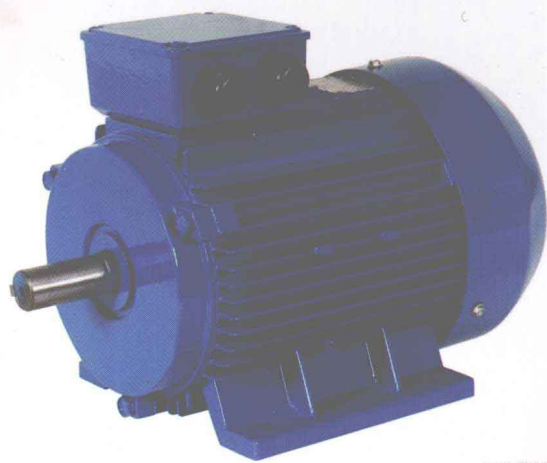




高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

电机与拖动

主编 茹反反 朱毅



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内 容 简 介

全书共分10章,内容包括变压器、交流电机的绕组及其电动势和磁动势、异步电机、电力拖动基础、异步电动机的电力拖动、同步电机、直流电机、直流电动机的电力拖动、控制电机、电力拖动系统中电动机的选择。本书重点讨论变压器和各种电机的运行原理、运行特性以及各种电机的机械特性、启动、调速和制动等性能。书中每章的后面有小结和习题。

本书可作为高职院校电气自动化、供用电技术和机电一体化等专业的教材,也可作为相关专业技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电机与拖动/茹反反,朱毅主编. —北京:国防工业出版社,2011.8

高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-07435-2

I. ①电... II. ①茹... ②朱... III. ①电机—高等职业教育—教材 ②电力传动—高等职业教育—教材
IV. ①TM3 ②TM921

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第140552号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本787×1092 1/16 印张18 1/2 字数422千字

2011年8月第1版第1次印刷 印数1—4000册 定价35.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

高等职业教育机电类专业系列教材 编写组名单

姓名	所在院校	姓名	所在院校
杨国华	无锡商业职业技术学院	王冠军	南京机电职业技术学院
孙 刚	南京信息职业技术学院	闫文娟	南京机电职业技术学院
李 乐	南京铁道职业技术学院	冯建雨	山东理工职业学院
张 飞	南京铁道职业技术学院	李 梅	山东理工职业学院
李军科	无锡商业职业技术学院	徐夏民	无锡机电高等职业技术学校
王亚莉	南京信息职业技术学院	胡海清	无锡机电高等职业技术学校
曾庆珠	南京信息职业技术学院	程 钦	江苏技术师范学院
朱桂兵	南京信息职业技术学院	赵俊生	江苏财经职业技术学院
茹反反	福建水利电力职业技术学院	唐义锋	江苏财经职业技术学院
朱 毅	福建水利电力职业技术学院	游小荣	常州纺织服装职业学院
邱云兰	福建电力职业技术学院	刘子明	常州纺织服装职业学院
马爱芳	湖北水利水电职业技术学院	丁 健	无锡科技职业学院
黄 伟	江苏农林职业技术学院	卓陈祥	无锡科技职业学院
李 娜	江苏农林职业技术学院	冯 薇	南京化工职业技术学院
王卫兵	江苏食品职业技术学院	王正高	南通纺织职业技术学院
张 政	江苏食品职业技术学院	林 森	南通纺织职业技术学院
郑东旭	江苏食品职业技术学院	徐 遵	苏州职业大学
梁庆祥	江苏食品职业技术学院	陆春妹	苏州职业大学
杨海卉	安徽机电职业技术学院	俞兴明	苏州职业大学
金彦平	常州工程职业技术学院	陈 霞	常州信息职业技术学院
张 林	南京机电职业技术学院	赵 航	三江学院

刘伟彦	江苏城市职业学院
朱晓刚	常州机电职业技术学院
曹承龙	安徽财贸职业学院
曹 泉	扬州技师学院
田晓华	扬州技师学院
邵争鸣	扬州技师学院
齐明琪	扬州技师学院
丁群霞	扬州技师学院
戴福兵	扬州技师学院
丁振华	徐州工业职业技术学院
孙 萍	江苏信息职业技术学院
商敏红	江苏信息职业技术学院
陆渊章	江苏信息职业技术学院
李如平	安徽工商职业学院
姚庆峰	安徽工商职业学院
陈翠红	安徽工商职业学院

王亚军	炎黄职业技术学院
熊 丹	炎黄职业技术学院
张 爽	炎黄职业技术学院
王 敏	炎黄职业技术学院
朱 燕	炎黄职业技术学院
岳云峰	紫琅职业技术学院
顾 海	紫琅职业技术学院
刘红月	健雄职业技术学院
仲小英	健雄职业技术学院
施纪红	健雄职业技术学院
岩淑霞	健雄职业技术学院
陈邦琼	健雄职业技术学院
沈 健	健雄职业技术学院
张晓芳	健雄职业技术学院
胡宏梅	健雄职业技术学院

(注:排名不分先后)

前 言

电机与拖动课程是高职院校电气自动化、供用电技术和机电一体化等专业学生必修的一门重要的专业基础课。本教材的任务是使学生具备现代高等职业技术应用型人才所必需的电机与拖动方面的基本知识与基本技能,为学生学习后续课程打基础。

本书主要讲述电机的基本理论及其在电力拖动系统中的应用,内容包括变压器、交流电机及拖动、直流电机及拖动、控制电机及电力拖动系统中电动机的选择等几部分内容。与传统教材相比,本书在体系结构上作了较大调整,角度独特、内容新颖。

本书由茹反反和朱毅担任主编,茹反反统稿,马爱芳、邱云兰担任副主编,第1章由湖北水利水电职业技术学院马爱芳编写,第2章、第3章、第5章由福建水利电力职业技术学院朱毅编写,第6章、第9章由福建电力职业技术学院邱云兰编写,其余各章及绪论由福建水利电力职业技术学院茹反反编写。福建水利电力职业技术学院戴源生老师对本书初稿作了仔细审阅,并提出了许多宝贵意见和建议,国防工业出版社张永生编辑也对本书的出版做了大量的工作,在此表示衷心的感谢。

由于编写时间紧迫,编者水平有限,书中的疏漏和错误在所难免,欢迎读者批评指正。如有问题,请与张永生编辑联系,电子邮箱:zhangyongsheng100@163.com。

编者

目 录

绪论	1
第1章 变压器	3
1.1 变压器的基本原理与结构	3
1.1.1 变压器的基本工作原理	3
1.1.2 变压器的应用与分类	4
1.1.3 变压器的基本结构	5
1.1.4 变压器的铭牌	8
1.2 单相变压器的空载运行	10
1.2.1 空载运行时的电磁关系	10
1.2.2 空载电流和空载损耗	12
1.2.3 空载时的电动势方程式、等效电路和相量图	14
1.3 单相变压器的负载运行	17
1.3.1 负载运行时的电磁关系	17
1.3.2 负载运行时的基本方程式	18
1.4 变压器的等值电路及相量图	19
1.4.1 折算	19
1.4.2 等效电路	21
1.4.3 变压器负载时的相量图	24
1.5 变压器的参数测定及标么值	25
1.5.1 空载试验	25
1.5.2 短路试验	26
1.5.3 标么值	29
1.6 变压器的运行特性	31
1.6.1 变压器的电压变化率	31
1.6.2 变压器的外特性	32
1.6.3 变压器的电压调整	33
1.6.4 变压器的损耗、效率和效率特性	33
1.7 三相变压器	35
1.7.1 三相变压器的磁路系统	36
1.7.2 三相变压器的电路系统——连接组别	37
1.8 变压器的并联运行	41
1.8.1 概述	41

1.8.2 并联运行的理想条件	42
1.8.3 并联条件不满足时的运行分析	42
1.9 其他用途的变压器	44
1.9.1 自耦变压器	44
1.9.2 仪用互感器	46
小结	50
习题	51
第2章 交流电机的绕组及其电动势和磁动势	54
2.1 交流电机绕组的结构	54
2.1.1 交流绕组的基本概念及名词术语	55
2.1.2 三相交流绕组的构成原则	56
2.1.3 三相单层绕组	57
2.1.4 三相双层绕组	58
2.2 交流绕组的电动势	63
2.2.1 正弦磁场下绕组的电动势	63
2.2.2 高次谐波电动势及削弱方法	67
2.3 交流绕组的磁动势	69
2.3.1 单相脉动磁动势	70
2.3.2 三相基波旋转磁动势	72
2.3.3 脉动磁动势的分解	76
小结	76
习题	77
第3章 异步电机	78
3.1 三相异步电动机的基本工作原理与结构	78
3.1.1 三相异步电动机的工作原理	78
3.1.2 三相异步电动机的结构	80
3.2 三相异步电动机的空载运行	85
3.2.1 空载运行时的主磁通和漏磁通	86
3.2.2 空载电流和空载磁动势	87
3.2.3 电磁关系	87
3.2.4 空载运行时的电动势平衡方程	87
3.3 三相异步电动机的负载运行	89
3.3.1 负载运行时的物理情况	89
3.4 异步电动机的功率和电磁转矩	95
3.4.1 功率转换过程和功率平衡方程式	95
3.4.2 转矩平衡方程式和电磁转矩	97
3.5 三相电动机的工作特性和参数测定	99
3.5.1 三相异步电动机的工作特性	99
3.5.2 三相异步电动机参数测定	100

小结	102
习题	103
第4章 电力拖动基础	106
4.1 拖动系统的运动方程	106
4.1.1 运动方程式	106
4.1.2 运动方程式中转矩正、负号的规定	108
4.2 工作机构转矩和飞轮转矩的折算	108
4.2.1 工作机构负载转矩的折算	109
4.2.2 传动机构与工作机构飞轮矩的折算	110
4.2.3 直线运动系统中,负载直线力的折算	110
4.2.4 直线运动系统中,工作机构质量的折算	111
4.3 生产机械的负载特性	111
4.3.1 恒转矩负载特性	112
4.3.2 恒功率负载特性	112
4.3.3 转矩随转速而变的其他负载特性	113
4.4 电力拖动系统稳定运行	113
4.4.1 电力拖动系统稳定运行的概念	113
4.4.2 电力拖动系统稳定运行的研究方法	114
4.4.3 电机拖动系统的“自跟随”过程	114
4.4.4 能“抗干扰”的稳定运行系统	114
4.4.5 不稳定的系统	115
4.4.6 电力拖动系统稳定运行的条件	115
小结	115
习题	116
第5章 异步电动机的电力拖动	118
5.1 三相异步电动机的机械特性	118
5.2 三相异步电动机的启动概述	123
5.2.1 启动性能的指标	123
5.2.2 启动电流和启动转矩	124
5.3 三相笼型转子异步电动机的启动	124
5.3.1 直接启动	124
5.3.2 降压启动	125
5.4 三相绕线型异步电动机的启动	130
5.4.1 转子串联电阻启动	130
5.4.2 转子串频敏变阻器启动	131
5.5 深槽式和双鼠笼式异步电动机	132
5.5.1 深槽式异步电动机	132
5.5.2 双鼠笼式异步电动机	133
5.6 三相异步电动机的反转与制动	134

5.6.1	三相异步电动机的反转	134
5.6.2	三相异步电动机的制动	134
5.7	异步电动机的调速	139
5.7.1	变极调速	139
5.7.2	变频调速	142
5.7.3	改变转差率调速	145
5.7.4	电磁调速异步电动机	148
5.8	单相异步电动机	149
5.8.1	单相异步电动机基本工作原理	149
小结		154
习题		155
第6章	同步电机	158
6.1	同步电机的基本原理与结构	158
6.1.1	同步电机的基本工作原理与分类	158
6.1.2	同步电机的基本结构	159
6.1.3	同步电机的额定值及励磁方式	161
6.2	同步发电机	162
6.2.1	同步发电机的运行分析	162
6.2.2	同步发电机的并联运行	164
6.2.3	同步发电机的功角特性及有功功率的调节	165
6.2.4	同步发电机的无功功率调节及V形曲线	168
6.3	同步电动机	170
6.3.1	同步电机的可逆原理	170
6.3.2	同步电动机的基本方程式和相量图	171
6.3.3	同步电动机的V形曲线	173
6.3.4	三相同步电动机的启动及调速	174
6.4	同步电动机调相运行及同步调相机	175
6.4.1	同步电动机调相运行	175
6.4.2	同步调相机	175
小结		177
习题		178
第7章	直流电机	179
7.1	直流电机的工作原理与结构	179
7.1.1	直流电机的基本工作原理	179
7.1.2	直流电机的基本结构	181
7.1.3	直流电机的铭牌	183
7.2	直流电机的电枢绕组	184
7.2.1	直流电机电枢绕组的基本知识	184
7.2.2	单叠绕组	186

7.2.3 单波绕组	189
7.3 直流电机的电枢反应	191
7.3.1 主磁场和电枢磁场	191
7.3.2 发电机的电枢反应	193
7.3.3 电动机的电枢反应	195
7.4 直流电机的换向	195
7.4.1 直流电机换向的物理过程	195
7.4.2 改善换向的主要方法	198
7.5 直流电机的电枢电动势与电磁转矩	200
7.5.1 直流电机的电枢电动势	200
7.5.2 直流电机的电磁转矩	201
7.6 直流发电机	203
7.6.1 直流电机的励磁方式	203
7.6.2 直流发电机的基本方程式	204
7.6.3 直流发电机的运行特性	205
7.7 直流电动机	208
7.7.1 直流电动机的基本方程式	208
7.7.2 直流电动机的工作特性	210
小结	211
习题	211
第8章 直流电动机的电力拖动	213
8.1 直流电动机的机械特性	213
8.1.1 机械特性方程	213
8.1.2 固有机械特性和人为机械特性	214
8.2 直流电动机的启动	219
8.2.1 电枢回路串电阻启动	220
8.2.2 降压启动	223
8.3 直流电动机的调速	223
8.3.1 评价调速方法的主要指标	224
8.3.2 调速方法	225
8.3.3 调速方式与负载类型的配合	229
8.4 直流电动机的反转与制动	231
8.4.1 直流电动机的反转	231
8.4.2 直流电动机的制动	232
小结	240
习题	241
第9章 控制电机	244
9.1 伺服电动机	245
9.1.1 直流伺服电动机	245

9.1.2 交流伺服电动机·····	247
9.2 测速发电机·····	250
9.2.1 直流测速发电机·····	250
9.2.2 交流测速发电机·····	251
9.3 步进电动机·····	251
9.3.1 基本结构·····	252
9.3.2 工作原理·····	252
9.3.3 运行特性·····	254
9.4 微型同步电动机·····	254
9.4.1 永磁式同步电动机·····	254
9.4.2 反应式同步电动机·····	254
9.4.3 磁滞式同步电动机·····	255
9.5 自整角机·····	256
9.5.1 控制式自整角机·····	256
9.5.2 力矩式自整角机·····	260
9.5.3 自整角机的使用·····	261
9.6 旋转变压器·····	261
9.6.1 基本结构·····	262
9.6.2 正余弦旋转变压器的工作原理·····	262
9.6.3 线性旋转变压器·····	264
小结·····	265
习题·····	267
第10章 电力拖动系统中电动机的选择 ·····	268
10.1 概述·····	268
10.1.1 电动机额定功率选择的一般原则·····	268
10.1.2 电动机额定功率选择的一般步骤·····	268
10.2 电动机的发热与冷却·····	269
10.2.1 电动机的发热过程·····	269
10.2.2 电动机的冷却过程·····	270
10.3 电动机的绝缘材料及允许温升·····	271
10.3.1 电动机的绝缘材料·····	271
10.3.2 电动机的允许温升·····	272
10.4 电动机的工作制·····	272
10.4.1 连续工作制·····	272
10.4.2 短时工作制·····	272
10.4.3 断续周期工作制·····	273
10.5 电动机容量的选择·····	274
10.5.1 连续工作制电动机额定功率的选择·····	274
10.5.2 短时工作制电动机额定功率的选择·····	278

10.5.3 断续周期工作制电动机额定功率的选择..... 279

10.6 电动机种类、额定电压、额定转速和结构型式的选择..... 280

10.6.1 电动机种类的选择 280

10.6.2 电动机额定电压的选择 281

10.6.3 电动机额定转速的选择 281

10.6.4 电动机结构型式的选择 282

小结..... 282

习题..... 283

参考文献 284

绪 论

1. 电机及电力拖动的地位、作用和分类

电能是当今世界上应用最广泛的二次能源。电机是实现电能生产、传输、分配和使用的电磁机械装置。电机按其功能不同可分为发电机、电动机和变压器。发电机的作用是把机械能转变成电能,即发电;电动机的作用是把电能转变成机械能,拖动各种生产机械工作,实现生产过程的机械化、自动化;变压器的作用是升高或降低电压,满足电能传输和分配的需要,升高电压可以减小输电线路的损耗,实现大容量、远距离经济输电,降低电压则是为了安全用电。

在现代工、农业生产和交通运输中,需要使用各种各样的生产机械。拖动生产机械运转的方法主要有三种,即气动、液压拖动和电力拖动。由于电力拖动控制简单、方便、经济,能实现远距离控制和自动调节,因此在大多数生产机械中都采用电力拖动。

利用电动机把从电网吸取的电功率转换为轴上输出的机械功率,带动生产机械工作的过程,就称为电力拖动或电气传动。采用电气传动,能合理利用能源,促进生产过程的机械化和自动化;采用电气传动,能改善劳动条件,提高生产效率,提高产品质量、降低生产成本;此外,电气传动还有助于改善人们的生活质量。

完成电气传动功能的一整套设备总称电力拖动装置,电力拖动装置大体由电动机、生产机械和控制系统三部分组成。电动机包括异步电动机、直流电动机和同步电动机;生产机械包括传动机构和工作机构;控制系统有电气控制设备和控制电机。

另外,电机按其用途及结构特点,还可分成以下几类:

- (1) 变压器(静止的电机)。
- (2) 交流电机:包括同步电机、异步电机。
- (3) 直流电机:包括直流发电机、直流电动机。
- (4) 控制电机:包括测速发电机、伺服电动机、自整角机、步进电机等。

2. 电机的发展概况

电机的发展从1831年英国物理学家法拉第提出电磁感应定律算起,经历了180年的时间。电机的发展可分为两个阶段。从1831年至20世纪初为电机的初期发展阶段。在这一阶段,首先是1831年法拉第发现电磁感应现象,为电机的产生奠定了基础,1834年亚哥比根据通电导体在磁场中受力的理论设计出了第一台实用的直流电动机。1888年至20世纪初,俄国科学家多利沃·多勃罗沃尔斯基提出了三相制,设计和制造了第一台三相变压器和三相异步电动机,建立了第一个三相交流输电系统。此后电机技术不断发展和完善,进入了近代发展阶段。在这个阶段,电机的理论趋于完善,电机的制造水平和应用技术水平不断提高。

随着工业自动化水平的提高,现阶段电机的发展对于电动机而言,主要是开发新品种,扩大电动机的应用范围,完善电机的自动控制技术,提高运行效率;而对于发电机和变

压器而言,其发展趋势则是采用新材料、新技术、新工艺,提高单机容量和电压等级,降低发电成本。

3. 课程的特点及学习方法

《电机与拖动》是一门理论性和实践性都很强的专业基础课,它既有基础课理论性强的特点,又有很强的实用性和针对性,它面对的是一个具体的电气设备——电机。电机是一个电、磁、机械的综合体,与本课程联系紧密的理论课是数学和电工基础,学习本课程应具备电路、磁路和机械制图的基本知识以及相应的数学理论基础。在学习讨论各电机时应首先了解电机的基本结构,根据基本电磁理论,结合电机结构掌握电机的工作原理,通过研究电机内部各电磁量的相互关系,找出电机运行规律。

根据《电机与拖动》这门课程的性质和特点,在学习时应注意以下几点:

(1) 抓住主要矛盾,忽略次要矛盾,使问题简化。不计铁芯饱和时,用叠加原理,对非正弦波,用谐波分析法,对稳态运行使用等值电路和相量图。

(2) 要抓住重点,即牢固掌握基本概念、基本理论、各物理量之间的相互关系及变化规律。对电机分析中的名词、术语、各种物理量的定义要熟记。

(3) 要理论联系实际。一方面在学习电机的结构和绕组时,最好能到电机厂或实验室结合实物现场学习,了解各种电机结构部件的名称、作用及使用材料,比较各种电机结构的异同,对各种电机建立初步的感性认识;另一方面,要重视实验和实习,因为它是理论联系实际的重要环节,不仅能巩固和验证所学的理论知识,而且能培养同学们分析问题和解决实际问题的能力,在本课程的学习过程中一定要注意学会用学过的理论来分析电机运行中遇到的实际问题,加强动手能力的培养。

(4) 要注意培养综合分析问题的能力,注意对各种电机的结构、原理、性能进行比较,辨别异同,进行综合分析,以加深理解,帮助记忆。

(5) 尽可能做到课前预习,课后及时复习完成作业。

第1章 变压器

教学要求

掌握变压器工作原理、分类、结构、参数计算、运行特性及变压器分析计算方法,三相变压器磁路、连接组别以及并联运行分析。了解自耦变压器、仪用互感器、弧焊变压器工作原理及结构特点。

变压器是一种静止的电器。它通过线圈间的电磁感应作用,可以把一种电压等级的交流电能转换成同频率的另一种电压等级的交流电能。以满足高压输电、低压供电和其他用途的需要。

各种变压器的基本工作原理是相同的,不同变压器只是加上某些约束条件而已。本章主要讲述电力变压器的工作原理、分类、结构和运行分析。

1.1 变压器的基本原理与结构

1.1.1 变压器的基本工作原理

变压器是利用电磁感应原理工作的,图1-1所示为其工作原理示意图。在一个闭合的铁芯上套有两个绕组。这两个绕组具有不同的匝数且互相绝缘,两绕组间只有磁的耦合而没有电的联系。其中,接于电源侧的绕组称为原绕组或一次绕组,一次绕组各量用下标“1”表示;用于接负载的绕组称为副绕组或二次绕组,二次绕组各量用下标“2”表示。

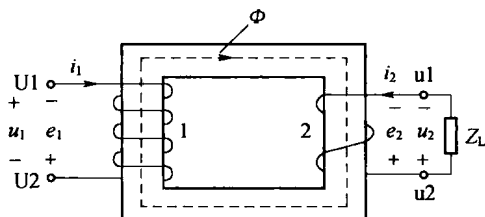


图1-1 变压器工作原理示意图

若将绕组1接到交流电源上,绕组中便有交流电流 i_1 流过,在铁芯中产生交变磁通 Φ ,与原、副绕组同时交链,分别在两个绕组中感应出同频率的电动势 e_1 和 e_2 。

$$\begin{aligned} e_1 &= -N_1 \frac{d\Phi}{dt} \\ e_2 &= -N_2 \frac{d\Phi}{dt} \end{aligned} \quad (1-1)$$

式中 N_1 ——原绕组匝数;
 N_2 ——副绕组匝数。

若把负载接于绕组 2, 在电动势 e_2 的作用下, 电流 i_2 将流过负载, 就能向负载输出电能, 即实现了电能的传递。

由式(1-1)可知, 原、副绕组感应电动势的大小正比于各自绕组的匝数, 而绕组的感应电动势又近似等于各自的电压, 因此, 只要改变一次或二次绕组的匝数, 就能达到改变电压的目的, 这就是变压器的变压原理。

1.1.2 变压器的应用与分类

1. 应用

在电力系统中, 变压器是输配电能的主要电气设备。其应用如图 1-2 所示。

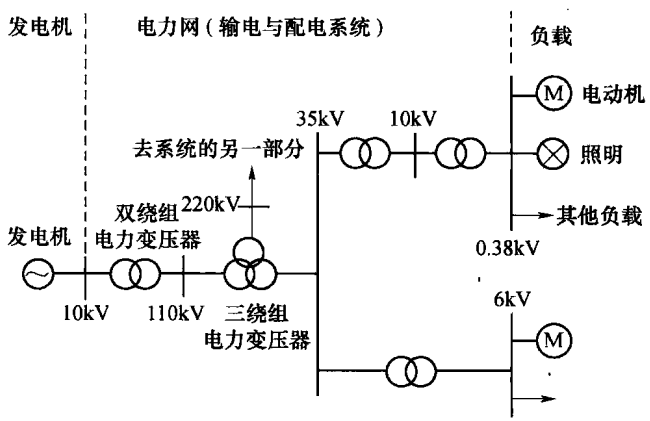


图 1-2 变压器在电力系统中的应用

发电机输出的电压, 由于受发电机绝缘水平的限制, 通常为 6.3kV、10.5kV, 最高不超过 27kV。用这样低的电压进行远距离输电是有困难的。因为当输送一定功率的电能时, 电压越低, 则电流越大, 电能有可能大部分消耗在输电线的电阻上。为此需要采用高压输电, 即用升压变压器把电压升高到输电电压, 例如 110kV、220kV 或 500kV 等, 以降低输电电流, 因而线路上的电压降和功率损耗明显减小, 线路用铜量也可减少, 以节省投资费用。一般来说, 输电距离越远, 输送功率越大, 则要求的输电电压越高。输电线路将几万伏或几十万伏高电压的电能输送到负荷区后, 由于受用电设备绝缘及安全的限制, 通常大型动力设备采用 6kV 或 10kV, 小型动力设备和照明则为 380V/220V。所以在供用电系统中需要大量的降压变压器, 将输电线路输送的高电压变换成各种不同等级的低电压, 以满足各类负荷的需要。因此变压器在电力系统中得到了广泛应用, 变压器的安装容量可达发电机总装机容量的 6 倍~8 倍, 因此变压器对电力系统有着极其重要的意义。

用于电力系统升、降电压的变压器叫做电力变压器。另外, 变压器的用途还很多, 如测量系统中用的仪用互感器, 用于实验室调压的自耦调压器。在电力拖动系统或自动控制系统中, 变压器作为能量传递或信号传递的元件, 也应用得十分广泛。

2. 分类

为适应不同的使用目的和工作条件, 变压器种类很多, 因此变压器的分类方法有多

种,通常可按用途、绕组数目、相数、铁芯结构、调压方式和冷却方式等划分类别。

(1) 按用途分:有电力变压器和特种变压器。电力变压器又分为升压变压器、降压变压器、配电变压器、联络变压器等;特种变压器又分为试验用变压器、仪用变压器、电炉变压器、电焊变压器和整流变压器等。

(2) 按绕组数目分:有单绕组(自耦)变压器、双绕组变压器、三绕组变压器和多绕组变压器。

(3) 按相数分:有单相变压器、三相变压器和多相变压器。

(4) 按铁芯结构分:有心式变压器和壳式变压器。

(5) 按调压方式分:有无励磁调压变压器和有载调压变压器。

(6) 按冷却介质和冷却方式分:有干式变压器、油浸变压器(包括油浸自冷式、油浸风冷式、油浸强迫油循环式和强迫油循环导向冷却式)和充气式冷却变压器。

1.1.3 变压器的基本结构

变压器的基本结构部件有铁芯、绕组、油箱、冷却装置、绝缘套管和保护装置等,如图 1-3 所示。

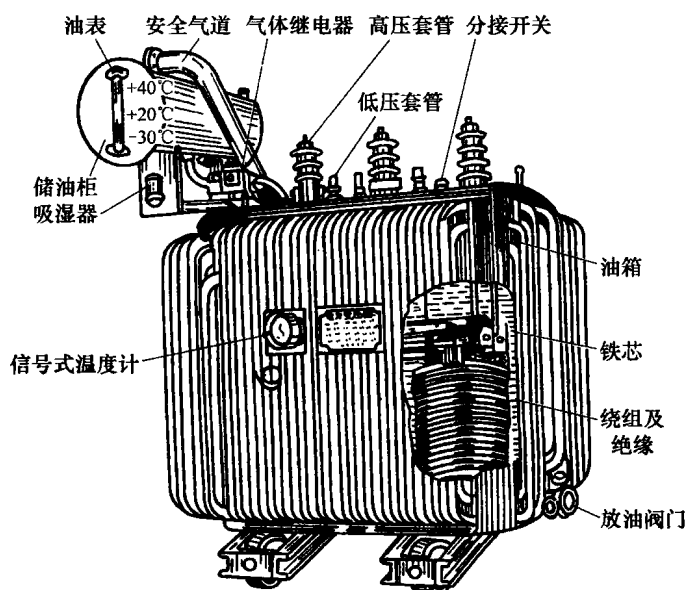


图 1-3 油浸电力变压器结构示意图

1. 铁芯

铁芯是变压器的磁路,又是它的支撑骨架。铁芯由铁芯柱和铁轭两部分组成,铁芯柱上套装绕组,铁轭的作用则是使整个磁路闭合。为了提高磁路的导磁性能和减少铁芯中的磁滞和涡流损耗,铁芯用 0.35mm 或 0.5mm 厚、表面涂有绝缘漆的硅钢片叠成。

叠片式铁芯的结构型式有心式和壳式两种。心式铁芯结构的变压器,其铁芯被绕组包围着,如图 1-4 所示。心式变压器结构简单,绕组的装配及绝缘设置也较容易,国产电力变压器铁芯主要采用心式结构。壳式铁芯结构的变压器,它的特点是铁芯包围线圈。