



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校电气运用与维修专业教学用书

引进版

国外优秀职业教育教材引进系列

THOMSON

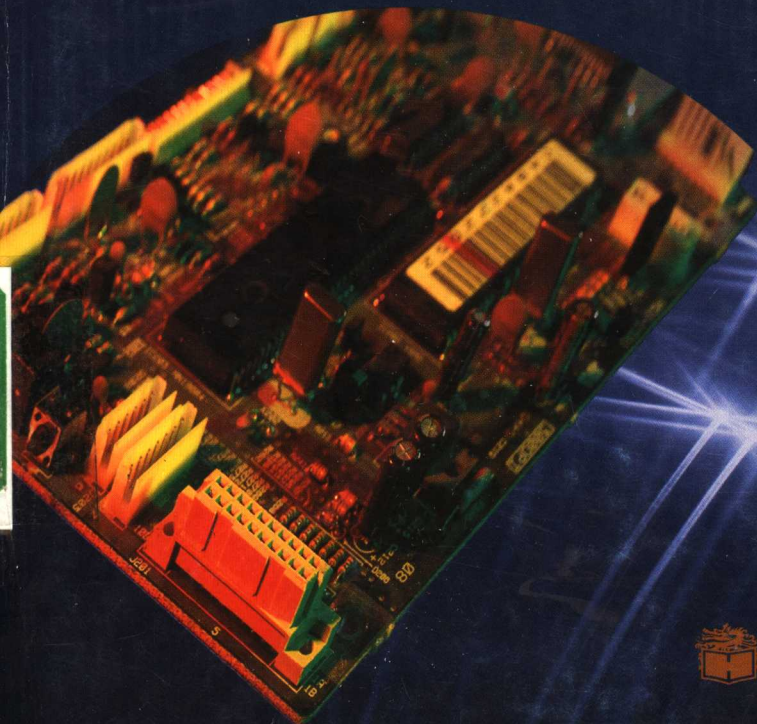
E

lectrical Transformers & Rotating Machines

电机与变压器

[美] Stephen L.Herman 著

王勇 叶勤 译



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校电气运用与维修专业教学用书
国外优秀职业教育教材引进系列

电机与变压器

Electrical Transformers & Rotating Machines

[美] Stephen L. Herman 著

王 勇 叶 勤 译
温照方 赵承荻 主审

高等教育出版社

图字:01-2004-1242号

Stephen L. Herman

Electrical Transformers and Rotating Machines, First Edition

ISBN:0-7668-0579-4

Copyright ©1999 by Delmar, a division of Thomson Learning

Original language published by Thomson Learning (a division of Thomson Learning Asia Pte Ltd). All Rights reserved. 本书原版由汤姆森学习出版集团出版。版权所有,盗印必究。

Higher Education Press is authorized by Thomson Learning to publish and distribute exclusively this simplified Chinese edition. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体字翻译版由汤姆森学习出版集团授权高等教育出版社独家出版发行。此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区及中国台湾)销售。未经授权的书出口将被视为违反版权法的行为。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

981-265-092-X

图书在版编目(CIP)数据

电机与变压器/[美]赫尔曼(Stephen L. Herman)著;
王勇,叶勤译. —北京:高等教育出版社,2005.11
书名原文:Electrical Transformers & Rotating Machines
ISBN 7-04-018017-0

I.电... II.①赫...②王...③叶... III.①电机-
专业学校-教材②变压器-专业学校-教材 IV.TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 122638 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京外文印刷厂		http://www.landaco.com.cn
开 本	787×960 1/16	版 次	2005 年 11 月第 1 版
印 张	27.5	印 次	2005 年 11 月第 1 次印刷
字 数	510 000	定 价	47.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18017-00

内 容 提 要

本书译自美国 Delmar 出版社出版的 *Electrical Transformers & Rotating Machines*, 是教育部职业教育与成人教育司推荐引进版教材。

本书共分 17 个单元, 包括单相隔离变压器、自耦变压器、电流互感器、三相电路、三相变压器、三相变压器的单相负载、变压器的安装、变压器散热、变压器的维护、谐波、直流发电机、直流电动机、交流发电机、三相电动机、单相电动机、电动机的维护和故障诊断及电动机的安装等。书后附有实验, 以提供给读者有关变压器和电动机的实用经验。

本书原版是美国职业学校教学及相关岗位培训教材, 本书可作为我国中等职业学校电气运用与维修专业教学用书及职业学校教师参考用书或教学改革用书。

译者前言

本书英文版由世界著名的 Delmar 出版社出版,书名为《Electrical Transformers & Rotating Machines》,其作者为 Stephen L. Herman。原作者 Stephen L. Herman 在电机和变压器方面已出版了多部著作,在业内有较高的知名度。本书内容涵盖变压器和电机,其中有关变压器的内容包括隔离变压器、自耦变压器、电流互感器和三相变压器等,电机部分包括交、直流发电机和电动机,并以交流电动机为主,内容十分丰富。特别是讲述了有关 NEC 标准在变压器和电动机安装及其外围器件如导线、断路和短路保护装置选型中的使用,在国内教材中不多见。书中还设计了 9 个变压器和电机的实验。本书有如下特点:

1. 内容起点低。全书在原理分析方面以定性分析为主,所需数学知识和电路、磁路的理论知识较少。书中不仅配有一般的电路原理图,还有大量的实物图,对理论问题的阐述,也大都采用形象生动的描述方法,便于读者理解和掌握。

2. 知识点丰富。全书除重点介绍典型传统的变压器和电机外,还引入了较多的新知识。本书作为进入工业电气专业的入门教材,以单相隔离变压器为第一章,然后介绍了电流互感器、自耦变压器、三相变压器以及变压器的维护和安装等内容。在电机部分,则从易于理解和接受的直流发电机开始,分别介绍了直流电动机、交流发电机、三相电动机、单相电动机以及电动机的维护、计算等内容。本书还介绍了新型直流电动机,如 ServoDisc® Motor(伺服盘电动机)的工作原理和特性。

3. 紧密联系 NEC 标准。在变压器和电动机的安装中,往往需要选择导线的线径、各种保护装置的容量等。如何选择呢?只能依靠标准。本书围绕 NEC 相关标准,详细介绍了在变压器和电动机的安装中,如何选择导线的线径、过载保护装置的容量等内容,具有很强的实践性。这一点在国内教材中也不多见。

4. 实验与实践的一致性。全书的实验设计可操作性强,在书中的 9 个实验的操作步骤中,明确告诉学生何时开关电源、何时需要请老师帮助检查线路是否连接正确、实验中的安全注意事项、实验完成后将仪器设备归放到合适的位置等。这在国内实验教材中,往往被忽略,但在实践操作中,是需要明确写入操作规程里的。

本书浅显易懂,理论与实践结合紧密,不失为一本好的教材和教学参考用书。对国内的教材编写和教学工作都有一定的借鉴意义。

参加本书翻译的有王勇和叶勤,并由王勇负责全书的统稿工作。本书由北

II 译者前言

京理工大学信息科学技术学院温照方副教授及湖南铁道职业技术学院赵承荻副教授悉心审校,北京理工大学刘蕴陶教授也提出了宝贵的意见,在此译者谨致衷心的感谢!

凡译者发现的原书中的编校错误,均已改正,有些还加注了说明。原书中有些名词术语和符号与我国常用用法不同,译者在翻译时尽量将其改为我国的规范术语,而对于个别与我国常用意义不同的概念以及所有图形中的符号,考虑到拓宽视野,了解国外一些习惯用法,翻译时均以原文为主,未作更改。由于译者水平有限,译文中的错误和不当之处,敬请读者批评指正。

译 者

2005 年 5 月

前 言

《电机与变压器》为那些想在工业电气领域就业的同学们提供了理论和实践应用的知识。学习本书的学生应具有基本电气理论和基本磁场理论的知识。本文以单相隔离变压器开始,随后进一步阐述电流互感器和自耦变压器。在继续学习三相变压器之前,有关三相电源的章节为同学们更新了有关三相电源和负载的基本接法和计算的知识。三相变压器的所有基本类型都有涉及,如三角形-星形联结、三角形-三角形联结、星形-三角形联结、星形-星形联结以及开路-三角形联结(V形联结)。如 Scott 接法、T 形联结以及交联接法(Zig-zag)等特殊变压器连接法也有介绍。讨论了将单相负载接入三相变压器的例子。

《电机与变压器》讲述了有关直流发电机和电动机的知识。讨论了直流电机的基本类型,如串励、并励和复励等。本书也讲述了有关无刷电动机、印刷电路式电动机和永磁电动机的知识。

本书所涉及的交流电机包括交流发电机、三相电动机和单相电动机。阐述了笼型、变极式、绕线转子式和同步电动机等的运行特性。图解与注释为同学们提供了完整的三相电动机星形和三角形、高压和低压运行的接法。

单相交流电动机包括分相式、推斥式、交直流两用和罩极式等。讨论了每种单相电动机的运行特性。

《电机与变压器》包括了一套有关单相变压器、三相变压器、三相电动机和单相电动机等实用的实验室实验。所有的变压器实验要求使用相同的设备,如 $0.5\text{ kV} \cdot \text{A}$ 控制变压器、 100 W 白炽灯、电压表、电阻表和电流表。

致 谢

作者和 Delmar 出版社愿意感谢如下评论人所做的评论和建议。他们在本书的撰写中提供了有益的帮助。我们感谢：

Robert coy

Kentucky Technical College

Elizabethtown, KY

Greg Fletcher

Kennebec Valley Technical College

Fairfield, ME

Paul Greenwood

Bellville Area College

Granit City, IL

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

策划编辑	王卫民
责任编辑	王莉莉
封面设计	于 涛
责任绘图	朱 静
版式设计	胡志萍
责任校对	王 雨
责任印制	陈伟光

目 录

第 1 章 单相隔离变压器	1
1.1 变压器公式	2
1.2 隔离变压器	2
本章小结	41
本章复习思考题	41
本章习题	42
第 2 章 自耦变压器	44
2.1 确定电压值	45
2.2 变压器公式的运用	46
2.3 电流的关系	48
本章小结	50
本章复习思考题	51
本章习题	51
第 3 章 电流互感器	53
3.1 钳形电流表	57
本章小结	60
本章复习思考题	60
第 4 章 三相电路	61
4.1 三相电路	61
4.2 Y 形联结	63
4.3 Δ 形联结	66
4.4 三相电源功率	68
4.5 有功功率和无功功率	68
4.6 三相电路的计算	69
4.7 功率因数补偿	78
本章小结	79
本章复习思考题	80
本章习题	80
第 5 章 三相变压器	82
5.1 三相变压器	82
5.2 闭合 Δ 形联结	86
5.3 三相变压器计算	87

5.4 V形联结	92
本章小结	99
本章复习思考题	100
本章习题	100
第6章 三相变压器的单相负载	103
6.1 V形联结向单相负载供电	103
6.2 有中间抽头的 Δ 形联结	106
6.3 没有中间抽头的 Δ 形联结	107
6.4 有中性线的 Δ -Y形联结	107
本章小结	108
本章复习思考题	109
第7章 变压器的安装	110
7.1 变压器保护	110
7.2 确定断路额定值	110
7.3 确定变压器熔断器或断路器的大小	113
7.4 自耦变压器的过流保护	116
7.5 确定变压器导线的尺寸	116
本章小结	119
本章复习思考题	120
第8章 变压器散热	121
8.1 空冷变压器	121
8.2 液冷变压器	124
本章小结	129
本章复习思考题	129
第9章 变压器的维护	130
9.1 安全程序	130
9.2 进入变压器箱	131
9.3 小型控制变压器的维护	131
9.4 供给电机控制中心的大型控制变压器	133
9.5 商业和工厂用小型干式变压器	134
9.6 单元变电所用大型工业干式变压器	134
9.7 媒质冷却变压器	135
9.8 基座安装式油冷变压器	136
9.9 内部检修和维护	137
9.10 绝缘测试	137
9.11 油的测试	138
本章小结	139
本章复习思考题	140

第 10 章 谐波	141
10.1 谐波的影响	143
10.2 电路断路器问题	144
10.3 母线和配电盘的问题	145
10.4 测定单相系统中的谐波问题	145
10.5 测定三相系统中的谐波问题	147
10.6 处理谐波问题	148
10.7 测定变压器谐波的降额因数	148
本章小结	150
本章复习思考题	150
第 11 章 直流发电机	151
11.1 什么是发电机	151
11.2 电枢绕组	161
11.3 电刷	162
11.4 主磁极	162
11.5 励磁绕组	163
11.6 串励发电机	165
11.7 并励发电机	168
11.8 复励发电机	173
11.9 复励绕组	174
11.10 反力矩	176
11.11 电枢反应	177
11.12 中性面的设置	180
11.13 弗莱明左手定则	182
11.14 发电机的并联运行	182
本章小结	184
本章复习思考题	186
第 12 章 直流电动机	187
12.1 直流电动机工作原理	187
12.2 并励电动机	190
12.3 串励电动机	192
12.4 复励电动机	194
12.5 直流电动机接线端子的识别	196
12.6 确定直流电动机旋转方向	196
12.7 转速控制	199
12.8 失磁继电器	201
12.9 功率	202
12.10 无电刷式直流电动机	204

12.11 逆变器	207
12.12 永磁电动机	208
12.13 右手定则	214
本章小结	215
本章复习思考题	216
第 13 章 交流发电机	218
13.1 三相交流发电机	218
13.2 转子	222
13.3 无刷励磁器	223
13.4 发电机的冷却	225
13.5 频率	226
13.6 输出电压	226
13.7 发电机的并联运行	227
13.8 负载分配	229
13.9 消磁保护	229
本章小结	231
本章复习思考题	232
第 14 章 三相电动机	233
14.1 三相电动机	233
14.2 旋转磁场	234
14.3 同步转速	234
14.4 双电压三相电动机的连接	237
14.5 笼型感应电动机	242
14.6 三速变极电动机	255
14.7 四速变极电动机	259
14.8 绕线转子感应电动机	263
14.9 同步电动机	265
14.10 自整角机	271
本章小结	274
本章复习思考题	276
第 15 章 单相电动机	277
15.1 单相电动机	277
15.2 分相电动机	277
15.3 电阻起动感应运行电动机	280
15.4 电容起动感应运行电动机	286
15.5 双压分相电动机	287
15.6 确定分相电动机的转向	291
15.7 电容起动电容运行电动机(永磁分相电容式电动机)	292

15.8 罩极式感应电动机	294
15.9 多速电动机	297
15.10 单相同步电动机	298
15.11 推斥式电动机	300
15.12 推斥式电动机的结构	301
15.13 推斥起动感应运行电动机	304
15.14 推斥感应电动机	306
15.15 步进电动机	307
15.16 交直流两用电动机	314
本章小结	317
本章复习思考题	319
第 16 章 电动机的维护和故障诊断	321
16.1 电动机轴承	321
16.2 直流电动机	322
16.3 测试交流电动机	325
16.4 测试双压电动机	326
本章小结	333
本章复习思考题	334
第 17 章 电动机的安装	335
17.1 确定电动机电流	335
17.2 对单相电动机确定导线线径	339
17.3 过载量	342
17.4 确定转子堵转电流	344
17.5 短路保护	347
17.6 多台电动机的计算	351
本章小结	357
本章复习思考题	357
实验室实验	359
实验 1 变压器基础	359
实验 2 单相变压器计算	362
实验 3 变压器的同名端	367
实验 4 自耦变压器计算	374
实验 5 三相电路	379
实验 6 三相变压器	382
实验 7 旋转磁场	394
实验 8 三相双压电动机	396
实验 9 单相双压电动机	403
附录 A 希腊字母表	408

附录 B 金属材料	409
附录 C 直流电动机的额定电流	411
附录 D 单相交流电动机的额定电流	412
附录 E 三相交流电动机的额定电流	413
附录 F 三相笼型电动机 NEMA 设计标准	414
习题答案	415
术语表	418

单相隔离变压器

学习目标

学完本章后,应能:

1. 区分不同类型的变压器。
2. 利用公式计算单相变压器的电压值、电流值和匝数。
3. 利用匝数比计算单相变压器的电压值、电流值和匝数。
4. 连接一个变压器和测试不同绕组的电压输出。
5. 说明原理图上的同名端。
6. 测试变压器确定同名端。

变压器是电气领域最常见的器件之一。变压器的体积从小于一立方英寸到其拆开后的组成部件要用一个火车车厢来运输。变压器的额定值范围从 $\text{mV} \cdot \text{A}$ (毫伏安) 到 $\text{GV} \cdot \text{A}$ (吉伏安)。

变压器是依据电磁原理工作的设备。它能够改变电压、电流和阻抗的数值,但不改变频率。变压器是已知的具有最高效率的设备。它的效率范围在满负荷时通常能从 90% 到 99%。变压器分为如下几个类型:隔离变压器、自耦变压器、电流互感器。

关于变压器的基本定律是:一台变压器的电压和电流大小是和它的匝数比成比例的。这意味着,不必知道每一个绕组的精确的线圈匝数,只需知道匝数比就能确定一个变压器不同的电压值和电流值。

例如,假定一个变压器有两个绕组,一次绕组为 1 000 匝线圈,而二次绕组为 250 匝线圈(如图 1-1 所示)。这个变压器匝数比是 4:1 ($1\,000/250 = 4$)。这表明一次绕组的 4 匝线圈对应的二次绕组有 1 匝线圈。

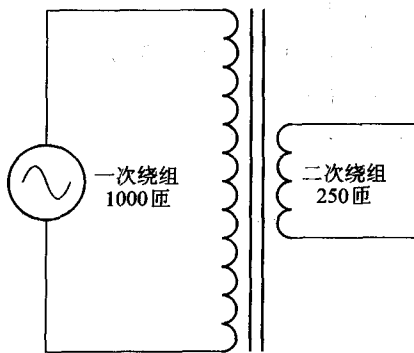


图 1-1 变压器的电压和电流大小
与它的匝数比成比例

1.1 变压器公式

有不同的公式能用来求得一台变压器的电压和电流的数值。下面列出的一组标准的公式：

N_p = 一次绕组匝数

N_s = 二次绕组匝数

E_p = 一次电压

E_s = 二次电压

I_p = 一次电流

I_s = 二次电流

k = 匝数比

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad \text{或} \quad E_p \times N_s = E_s \times N_p$$

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad \text{或} \quad E_p \times I_p = E_s \times I_s$$

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad \text{或} \quad N_p \times I_p = N_s \times I_s$$

变压器的一次绕组是电源输入绕组，是连接输入电源的绕组。二次绕组是负载绕组或输出绕组，它是变压器连接负载的一侧（如图 1-2 所示）。如果电压或电流不超过绕组所提供的额定值，变压器的任何绕组都能够用作一次绕组或二次绕组。变压器可以工作在低于额定电压状态，但不能连接一个高于额定电压的电压。例如，假设一个变压器如图 1-2 所示，一次额定电压为 480 V，二次额定电压为 240 V。假定一次绕组线圈连接一个 120 V 的电源，这时变压器不会出现损坏，但二次绕组仅产生 60 V 电压。

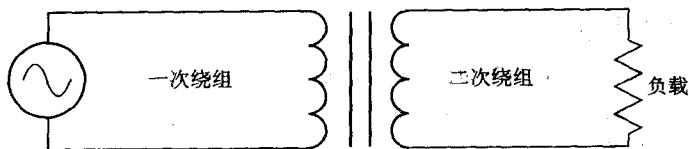


图 1-2 隔离变压器

1.2 隔离变压器

如图 1-1 和 1-2 所示的变压器是隔离变压器。这意味着一次绕组与二次