



高职高专国家级骨干院校
重点建设专业核心课程“十二五”规划教材

电机与拖动基础实训

DIANJI YU TUODONG JICHU SHIXUN

主编◎代红菊



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

高职高专国家级骨干院校
重点建设专业核心课程“十二五”规划教材

电机与拖动基础实训

主 编 代红菊

合肥工业大学出版社

内 容 提 要

本书是与《电机与拖动基础》一书配套使用的实训教材。本书以项目为导向,分“应知”、“应会”两部分:应知部分主要是帮助学生巩固在电机与拖动课程中所学的基础理论知识;应会部分则详细地介绍了电机拖动中的重要实验和实训内容。为了更好地与电器控制知识衔接以及满足学生将来走上实际工作岗位的需要,本书在后面还附加了电器控制的多种实验。

本书可供高职高专院校电气类专业及以电为主的机电一体化专业学生使用,还可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机与拖动基础实训/代红菊主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2012.9

ISBN 978-7-5650-0779-8

I. ①电… II. ①代… III. ①电机②电力传动 IV. ①TM3②TM921

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 146576 号

电机与拖动基础实训

代红菊 主编

责任编辑 汤礼广 王路生

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 总编室:0551—2903038
发行部:0551—2903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail hfutpress@163.com

版 次 2012 年 9 月第 1 版
印 次 2012 年 9 月第 1 次印刷
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张 7
字 数 139 千字
印 刷 合肥星光印务有限责任公司
发 行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0779-8

定价:16.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

前 言

实验通常是指对每一个项目的原理和性能的验证、分析和研究，而实训则通常是指对整体工程（装置或系统）的调试、性能测定、验收、维护和故障排除等具有工程含义的活动。

实验与实训的目的，不单纯是为了验证与巩固书本上的理论知识，更重要的是培养学生的科学观念与科学态度、规范的操作习惯以及自学能力、分析能力、创新能力和运用理论知识解决实际问题的工程实践能力等。因此，实验和实训对学生成才都是一个十分重要的教学环节，教师和学生都必须充分重视并保证高质量地完成实验和实训任务。

为力求学以致用，实验项目的安排必须精选，以确保工作中常遇的内容出现，并使学生受到规范和系统的培养与训练。而不是从验证书本理论出发，书本上有什么知识，就安排什么项目。这样就会导致实验项目繁多，轻重不分，影响学生能力的培养。

基于以上认识，本书在实验内容安排上突出重点：对直流电机，突出他励直流电动机特性的研究；对交流电机，突出三相笼式异步电动机特性的研究与控制。为了使其更好地与电器控制知识衔接起来，后面还附加了电气控制实验。而这些，也是学生将来工作中遇到最多的内容。

由于作者水平有限，在编写过程中难免有不妥甚至错误之处，敬请读者批评指正。

作 者



目 录

实验安全操作规程	(1)
实验基本要求	(2)
项目一 电机的基础知识	(4)
应知部分	(4)
应会部分	(6)
实验 1.1 三相异步电动机的拆卸和安装	(6)
项目二 变压器	(9)
应知部分	(9)
应会部分	(18)
实验 2.1 单相变压器并联运行	(18)
实验 2.2 三相变压器联接组的识别与接线	(20)
实验 2.3 三相变压器空载、纯电阻负载实验	(23)
项目三 三相异步电动机的基本原理和运行分析	(26)
应知部分	(26)
应会部分	(30)
实验 3.1 三相笼式异步电动机定子绕组首尾端判断	(31)
实验 3.2 三相异步电动机定子绕组的嵌线	(33)
实验 3.3 三相笼式异步电动机机械特性的测定	(36)
实验 3.4 异步电动机的工作特性测定	(39)
项目四 三相异步电动机的电力拖动	(42)
应知部分	(42)
应会部分	(46)
实验 4.1 三相异步电动机的启动、反转与调速	(46)



项目五 直流电机的基本原理和运行分析	(51)
应知部分	(51)
应会部分	(55)
实验 5.1 认识直流电机	(56)
项目六 直流电动机的电力拖动	(59)
应知部分	(59)
应会部分	(61)
实验 6.1 他励直流电动机调速特性的研究	(62)
项目七 其他驱动与控制电机及其应用	(65)
应知部分	(65)
应会部分	(69)
实验 7.1 电容分相式单相异步电动机工作特性的研究	(69)
实验 7.2 三相同步电动机工作特性的研究	(73)
项目八 电动机的选择	(76)
应知部分	(76)
应会部分	(78)
实验 8.1 三相异步电动机故障检修	(78)
附 电气控制电路	(81)
电气控制电路概述	(81)
典型电气控制电路	(83)
实验(一) 三相异步电动机连续(自锁)运转控制电路	(83)
实验(二) 三相异步电动机正反转控制电路	(84)
实验(三) 工作台自动往返循环控制电路	(86)
实验(四) 三相异步电动机顺序控制电路	(90)
实验(五) 三相异步电动机 Y- Δ 启动控制电路	(91)
实验(六) 三相异步电动机能耗制动电路	(94)
实验(七) 三相绕线式异步电动机启动控制电路	(97)
实验(八) 三相异步电动机反接制动控制电路	(100)
实验(九) 双速电动机 Δ /YY 接法控制电路	(102)



实验安全操作规程

为了顺利完成电力电子技术、电机及拖动等课程实验,确保实验时人身和设备的安全,实验人员应严格遵守实验安全操作规程。

(1)实验过程中不允许双手同时接触电源变压器的两个输出端。

(2)任何接线和拆线都必须在切断主电源后进行。

(3)完成接线或改接线路后,应仔细核对线路,直到参与实验的人员都引起注意后方可接通电源。

(4)实验过程中如果发生告警,应仔细检查线路及各可调节元件的设置情况,确定无误后方能重新进行实验。

(5)注意仪表最大量程,选择合适的负载,避免损坏仪表、电源或负载设备。

(6)保险管(丝)必须选用规定的规格和型号,不得随意调换,更不可短接或不用。

(7)在有反馈的实验里,实验前一定要确保反馈极性正确,应构成负反馈,避免出现正反馈,造成过流、飞车等事故。

(8)除“阶跃启动”实验外,系统启动前负载电阻必须放在最大值,给定值必须回至零位后,方可合闸启动并慢慢增加给定,以避免元件和设备过载损坏。

(9)直流电机启动时,应先开励磁电源,后开电枢电源。停机时,应先关电枢电源,后关励磁电源。



实验基本要求

实验课的目的在于培养学生掌握基本的实验方法与操作技能,学会根据实验目的、实验内容和实验设备,拟定实验线路,选择所需仪表,确定实验步骤,测取数据,经分析研究,得出必要结论,完成实验报告。整个实验过程中,学生都必须集中精力,及时认真做好实验。

一、实验前的准备

- (1)复习教材中与实验有关的内容,熟悉与本次实验相关的理论知识。
- (2)阅读实验指导,了解本次实验的目的和内容,掌握实验系统的工作原理和方法,明确实验过程中应注意的问题,按照实验项目准备记录抄表。有些内容可到实验室对照预习。
- (3)写出预习报告,应包括实验系统的详细接线图、实验步骤、数据记录表格等。
- (4)进行实验分组及分工。一般情况下,实验小组为每组 2~3 人。

二、实验实施

- (1)实验开始前,指导教师要检查学生的预习报告,待学生了解了本次实验的目的、内容和方法后,方能允许实验。
- (2)指导教师要介绍实验装置,让学生熟悉实验设备,明确设备的功能和使用方法。
- (3)实验小组成员应分工明确,以保证实验操作协调,数据记录准确可靠。各人的任务应在实验进行中实行轮换,以便实验参加者全面掌握实验技术,提高动手能力。
- (4)实验开始前先熟悉实验所用的组件,记录电机铭牌和选择仪表量程,然后依次排列组件和仪表,便于测取数据。
- (5)按预习的实验系统线路图进行接线,线路力求简单明了。一般情况下,接线次序为先主电路,后控制电路;先串联回路,后并联支路。
- (6)完成实验系统接线后,必须进行自查。串联回路从电源的某一端出发,按回路逐项检查各仪表、设备、负载的位置、极性 etc 是否正确;并联支路则检查其两端的连接点是否在指定的位置。距离较远的两连接端必须选用长导线直接跨接,不得用两根导线在实验装置上的某接线端进行过渡连接。
- (7)在正式实验开始之前,先熟悉仪表刻度,记下倍率,然后按规范启动电路,观察所有仪表是否正常(如指针正向、反向,是否超量程等)。如出现异常,应立即切断电源,排除故



障。如一切正常,即可正式开始实验。

(8)实验时,应按实验指导所提出的要求及步骤,逐项进行实验和操作。除“阶跃启动”实验外,系统启动前,应使负载电阻值最大,给定值处于零位。测试记录点的分布应均匀。改接线路时,必须断开电源。实验中应观察实验现象是否正常,所得数据是否合理,实验结果是否与理论相一致。

(9)预习时应对实验方法及所测数据的大小做到心中有数,正式实验时,根据实验步骤逐次测取数据。

(10)完成本次实验全部内容后,应请指导教师检查实验数据、记录的波形,认可后方可拆除接线,整理好连接线、仪器、工具,使之物归原位。



项目一 电机的基础知识

应知部分

- (1)掌握电机的基本概念和分类。
- (2)掌握电机中常用的定律内容。
- (3)学会运用定律分析和公式计算。

一、填空题

- (1)电动机按其功能可分为_____电动机和_____电动机。
- (2)电动机按用电类型可分为_____电动机和_____电动机。
- (3)电动机按其转速与电网电源频率之间的关系可分为_____电动机和_____电动机。
- (4)电机是以_____原理和_____定律为基本工作原理制成的一种旋转电器。
- (5)基尔霍夫第一定律(电流定律)的内容是_____。
- (6)电磁感应定律的内容是_____,感应电动势的公式为_____。
- (7)铁磁材料分为_____和_____;电机的铁芯用_____,人造磁铁用_____。
- (8)铁磁材料的损耗包括_____损耗和_____损耗。我们平常用的电磁炉是利用_____发热来工作的。硅钢片可以减小_____损耗。
- (9)通电导体在磁场里要受到_____的作用。
- (10)通电导体在磁场中受力方向可由_____判定。
- (11)通电导体在磁场中受力运动的过程,是_____转化为_____的过程。



二、选择题(将正确答案的序号填入括号内)

(1) 下列关于磁通量的说法中正确的有()。

- A. 磁通量不仅有大小还有方向,所以磁通量是矢量
- B. 在匀强磁场中,a线圈的面积比b线圈的面积大,则穿过a线圈的磁通量一定比穿过b线圈的大
- C. 磁通量大磁感应强度不一定大
- D. 把某线圈放在磁场中的M、N两点,若放在M处的磁通量较在N处的大,则M处的磁感强

(2) 关于感应电流,下列说法中正确的有()。

- A. 只要闭合电路内有磁通量,闭合电路中就有感应电流产生
- B. 穿过螺线管的磁通量发生变化时,螺线管内部就一定有感应电流产生
- C. 线框不闭合时,即使穿过线圈的磁通量发生变化,线圈中也没有感应电流
- D. 只要电路的一部分作切割磁感线运动,电路中就一定有感应电流

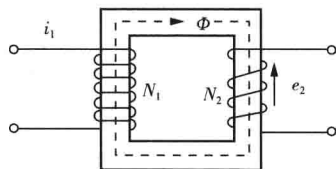
三、简答题

(1) 在求取感应电动势时, $e_L = -L \frac{di}{dt}$, $e = -N \frac{d\Phi}{dt}$ 和 $e = Blv$ 式中,哪一个式子具有普遍的形式? 另外诸式必须在各自的什么条件下才能适用?

(2) 两个线圈匝数相同,一个绕在闭合铁芯上,另一个绕在木材上,两个线圈通入相同频率的交变电流。如果它们的自感电动势相等,试问哪个线圈的电流大? 为什么?



(3)在下图中,当线圈 N_1 外施正弦电压 u_1 时,为什么在线圈 N_1 及 N_2 中都会感应出电动势?当电流 i_1 增加时,标出这时 N_1 及 N_2 中感应电动势的实际方向。



应会部分

- (1)能认识各种电机并能说出使用电能的优越性。
- (2)能正确拆装鼠笼式异步电动机,能认识各组成部分。

实验 1.1 三相异步电动机的拆卸和安装

一、实验目的

- (1)学会使用各种常用电工工具。
- (2)认识异步电动机的结构和各部分作用。
- (3)学会各种零部件的拆卸和安装方法。

二、实验仪器和实验工具

三相异步电动机、内圆卡圈钳、外圆卡圈钳、扳手、木槌、拉拨器、起子。

三、实验内容和实验步骤

1. 拆卸前的准备工作

(1)必须断开电源,拆除电动机与外部电源的连接线,并做好电源线在接线盒的相序标记,以免安装电动机时搞错相序。

(2)检查拆卸电动机的专用工具是否齐全。

(3)做好相应的标记和必要的记录。

① 在皮带轮或联轴器的轴向端做好定位标记,测量并记录联轴器或皮带轮与轴台间的距离。

② 在电动机机座与端盖的接缝处做好标记。

③ 在电动机的出轴方向及引出线在机座上的出口方向做好标记。

2. 三相异步电动机的拆卸

(1)笼型转子电动机的拆卸

① 拆卸皮带轮或联轴器。



- a. 在带轮或联轴器的轴伸端上做好再安装时的复原标记。
- b. 将三爪拉马的丝杆尖端对准电动机轴端的中心,挂住带轮或联轴器,使其受力均匀,把带轮或联轴器慢慢拉出。
- c. 用合适的工具将固定皮带轮或联轴器的销子拆下。
- ② 拆风罩。用旋具将风罩四周的螺钉拧下,用力将风罩往外拔,风罩便脱离机壳。
- ③ 拆风扇。
 - a. 取下转子轴端风扇上的定位销或螺钉。
 - b. 用木槌均匀轻敲风扇四周。
 - c. 取下风扇。
- ④ 拆端盖螺钉。
- ⑤ 拆卸后端盖。
 - a. 用木槌敲打轴伸端,使后端盖脱离机座。
 - b. 当后端盖稍与机座脱开,即可把后端盖连同转子一起抬出机座。
- ⑥ 拆卸前端盖。
 - a. 用硬杂木条从后端伸入,顶住前端盖的内部敲打。
 - b. 取下前端盖。
- ⑦ 取后端盖。用木槌均匀敲打后端盖四周,即可取下。
- ⑧ 拆电动机轴承。选择适当的拉具,使拉具的角爪紧扣在轴承内圈上,拉具的丝杆顶点对准转子轴的中心,缓慢均匀地扳动丝杆,轴承就会逐渐脱离转轴被拆卸下来。

(2) 绕线转子电动机的拆卸

① 对于绕线转子电动机,通常是先拆前端盖,后拆后端盖。这是因为前端盖装有电刷装置和短路装置。

② 在拆除之前,先把电刷提起并绑扎,标定好刷架位置,以防拆卸端盖时碰坏电刷装置。

③ 对于负载端是滚柱轴承的电动机,应先拆卸非负载端。

④ 拆卸较重的端盖时,在拆卸之前要用吊车或其他起重工具吊好,然后再进行拆卸。

3. 三相异步电动机的安装

按照与拆卸步骤相反的顺序进行。

拆卸和安装操作注意事项:

- (1) 拆卸带轮或轴承时,要正确使用拉具。
- (2) 电动机解体前,要做好标记,以便组装。
- (3) 端盖螺钉的松动与紧固必须按对角线上下左右依次旋动。
- (4) 不能用锤子直接敲打电动机的任何部位,只能用紫铜棒在垫好木块后再敲击或直接用木槌敲打。



(5)抽出转子或安装转子时动作要小心,一边送一边接,不可擦伤定子绕组。

(6)电动机装配后,要检查转子转动是否灵活,有无卡阻现象。

评分标准见表 1-1。

表 1-1 评分标准

步骤	内 容	工 艺 要 求	配 分	得 分
1	拆装前的准备工作	拆卸所做记号: (1)联轴器或带轮与轴台的距离_____ mm; (2)端盖与机座间记号作于_____方位; (3)前后轴承记号的形状_____; (4)刷架位置_____。	10 分	
2	拆卸顺序	(1)_____ (2)_____ (3)_____ (4)_____ (5)_____ (6)_____ (7)_____	10 分	
3	拆卸带轮或联轴器	工艺要点:_____	20 分	
4	拆卸端盖	工艺要点:_____	20 分	
5	拆卸轴承	工艺要点:_____	20 分	
6	装配顺序	(1)_____ (2)_____ (3)_____ (4)_____ (5)_____ (6)_____ (7)_____ (8)_____	20 分	
训练所用时间: _____ 学生签名: _____ 教师签名: _____			总分	

四、实验注意事项

(1)切记断电操作。拆卸前要做适当标记。

(2)拆下来的零部件要放好,抽出转子时要小心,不要擦伤定子绕组。

(3)装配时要将所有的螺丝、垫片都装在原位,不能偷工减料。

五、实验报告

(1)电动机主要由哪几个部分组成?

(2)鼠笼式异步电动机和绕线式异步电动机在结构上有何异同点?



项目二 变压器

应知部分

- (1) 掌握变压器用途、分类、结构和工作原理。
- (2) 掌握单相变压器运行特性和利用等效电路计算。
- (3) 了解单相变压器运行各物理量的性质及公式的推导。

一、填空题

- (1) 变压器是一种能变换_____电压,而_____不变的静止电气设备。
- (2) 变压器的种类很多,按相数分,可分为单相变压器和三相变压器;按冷却方式分,可分为_____、风冷式、自冷式和_____变压器。
- (3) 电力系统中使用的电力变压器,可分为_____变压器、_____变压器和_____变压器。
- (4) 变压器的空载运行是指变压器的一次绕组_____,二次绕组_____的工作状态。
- (5) 一次绕组为 660 匝的单相变压器,当一次侧电压为 220 V 时,要求二次侧电压为 127 V,则该变压器的二次绕组应为_____匝。
- (6) 一台变压器的变压比为 1 : 15,当它的一次绕组接到 220 V 的交流电源上时,二次绕组输出的电压是_____ V。
- (7) 变压器空载运行时,由于_____损耗较小,_____损耗近似为零,所以变压器的空载损耗近似等于_____损耗。
- (8) 变压器带负载运行时,当输入电压 U_1 不变时,输出电压 U_2 的稳定性主要由_____和_____决定,而二次侧电路的功率因数 $\cos\varphi_2$ 主要由_____决定,与变压器关系不大。
- (9) 收音机的输出变压器二次侧所接扬声器的阻抗为 $8\ \Omega$,如果要求一次侧等效阻抗为 $288\ \Omega$,则该变压器的变比应为_____。
- (10) 变压器的外特性是指变压器的一次侧输入额定电压和二次侧负载_____一定时,二次侧_____与_____的关系。



(11)一般情况下,照明电源电压波动不应超过_____;动力电源电压波动不应超过_____,否则必须进行调整。

(12)如果变压器的负载系数为 β ,则它的铜耗 P_{Cu} 与短路损耗 P_k 的关系式为_____,所以铜耗是随_____的变化而变化的。

(13)当变压器的负载功率因数 $\cos\varphi_2$ 一定时,变压器的效率只与_____有关;且当_____时,变压器的效率最高。

(14)短路试验是为了测出变压器的_____,_____和_____。

(15)在铁芯材料和频率一定的情况下,变压器的铁耗与_____成正比。

(16)变压器绕组的极性是指变压器一次绕组、二次绕组在同一磁通作用下所产生的感应电动势之间的相位关系,通常用_____来标记。

(17)所谓同名端,是指_____,一般用_____表示。

(18)所谓三相绕组的星形接法,是指把三相绕组的尾端连在一起,接成_____,三相绕组的首端分别_____的连接方式。

(19)某变压器型号为S7—500/10,其中S表示_____,数字500表示_____,10表示_____。

(20)一次侧额定电压是指变压器额定运行时,_____,它取决于_____和_____。而二次侧额定电压是指一次侧加上额定电压,二次侧空载时的_____。

(21)所谓温升,是指变压器在额定工作条件下,内部绕组允许的_____与_____之差。

(22)为了满足机器设备对电力的要求,许多变电所和用户都采用几台变压器并联供电来提高_____。变压器并联运行的条件有三个:一是_____;二是_____;三是_____。否则,不但会增加变压器的能耗,还有可能发生事故。

(23)两台变压器并联运行时,要求一次侧电压、二次侧电压_____,变压比误差不允许超过_____。

(24)变压器并联运行时的负载分配(即电流分配)与变压器的阻抗电压_____。因此,为了使负载分配合理(即容量大,电流也大),就要要求它们都一样。

(25)并联运行的变压器容量之比不宜大于_____, U_k 要尽量接近,相差不大于_____。

(26)运行值班人员应定期对变压器及附属设备进行全面检查,每天至少_____。在检查过程中,要注重“_____,闻、嗅、摸、测”五字准则,仔细检查。

(27)三相自耦变压器一般接成_____。

(28)自耦变压器的一次侧和二次侧既有_____的联系,又有_____的



联系。

(29)为了充分发挥自耦变压器的优点,其变压比一般在_____范围内。

(30)电流互感器一次绕组的匝数很少,要_____接入被测电路;电压互感器一次绕组的匝数较多,要_____接入被测电路。

(31)用电流比为 200 : 5 的电流互感器与量程为 5 A 的电流表测量电流,电流表读数为 4.2 A,则被测电流是_____ A。若被测电流为 180 A,则电流表的读数应为_____ A。

(32)电压互感器的原理与普通_____变压器是完全一样的,不同的是它的_____更准确。

(33)在选择电压互感器时,必须使其_____符合所测电压值;其次,要使它尽量接近_____状态。

二、判断题(在括号内打“√”或打“×”)

(1)在电路中所需的各种直流电,可以通过变压器来获得。 ()

(2)变压器的基本工作原理是电流的磁效应。 ()

(3)同心绕组是将一次侧、二次侧线圈套在同一铁柱的内、外层,一般低压绕组在外层,高压绕组在内层。 ()

(4)热轧硅钢片比冷轧硅钢片的性能更好,其磁导率高而损耗小。 ()

(5)储油柜也称油枕,主要用于保护铁芯和绕组不受潮,还有绝缘和散热的作用。 ()

(6)芯式铁芯是指线圈包着铁芯,其结构简单、装配容易、省导线,适用于大容量、高电压的场合。 ()

(7)变压器中匝数较多、线径较小的绕组一定是高压绕组。 ()

(8)变压器既可以变换电压、电流和阻抗,又可以变换相位、频率和功率。 ()

(9)变压器用于改变阻抗时,变压比是一次侧、二次侧阻抗的平方比。 ()

(10)变压器空载运行时,一次绕组的外加电压与其感应电动势在数值上基本相等,而相位相差 180° 。 ()

(11)当变压器的二次侧电流增加时,由于二次绕组磁势的去磁作用,变压器铁芯中的主磁通将要减小。 ()

(12)当变压器的二次侧电流变化时,一次侧电流也跟着变化。 ()

(13)接容性负载对变压器的外特性影响很大,并使电压下降。 ()

(14)对升压变压器的空载试验,可以在一次侧进行,将二次侧开路。 ()

(15)变压器进行短路试验时,可以在一次侧电压较大时,把二次侧短路。 ()

(16)变压器的铜耗 P_{Cu} 为常数,可以看成是不变损耗。 ()

(17)变压器二次侧采用三角形接法时,如果有一相绕组接反,将会使三相绕组感应电动势的相量和为零。 ()