步电动机额定值	(177)
附录 5 部分 Y 系列三相交流异步电动机额定值.....	(178)
附录 6 部分永磁式同步电动机技术数据	(178)
附录 7 部分反应式同步电动机技术数据	(179)
附录 8 TZ 系列内转子式磁滞同步电动机技术数据	(179)
附录 9 TDGC、TSGC 系列调压器规格.....	(179)

第一篇 电机实验

第一章 电机实验的基本知识

本章主要介绍电机实验的基本要求,电机实验的一般操作规程及安全规则,实验报告的编写等基本知识。

第一节 概 述

电机是电类相关专业的一门重要的专业基础课程。一方面它是很多后继专业课程的基础,深入了解和掌握电机的基本知识与原理将直接为后继相关课程的学习与理解创造有利的条件;另一方面,电机课程又具有很强的实践性和实用性。该课程所涉及的交流电机、直流电机、变压器、控制电机都在不同程度及领域内有着广泛的应用,所以对电机知识的理解、掌握,有很重要的实际意义。作为教学过程的一个重要环节,电机实验将电机理论与实践相结合,是电机的理论知识付诸应用的重要手段。其目的主要在于:

(1)通过在实验中获得感性知识,验证电机的基本知识与原理,加深对这些基本理论的理解,初步了解所学知识的应用。

(2)培养基本的实践操作能力。通过电机实验,学会对常用电工仪表、仪器、设备的选择、调整与使用。掌握基本的实验方法、线路与步骤,形成规范的操作习惯。

(3)培养分析问题,解决问题的能力。通过对实验中获得的结果进行分析综合,得出正确的结论,将理论与实践相结合,以便更好地掌握该门课程的知识。

(4)培养严谨细致、踏实认真的工作作风,端正而实事求是的科学态度。

第二节 电机实验的一般规程

为了达到预期的实验目的,取得合理的实验结果,须做到实验前认真准备,实验中按规定的实验步骤正确地操作,细心观察实验现象及记录现场数据,实验后认真完成实验报告。

一、实验前的准备

进行实验前就要清楚该实验要做什么、怎么做,因此必须先认真阅读实验指导书,并重点复习有关的教材内容,了解实验目的、实验的主要项目、方法与步骤,按照实验要求准备相应的原始数据记录表格,并对实验过程中应注意的事项及可能出现的现象有一定的思想准备。

细致认真的准备往往是实验是否能按时、按质、按量顺利完成的重要前提。

二、实验过程

1. 合理分组

电机实验往往内容步骤较多,需要实验小组成员之间紧密协作,仅靠个别人很难完成。实验前可根据实际情况与条件合理地分组。一般每组 2~3 人较适宜,由一个人负责具体的组织分工与协调。

2. 认真听取实验介绍

实验前,实验员或指导教师一般会对实验的具体情况、要求及注意事项作简单介绍,诸如设备的性能、特点、仪器仪表的使用方法等。这种介绍针对性较强,需要每个人认真仔细听讲。如果有不了解之处应及时提出,减少实验中的盲目性。

3. 实验前须做的工作

(1)按实验仪器设备清单清点仪器设备,包括型号、规格、数量。检查仪表是否有明显损坏现象,是否需调零。

(2)实验前的记录。包括设备的型号、铭牌数据、仪器仪表的基本规格(如量程、刻度、精度等级),有时还需记录环境温度。

(3)实验现场布置。包括仪器仪表的位置、放置,初步确定接线方案。对暂不使用的仪器设备及其他物品应放在不影响后续操作的地方。

(4)明确实验过程中的分工与组织。诸如接线、检查、测量、调节与记录等事项的分工与协调。

4. 接线

按实验线路要求连接仪器仪表及设备,要求布局合理,主次分明,力求简洁,便于复查。接线的一般原则是“先串后并,先主后辅”,即先接串联电路,再接该电路上的一些并联支路;先接主电路,再接主电路以外的其他测量或调整电路。接线时电源开关须处在断开状态。接线顺序通常由电源开关开始,如果是三相电路则三根线一齐往下接,直至完成。对单相电路或直流电路则从某一极出发经过线路上的各个元件接点返回另一极。接线中要注意导线的长度和线径是否合适,接线是否可靠,尽量减少线路交织或导线拉得过紧。通常主电路因为电流较大宜用粗线。通电前须对线路进行复查,并经实验员或指导教师认可。

5. 通电起动设备,观察现场

通电同时注意观察是否有异常现象,如熔断器熔断,仪器仪表是否满偏或量程过大,指针是否反偏,设备是否有异常声音及气味等。如有异常,应立即切断电源,及时报告,记录异常现象并查清原因。

故障检查与处理的一般过程是,先根据故障现象大致确定其性质与原因,然后借助直观判断或仪表确定故障点,采取具体的处理措施。例如:通电后熔断器立即熔断,则一般表示电路有短路或严重过载现象,则应重点检查线路及元件是否有短接,熔断器规格是否合适,电机有无堵转等现象。如无异常现象,可开始正式进行实验。

6. 按步骤进行实验调节,数据测量与记录

在这一过程中,要求实验小组各成员之间合理分工,紧密协作。在调节过程中及时准确地测量与记录相关数据。设备的调节要按规定的方向进行,数据读取要按实验要求的时刻进行,并注意观察调节过程中有无异常现象。结果记录于原始数据表格中,并检查是否有遗漏。

7. 结束现场实验

实验结束后应先将原始数据交实验员或指导教师确认,经认可后方可拆线、整理。拆线前须先切断电源,设备、仪器如数整理复原(例如旋钮位置置零位或要求的位置),签字交接后方可离开。

第三节 电机实验的安全规则

成功的实验既要求通过实验达到预期的目的,同时又要求实验过程是安全的。对安全的要求既包括实验者自身的安全,又包括实验设备的安全。为此须严格遵守有关的安全操作规程。电机实验的一般安全操作规程如下:

(1)明确电源所处的通电与断电状态,对交流电源必须清楚其火线及零线位置。直流电源必须分清其正、负极,严禁错接、反接。

(2)禁止非必须的带电操作,接线和拆线必须在电源断电的情况下进行。实验者身体不得直接接触带电线路,尤其在实验过程中(如调节,测量时)更需注意人体的无意识触电。

(3)对所用的仪器仪表须明确其规格和使用方法,严禁盲目接线与盲目使用。实验中应避免电机的起动电流对仪表的冲击,避免大电感元件断电时的自感高压,电流互感器不得副方开路防止产生高压,自耦调压器不得原副方倒置。

(4)实验线路接好后须经复查,取得实验员或指导教师认可方可通电,线路改接和改进也应如此。

(5)通电或断电时,操作电源开关或控制开关应迅速果断,以免产生持续的电弧造成触点或触刀烧蚀,影响使用寿命。通电后实验人员不得擅自离开现场。实验中须注意衣物、发辫、手脚、导线及其他异物不得触及电机的旋转部分,严禁以手脚促使电机旋转或停转。

(6)实验中若发生事故或严重异常现象,应首先切断电源,保护现场,不要慌乱,立即报告实验员或指导教师,事故未处理好以前不得继续进行实验。

(7)实验者不得对总电源开关或配电屏进行操作,未经允许不得进入电源室。

第四节 电机实验报告

实验报告是电机实验的重要部分,它是对整个实验过程进行的全面分析与总结。每次实验报告都应在原始数据和现象的基础上作出。对实验报告的基本要求是:形式与内容相对应,表格规则,曲线光滑,分析深入合理,充分尊重原始数据与现象,按时独立完成。

一、实验报告的主要内容

一份完整的实验报告一般应包括下列内容：

- (1)实验目的。
- (2)实验原理方法简要说明。
- (3)实验项目与实验线路。
- (4)仪器设备(包括仪器设备的型号、规格或铭牌数据、数量、使用方法)。
- (5)实验步骤与原始数据。
- (6)结果分析与结论。
- (7)问题讨论(回答实验指导书中或实验指导人员提出的问题,实验注意事项,写出实验的收获)。

二、实验报告的格式

实验报告一般格式如下：

电机实验报告

实验名称					
姓 名		班 级		分组号	
同组者			指导教师		
实验日期			环境温度		

1. 实验目的
2. 实验设备与仪表
3. 实验原理
4. 实验内容与步骤
5. 注意事项
6. 实验结果分析与问题讨论

三、原始数据处理

读取及记录原始数据时,应根据表头指针在标尺两个最小刻度线之间的位置作出估读(数字式仪表可直接读取数据),所读取数据的最后一位为欠准确的估计数字。在编写实验报告的过程中必须充分尊重原始数据的客观性、真实性,可根据情况对其进行取舍,但不得改动原始数据,不得借用其他实验组的原始数据。编写实验报告时原始数据应重新抄录于规范的数据表格中,并将经实验指导者认可的原始数据附在实验报告后。对原始数据的处理应根据数据运算表达式及有效数字的基本运算规则进行。

1. 四舍五入 数据处理的结果一般应只含有一位欠准确的估计数字,去掉第二位欠准确数字时可采取四舍五入法。

2. 有效位数 多个有效数字运算时,其结果的有效数字位数一般取与参与运算的各个数据中最少有效数字位数相同。

3. 曲线描绘 描绘曲线时应注意以下事项:

(1)应采用规定的坐标纸作图(一般多采用标准坐标纸)。

(2)根据实验数据或计算结果选择图幅大小,一般在选取适当比例后,图幅大小应能反映数据的末位数字为宜。

(3)坐标轴所对应的被测量名称,单位,坐标比例值,特性曲线名称应标注清楚。

(4)在坐标系上标出相关点的位置时,一般以“*”、“·”或“△”标注。

(5)标注坐标点后大致已经能够看出曲线形状,对标定的坐标点进行筛选,剔除有明显误差或不合理的个别点,用曲线板画出通过剩余绝大多数点平均位置的光滑曲线。一般要求实际坐标点应能大致平均分布于该光滑曲线的两侧。

四、结果分析与结论

对结果的分析是十分重要的,其内容主要包括以下几个方面:

(1)对实验原始数据分析、计算,得出合理的结论。

(2)分析误差及产生误差的原因。

(3)若实验中出现异常现象,应对其产生原因进行分析,并找出解决办法。

根据上述情况,在独立分析的基础上作出结论。包括:结论是什么,通过实验是否达到了预期目的。此外,在实验报告中还应写出实验注意事项、仪器设备的使用要点、使用收获,并回答相关的问题。

第二章 常用电工仪器与测量

在电机实验中对有关测量的基本知识和对常用电工仪器仪表基本情况的了解是必需的,它将直接影响原始数据的真实性、可靠性,因而也与实验能否达到预期目的有很大关系。本章主要介绍常用电工仪表及电机实验中常见的被测量的测量。

电工仪表通常用于测量电量和磁量。使用电工仪表进行测量时,受各种仪器本身及人为、环境等因素的影响,总会存在一定程度的误差。误差主要有以下几种:

(1)基本误差 在仪表的正常使用条件下,由于原理、结构、制造或其他工艺因素所导致的误差。

(2)附加误差 由于实际使用环境与规定的仪器仪表正常工作条件之间的差异所导致的误差。如:环境温度、湿度变化,电源电压的波动,外界磁场的干扰都可能产生附加误差。

(3)人为误差 由于人为因素如读数方式的差异所导致的误差,这种误差具有较强的随机及人为特征。

在实际测量中,应尽可能使仪器仪表工作于其规定的条件下,尽量避免或减少引起附加误差及人为误差因素的出现。

对误差的描述一般有以下两种方式:

(1)绝对误差 表示测量值与对应被测量的真实值之间的差值,以 Δ 表示。

$$\Delta = A_x - A_0$$

式中 A_x ——测量值

A_0 ——被测量的真实值

由于被测量的真实值一般难以获得,而且使用绝对误差也不足以全面反映测量结果的准确性。例如,假设使用某仪表测量 20V 的电压,测量结果为 21V,而使用另一仪表测量 100V 电压测量结果为 101V,两次测量结果的绝对误差相等(都为 +1V),但是两次测量结果的准确性有较大差异。

(2)相对误差 用绝对误差占真实值或测量值的百分比来表示,分别称为实际相对误差和示值相对误差。

$$\gamma_0 = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \quad \text{或} \quad \gamma_x = \frac{\Delta}{A_x} \times 100\%$$

式中 γ_0 ——实际相对误差

γ_x ——示值相对误差

同理,使用同一仪表测量时,若被测值不同,即使绝对误差相等,其上述相对误差也不相同。所以又有了引用相对误差的概念,即绝对误差占仪表量程的百分比:

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{|A_{m1} - A_{m2}|} \times 100\%$$

式中 γ_m —— 引用相对误差；
 A_{m1} —— 仪表量程的上限值
 A_{m2} —— 仪表量程的下限值

对仪表本身而言，其准确性通常由准确度等级来反映。准确度等级的含义可理解为使用该仪表测量时最大引用相对误差不超过 $\pm S\%$ （ S 为仪表准确度等级）。我国电工仪表共分7个准确度等级，即：0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5和5.0级，其基本误差分别不超过 $\pm 0.1\% \sim \pm 5.0\%$ 。其中0.1级、0.2级仪表一般作为标准表，用以对其他较低准确度仪表进行检定或校正。0.5级、1.0级和1.5级表常用于实验测量，5.0级则常用于工程测量。减少实际测量结果的相对误差不仅要考虑仪表的准确度等级，还要选择适当的量程，二者都对测量结果有影响。测量时要根据被测量的大致数值选择适当的量程，一般表头指针位置处在量程的 $1/2 \sim 2/3$ 以上比较合适。

对常用电工仪表的了解还应包括仪表种类、标志含义、使用条件等方面。从测量机构工作原理分类，电工仪表主要有：磁电系仪表（以通电导体在永久磁铁磁场中产生电磁力来驱动）；电磁系仪表（以铁磁物质在磁场中被磁化后产生电磁吸力或斥力为原理制成）；电动系仪表（根据通电线圈之间产生的电动力驱动）；整流系仪表（带有整流器的磁电系测量机构）。以工作原理为依据来选择仪表时，对直流量的测量宜使用有极性的磁电式仪表，对正弦交流电的测量选用电磁系、电动系或整流系仪表。

常用电工仪表的主要符号见表1-2-1所示。

表 1-2-1 常用电工仪表的主要符号

分 类	符 号	含 义	分 类	符 号	含 义
作 用 原 理		磁电系仪表(C)	工 作 位 置		标尺应处在垂直位置
		电磁系仪表(T)			标尺应处在水平位置
		电动系仪表(D)			标尺与水平面有夹角
		整流系仪表(L)	仪 表 品 种		电流表
电 流		直流			电压表
		单相交流			功率表
		对称三相交流			功率因数表
		交流、直流两用			频率计
准 确 度		1.0级			磁通计

续表

分 类	符 号	含 义	分 类	符 号	含 义
使用条件		A 组	端 钮		正、负端
防御能力		Ⅱ级抗外界磁场(电场)			公共端
绝 缘 强 度		绝缘试验电压为 500V			交流端
		不进行绝缘强度试验			接地端
		绝缘试验电压为 2kV			调零端
		绝缘电阻不符合标准规定,危险			屏蔽端

选择仪表还应考虑外界磁场或电场对仪表的影响,常用电工仪表抗外界磁场(电场)的等级有 I、Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ 四级,对应受外界磁场或电场影响时容许的读数改变分别不超过 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1.0\%$ 、 $\pm 2.5\%$ 、 $\pm 5.0\%$ 。一般选择实验用表的相应等级不应低于 Ⅱ 级,否则难以保证测量的准确性。

第一节 绝缘电阻的测量

对电机或变压器绕组与绕组之间、绕组对外壳或铁心的绝缘电阻的测量能反映设备绝缘是否可靠,对设备本身及操作者的安全有重要意义。

一、绕组绝缘电阻的规定

国家标准规定,正常工作温度时,绕组绝缘电阻不应低于下式所确定的数值:

$$R_x \geq \frac{U_N}{1000 + 0.01P_N}$$

式中 R_x ——绕组绝缘电阻(MΩ)

U_N ——电机绕组的额定电压(V)

P_N ——电机的额定功率(kW)。

实测时允许电机或变压器在正常工作温度上下 10℃ 的范围内进行,但绕组在测试时不得带电测量。如果各绕组之间相互不连接时,应分别测量各绕组对外壳的绝缘电阻及各绕组之间的绝缘电阻;若各绕组在设备内部已经连接,则只测量绕组对外壳的绝缘电阻。

冷态绝缘电阻一般随温度变化而呈指数规律变化,相应最低合格阻值可根据标准规定热态绝缘电阻最低值及环境温度来估算。例如:Y 系列 380V, B 级绝缘的小型电动机,其冷态绝缘电阻合格值大致可按下述关系式估算:

$$R_{t_0} = 0.38 \times 2^{\frac{75-t_0}{10}} \text{ (M}\Omega\text{)}$$

式中 t_0 ——电机所处的环境温度(℃)

取 B 级绝缘基准温度为 75℃, 计算结果见表 1-2-2 所示。

表 1-2-2 冷态绝缘电阻合格值

环境温度/℃	0	5	10	15	20	25	30	35	40
冷态绝缘电阻合格值/MΩ	69	49	35	25	18	13	9	6	5

二、兆欧表的使用

兆欧表主要由一台小容量、高输出电压的手摇直流发电机和一只磁电系比率表及测量线路组成, 因此又常被称为摇表。兆欧表外形见图 1-2-1 所示。

使用兆欧表应注意以下几个方面:

(1) 测量前, 需使被测设备与电源脱离, 禁止在设备带电状态下测量。

(2) 兆欧表水平放置。“线(L)”与“保护环”或“屏蔽(G)”端子开路时, 表针应在“∞”刻度处。然后将“线(L)”与“地(E)”端子短接, 按规定的方向缓慢摇动手柄, 观察指针是否指向“0”刻度处。若不能, 则兆欧表有故障, 不能用于测量。

(3) 测量前要将被测端短路放电, 以防止测试前设备电容贮能在测量时放电, 对操作者或兆欧表造成损害。

(4) 测量时一般只使用兆欧表的“线(L)”和“地(E)”两个接线端接被测对象, 测量线路见图 1-2-2 所示。但在测量特高电阻或被测物表面有较严重漏电时, 需使用“保护环”或“屏蔽(G)”端子, 以消除因漏电而引起的误差。测量线路见图 1-2-3 所示。

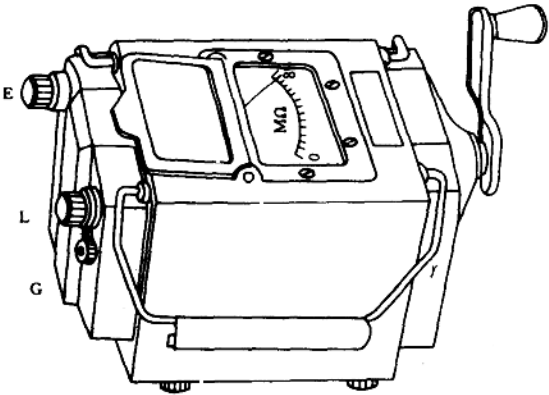


图 1-2-1 兆欧表外形

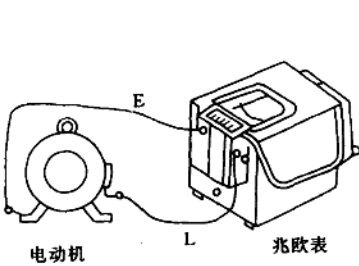


图 1-2-2 兆欧表一般接线

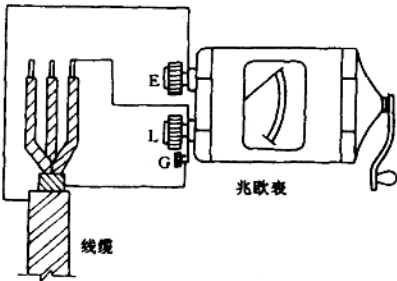


图 1-2-3 需屏蔽测试时兆欧表接线

(5) 连接兆欧表与被测对象宜使用单股导线。

(6) 手柄的摇动速度尽量保持 120r/min, 指针稳定 1min 后进行读数。

(7)测试完毕,先降低手柄摇动速度并将“线(L)”端子与被测对象断开,然后停止摇动手柄,以防止设备电容对兆欧表放电造成损害。

第二节 绕组冷态直流电阻的测量

在电机运行过程中,绕组电阻随绕组温度变化而变化,其电阻值的大小直接关系到电机的损耗、效率和温升。因此,在对这些方面进行分析时需测定绕组的冷态直流电阻值。做法是先将冷态下绕组的直流电阻测出,然后根据它与温度变化的关系换算成实际工作温度下的电阻值。换算关系为:

$$r_{t_w} = \frac{K+t_w}{K+t_0} r_{t_0}$$

式中 t_w —— 基准工作温度(°C),E、B级绝缘时取为 75°C,F、H级绝缘时取为 115°C

t_0 —— 绕组实际冷态温度(°C)

r_{t_0} —— 绕组实际冷态电阻(Ω)

K —— 绕组温度电阻换算常数,铜绕组取 $K=235$,铝绕组取 $K=228$

测量绕组冷态直流电阻一般有两种方法,即伏安法和电桥法。

第三节 温度的测量

电机运行时的温度高低直接影响到电机的寿命及安全。在电机实验中,一般采取电阻法和温度计法来测量温度及温升。

一、电阻法测量温度

1. 电阻法测温原理

通过测量电机在冷态及运行时的绕组直流电阻,根据绕组电阻与温度的变化关系来计算绕组的实际温度。其计算公式为:

$$t = \frac{r_t - r_{t_0}}{r_{t_0}} (K + t_0) + t_0$$

式中 t_0 —— 绕组冷态温度(°C)

r_t —— 绕组热态电阻(Ω)

r_{t_0} —— 绕组冷态电阻(Ω)

K —— 换算常数,铜绕组 $K=235$,铝绕组 $K=228$

2. 测量方法

在使用电阻法测温时,对电机应尽量采用相应的带电测温装置,该装置内部的双臂电桥可用于测量通电状态下绕组电阻值。若不具备使用带电测温装置的条件,则可使用断电法,但这种方法操作起来较麻烦,而且因为绕组断电后由于其温度的下降,电阻值也会下降,所以需要通过冷却曲线校正得到断电时(热态)电阻值。具体方法如下:

(1)估计绕组热态大致温度及电阻值,电机断电前准备好测量电桥及计时装置,断电

后开始计时并立即接入电桥,迅速调整电桥至平衡,读取绕组电阻测量值。

(2)按一定的时间间隔(初始时时间间隔不能太长)分别测出相应的绕组电阻值,并记录此时距断电时刻的时间,绘出绕组电阻与冷却时间之间的关系曲线,即冷却曲线。冷却曲线见图 1-2-4 所示。

(3)由于绕组温度下降过程与时间之间的关系大致按指数规律变化,该规律也同时影响到电阻值的下降过程,所以在绘制冷却曲线时,建议采用半对数坐标纸(一轴对数分度,另一轴线性分度),曲线可在一定程度上被坐标压缩而具有较好的线性,便于较准确地延长、校正。若使用普通坐标纸则延长时需根据曲线的变化趋势进行,此时误差相对较大。

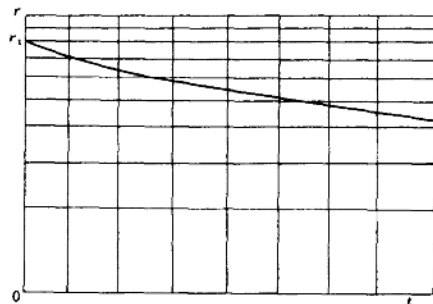


图 1-2-4 冷却曲线

(4)绘制冷却曲线时,电阻值使用对数坐标轴,时间则标于线性坐标轴。将曲线按冷却规律反向延长至断电时刻,可得到断电时的绕组热态电阻值。

二、温度计法

该方法较简单,但测量结果有一定误差。

1. 测量方法

将温度计(膨胀式酒精温度计,半导体点温计或其他配用热电偶、热电阻的温度计)适当紧贴于电机被测部位表面,读取温度值。常用于对电机各部位(尤其是电阻法不能测量的部位)进行测量。

2. 注意事项

(1)不能使用水银温度计,以防止电机的交变磁场穿过水银体产生涡流作用,影响测量结果。

(2)尽可能使热量较好地 from 被测点传导至温度计的感温端。为避免被测点周围冷却介质影响测量结果,一般要将感温端用绝热材料覆盖。

(3)使用半导体点温计测温时需选择合适的测量方案,注意量程选择、点温计的调零与校正以及测量时与带电体的安全距离、点温计感温端的保护。

第四节 转速的测量

电机的转速是电机运行过程的一个重要参数。测量转速一般可使用转速表、测速仪及测速发电机。除此外还可以使用闪光法或其他特定的可用于测量转速的传感器(如光电元件,霍尔元件等)构成测速装置测量转速。