



高等院校电气工程及其自动化专业系列精品教材

# 电机学

第六版

李发海 朱东起 编著



新形态教材  
双色印刷



科学出版社

高等院校电气工程及其自动化专业系列精品教材

# 电 机 学

(第六版)

李发海 朱东起 编著

科学出版社

北京

---

## 内 容 简 介

本书是在《电机学(第五版)》的基础上,根据新的教学大纲,适应科技发展的需要,集作者多年在清华大学的教学经验编著而成的。

全书共六篇:变压器;直流电机;交流电机的绕组电动势和磁动势;同步电机;异步电机和特种电机。

本书以电机的三相、对称、稳态运行为主进行分析,重点阐述各类电机的基本概念、基本理论和基本分析方法,对电机的非正常运行只作物理概念介绍,不作详细定量分析。每章后附思考题和习题。

本书可作为普通高等学校和成人高等学校电气工程及其自动化,以及其他强电类专业本科生的教材,也可供有关工程技术人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

电机学/李发海,朱东起编著.—6版.—北京:科学出版社,2019.3

高等院校电气工程及其自动化专业系列精品教材

ISBN 978-7-03-060138-4

I. ①电… II. ①李… ②朱… III. ①电机学-高等学校-教材  
IV. ①TM3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 288495 号

责任编辑:余 江 张丽花 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:霍 兵 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市密东印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

1982 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2019 年 3 月第 六 版 印张:18 3/4

2019 年 3 月第 32 次印刷 字数:456 000

定价:69.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 第六版前言

“电机学”是一门强电类专业的基础理论课程，在本科生教学中起着承上启下的重要作用。本书作者在清华大学电机工程与应用电子技术系多年从事“电机学”的教学和电机的科学研究工作，具有丰富的教学经验。本书的基本内容是阐述各类电机在稳态运行时的运行原理、分析方法和运行特性，这部分内容应该为本科生熟练掌握，从而为学习专业课程及今后从事强电类工作打下良好基础。本书中的电机非正常运行内容，则作为非基本内容，只需学生了解即可。书中有关特种电机、异步电机的矢量控制、直接转矩控制、移相变压器等内容，还可作为相关专业高年级学生毕业设计及研究生科研工作的学习参考。本书的特点是对电机运行原理的分析由浅入深、循序渐进，物理概念清晰，突出对电机学的分析工具、分析方法的介绍和应用，加深学生对电机内部电磁关系的理解，并培养学生具备一定的分析和解决电机实际问题的能力。

本书第六版借助信息技术先进手段，把电机的非基本内容及新技术发展产生的电机新内容等编排为电子教材形式，当读者需要学习时，可扫描书中二维码阅读。

本书由李发海、朱东起教授编著并审定，在第六版修订中汲取了一些高校老师的反馈意见，在此深表谢意。同时要感谢责任编辑为本书出版付出的辛勤劳动。本书配套有《电机学习题精解（第三版）》。

本书蒙读者厚爱，前五版已印刷了31次，累计印数近13万册。由于作者水平有限，本书难免存在不足和疏漏，欢迎读者批评指正。

作者

2018年10月



第五版前言



第四版前言



第一版前言

# 目 录

绪论	1
0-1 电机在国民经济中的作用	1
0-2 电机的分类	2
0-3 电机学课程性质及学习方法	2
0-4 电机学中常用的电工定律	3

## 第一篇 变 压 器

第一章 变压器的用途、分类与结构	6
1-1 变压器的用途与分类	6
1-2 电力变压器的主要结构部件	7
1-3 变压器的发热与温升	9
1-4 变压器的额定数据	9
思考题	10
习题	10
第二章 变压器的运行分析	11
2-1 变压器各电磁量正方向	11
2-2 变压器空载运行	12
2-3 变压器负载运行	19
2-4 标么值	28
2-5 变压器参数的测定	30
2-6 变压器的运行性能	34
思考题	37
习题	38
第三章 三相变压器	43
3-1 概述	43
3-2 三相变压器的磁路系统	43
3-3 变压器的联结组标号	44
3-4 三相变压器空载运行电动势波形	51
3-5 变压器的并联运行	54
3-6 三相移相变压器	57
思考题	58
习题	59
第四章 其他类型的变压器	61
4-1 概述	61
4-2 三绕组变压器	61

4-3 自耦变压器 .....	64
4-4 量测用的互感器 .....	69
思考题 .....	69
习题 .....	70
第五章 变压器过渡过程中的过电流现象 .....	72
5-1 概述 .....	72
5-2 过电流现象 .....	72
思考题 .....	72
习题 .....	72

## 第二篇 直流电机

第六章 直流电机的用途、基本工作原理与结构 .....	73
6-1 直流电机及其用途 .....	73
6-2 直流电机的基本工作原理 .....	73
6-3 直流电机的主要结构 .....	77
思考题 .....	82
习题 .....	82
第七章 直流电机的磁路和电枢绕组 .....	83
7-1 概述 .....	83
7-2 直流电机的磁路和磁化特性 .....	83
7-3 电枢绕组的一般知识 .....	84
7-4 单叠绕组 .....	86
7-5 单波绕组 .....	88
7-6 其他型式电枢绕组简介 .....	88
7-7 直流电机电枢绕组的感应电动势 .....	89
7-8 直流电机电枢绕组的电磁转矩 .....	91
思考题 .....	92
习题 .....	93
第八章 直流发电机 .....	94
8-1 概述 .....	94
8-2 直流发电机的运行原理 .....	95
8-3 直流发电机的电枢反应 .....	97
8-4 直流发电机的运行特性 .....	100
思考题 .....	105
习题 .....	105
第九章 直流电动机 .....	107
9-1 概述 .....	107
9-2 直流电动机的运行原理 .....	107
9-3 直流电动机的工作特性和机械特性 .....	109
9-4 直流电动机的启动 .....	113

9-5 直流电动机的调速 .....	113
9-6 直流电动机的电磁制动 .....	113
思考题 .....	113
习题 .....	114

### 第三篇 交流电机的绕组电动势和磁动势

第十章 交流电机的绕组和电动势 .....	117
10-1 交流电机的工作原理, 对绕组的基本要求 .....	117
10-2 三相单层集中整距绕组 .....	121
10-3 绕组的分布和短距 .....	129
10-4 三相双层分布短距绕组 .....	133
10-5 齿谐波电动势、分数槽绕组简介 .....	135
思考题 .....	135
习题 .....	136
第十一章 交流电枢绕组的磁动势 .....	140
11-1 单层集中整距绕组的一相磁动势 .....	140
11-2 单层集中整距绕组的三相磁动势 .....	146
11-3 三相双层分布短距绕组的磁动势 .....	151
11-4 椭圆形磁动势 .....	154
思考题 .....	154
习题 .....	155

### 第四篇 同步电机

第十二章 同步电机的用途、基本类型与结构 .....	158
12-1 同步电机的用途 .....	158
12-2 同步电机的基本类型与结构 .....	159
思考题 .....	162
习题 .....	162
第十三章 同步电机的基本电磁关系 .....	163
13-1 同步发电机的空载运行 .....	163
13-2 对称负载时的电枢反应 .....	168
13-3 隐极同步发电机的电动势相量图 .....	171
13-4 凸极同步发电机的双反应理论及电动势相量图 .....	176
思考题 .....	180
习题 .....	180
第十四章 同步发电机的运行特性 .....	184
14-1 同步发电机的空载特性、短路特性和同步电抗的测定 .....	184
14-2 同步发电机零功率因数负载特性及普梯尔电抗的测定 .....	187
14-3 同步发电机的外特性和调整特性 .....	189
14-4 转差法和取出转子法求参数 .....	190

思考题	190
习题	190
第十五章 同步发电机的并联运行	193
15-1 概述	193
15-2 并联合闸的条件与方法	194
15-3 同步发电机并联运行的理论基础	198
15-4 有功功率的调节和静态稳定	201
15-5 并联运行时无功功率的调节——V形曲线	207
思考题	209
习题	210
第十六章 同步电动机	213
16-1 概述	213
16-2 同步电动机的运行原理	213
16-3 同步电动机的启动	219
16-4 同步补偿机	219
思考题	219
习题	219
第十七章 同步电机的非正常运行	222
17-1 概述	222
17-2 不对称运行的相序方程和等效电路	222
17-3 几种不对称稳态短路的分析	222
17-4 负序和零序参数的测定	222
17-5 不对称运行对同步电机的影响	222
17-6 超导体闭合回路磁链守恒定则	223
17-7 同步发电机空载时三相突然短路的分析	223
17-8 突然短路与同步电机及电力系统的关系	223
思考题	223
习题	224

## 第五篇 异步电机

第十八章 三相异步电动机的结构和基本工作原理	225
18-1 异步电动机的用途与分类	225
18-2 三相异步电动机的结构	225
18-3 三相异步电动机的额定值	227
18-4 三相异步电动机的简单工作原理	227
思考题	229
习题	229
第十九章 三相异步电动机的运行原理	230
19-1 三相异步电动机转子不转、转子绕组开路时的电磁关系	230
19-2 三相异步电动机转子堵转时的电磁关系	235
19-3 三相异步电动机转子旋转时的电磁关系	241



思考题	247
习题	248
第二十章 三相异步电动机的功率、转矩与运行性能	251
20-1 三相异步电动机的功率与转矩关系	251
20-2 三相异步电动机的机械特性	253
20-3 三相异步电动机的工作特性	259
20-4 三相异步电动机参数的测定	261
思考题	263
习题	264
第二十一章 三相异步电动机的启动	266
21-1 三相异步电动机直接启动	266
21-2 三相鼠笼型异步电动机降压启动	267
21-3 高启动转矩的三相鼠笼型异步电动机	270
21-4 三相绕线型异步电动机的启动	270
思考题	272
习题	272
第二十二章 三相异步电动机的调速	274
22-1 概述	274
22-2 三相鼠笼型异步电动机改变定子电压调速	274
22-3 转子回路串接电阻调速	275
22-4 变极调速	276
22-5 变频调速	277
22-6 交流电机矢量控制基本概念	279
22-7 鼠笼型异步电动机的转矩直接控制	279
思考题	279
习题	279
第二十三章 三相异步电机的其他运行方式	281
23-1 三相异步发电机	281
23-2 感应调压器	281
思考题	281
习题	281

## 第六篇 特种电机

第二十四章 自控式同步电动机	282
24-1 概述	282
24-2 交直交自控式同步电动机的工作原理	282
24-3 转子位置检测器	282
24-4 交直交自控式同步电动机的运行性能	282
24-5 交交变频同步电动机的工作原理	283
思考题	283

第二十五章 永磁电机	284
25-1 概述	284
25-2 永磁磁路的磁化特性	284
25-3 永磁磁路中电枢反应的影响	284
25-4 永磁材料和永磁电机结构简介	284
25-5 永磁无刷直流电动机	284
思考题	285
第二十六章 绕线型双馈异步电动机	286
26-1 双馈电动机的特点	286
26-2 双馈电机转子电流及功率	286
26-3 双馈电机在各种运行状态的功率流动关系	286
26-4 双馈异步电动机调速系统的组成	286
思考题	286
第二十七章 开关磁阻电机调速系统	287
27-1 开关磁阻电机的基本运行原理	287
27-2 开关磁阻电机的电磁转矩	287
27-3 开关磁阻电机调速系统	287
思考题	287
参考文献	288

## 绪 论

### 0-1 电机在国民经济中的作用

现代社会中,电能是使用最广泛的一种能源。在电能的生产、输送和使用等方面,电机起着重要的作用。

电机主要包括发电机、变压器和电动机等类型。发电机可把机械能转换为电能,主要用于生产电能的发电厂。在火电厂、水电厂和核电厂中,水轮机、汽轮机带动发电机,把燃料烧的热能、水流的机械能或原子核裂变的原子能都转变为电能。发电机发出的电压一般为10.5~20kV,为了减少远距离输电中的能量损失,应采用高压输电,输电电压为110kV、220kV、330kV、500kV或更高。把发电机发出的电压升高到输电电压是由变压器完成的。高压输电线将电能输送到各个用电区,由于各种用电设备如电动机、电炉、电灯等需要不同的低电压,例如6kV、1kV、380V、220V,因此再由变压器把高电压降为所需的低电压。

各种用电设备统称为负载。在电能的生产、输送、分配、消费中,发电机、变压器、电力线路、负载等连在一起构成统一的整体,这就是电力系统。电力系统中接有很多发电厂的发电机,每个发电机都向系统提供电能;电力系统中接有大量的、各式各样的负载,每个负载都从系统中取用电能。电力系统是一个十分庞大又十分复杂的系统,发电机与变压器则是电力系统中最重要的设备。

电动机将电能转换为机械能,用来驱动各种用途的生产机械。机械制造工业、冶金工业、煤炭工业、石油工业、轻纺工业、化学工业及其他各工矿企业中,广泛地应用各种电动机。例如用电动机拖动各种机床、轧钢机、电铲、卷扬机、纺织机、造纸机、搅拌机、压缩机、鼓风机等生产机械。

在交通运输中,铁道机车和城市电车是由牵引电机拖动的;在航运和航空中,使用船舶电机和航空电机。

在农业生产方面,电力排灌设备、打谷机、碾米机、榨油机、饲料粉碎机等都由电动机拖动。

在国防、文教、医疗及日常生活中,也广泛应用各种小功率电机和微型电机。随着国民经济的发展,工业生产自动化水平不断提高,各种高科技领域如计算机、通信、人造卫星等行业也广泛地应用各种控制电机。

20世纪七八十年代以来,大功率电力电子器件以及微电子技术、微型计算机技术的一系列进展促进了交流调速技术的发展,已经生产出多种电机交流调速系统,不仅提高了生产机械的性能,而且节省了大量电能。

随着现代社会的发展,电力和电机工业在国民经济中仍将起着重要作用,并将得到更大的发展。

## 0-2 电机的分类

电机在各个领域内都得到广泛的应用,种类繁多,性能各异,分类方法也很多.主要有两种常用的分类方法.

从能量传递、转换的功能及用途来分,电机有下列几类:

- (1) 变压器. 主要是改变交流电的电压,也有改变相数、阻抗及相位的.
- (2) 发电机. 把机械能转换为电能.
- (3) 电动机. 把电能转换为机械能.
- (4) 控制电机. 作为自动控制系统的控制元件.

这一种分类方法中,电动机与发电机的功能不同,用途也不一样,但从运行原理上看,电动机运行和发电机运行不过是电机的两种运行状态,它们之间可逆,而且电机还可以运行于其他的状态.

另一种分类方法是按照电机的结构特点及电源性质分类,电机主要有以下几类:

- (1) 变压器. 属于静止的不旋转设备.
- (2) 旋转电机. 包括直流电机和交流电机,交流电机中因结构不同又分为同步电机和异步电机.

直流电机——电源为直流电的电机.

交流同步电机——交流电机的一种,运行中转速恒为同步转速.电力系统中的发电机都是同步电机.

交流异步电机——也是一种交流电机,运行中转速不为同步转速.异步电机主要用于电动机.

还有其他分类方法,但不论哪种方法都不是绝对的.

本教材按照变压器、直流电机、同步电机、异步电机的顺序分别进行阐述.从具体电机入手,分析其主要原理,使初学者易于掌握.

## 0-3 电机学课程性质及学习方法

电机学是电气工程及其自动化等专业的主要技术基础理论课,电机学将系统地阐述变压器、直流电机、同步电机和异步电机的基本电磁关系、分析方法、运行性能、各种运行方式等内容,为进一步学习以上各有关专业的专业课程打下坚实的理论基础.本课程的先修课程有高等数学、物理、电路及磁路等.

电机学与物理、电路及磁路等课程的性质有很多不同之处.

(1) 电机学是基础理论课,又带有专业性.电机学具体分析各种类型电机,比较实际,不像电路及磁路课中分析的电阻、电感、电容电路不代表具体的电器设备.

(2) 电机学通过对具体电机的分析阐述基本电磁规律,具有复杂性和综合性的特点.在电机中,各种电、磁、力、热等方面的物理定律同时在一台电机上起作用,相互制约,必须综合考虑.

根据电机学课程的性质,在学习方法上要掌握以下几点:

- (1) 理论联系实际.首先学好电机的基本理论,掌握电磁规律,加深对物理概念的理

解。对具体电机结构也要有一定了解，否则不可能深入掌握理论。

(2) 重视学习能力的培养。从具体电机入手掌握分析电机理论的工具，学习分析电机理论问题的方法并能灵活应用。重视数学计算，提高定量计算的能力。

(3) 抓主要矛盾，培养工程观点。在分析复杂的实际问题时，常常需要忽略一些次要因素，抓主要矛盾加以解决，这样所得的结果在工程应用上已经足够正确。在某种条件下的次要因素，在另一条件下又可能成为有决定影响的主要因素，要根据研究的问题及条件而变。

(4) 重视试验，培养动手能力。通过电机学实验，打好强电实验的基本功，为专业课程的实验打好基础。

## 0-4 电机学中常用的电工定律

### 1. 电路定律

#### 1) 基尔霍夫电流定律

在电路任意一个节点处，电流的代数和恒等于零。

$$\sum i = 0$$

对于正弦交流电路，则有

$$\sum I = 0$$

本定律也可表达为流出节点的电流等于流入该节点的电流，这就是电流的连续性。

#### 2) 基尔霍夫电压定律

电路中任一回路内各段电压的代数和恒等于零。

$$\sum u = 0$$

对于正弦交流电路，则有

$$\sum \dot{U} = 0$$

亦可表达为任一电回路电压降的代数和等于电动势的代数和。

$$\sum u = \sum e$$

对于正弦交流电路，则有

$$\sum \dot{U} = \sum \dot{E}$$

如图 0-1 电路，可选定一个环绕回路的方向，电压降或电动势如果与环绕方向一致时取正号，相反时取负号。按照上述方程式电压降之和等于电动势之和，对图 0-1 电路可列出如下电路方程：

$$U - IR = E$$

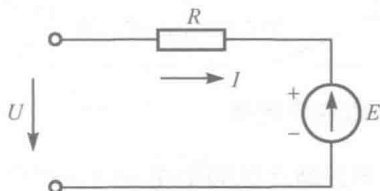


图 0-1 基尔霍夫电压定律

## 2. 磁路定律

### 1) 磁路欧姆定律

磁路中通过的磁通等于磁路的磁动势除以磁路的磁阻, 即

$$\Phi = \frac{F}{R_m}$$

$F$  是作用在磁路上的磁动势, 若磁路上有多个线圈共同产生磁动势, 则磁动势为

$$F = \sum N \cdot i$$

其中, 磁路磁阻  $R_m = \frac{l}{\mu S}$ , 即磁阻与磁路长度  $l$  成正比, 与磁路的磁导率  $\mu$  及磁路截面积  $S$  成反比. 电路的串并联规律同样可以应用. 若磁路由  $n$  段磁路串联构成, 则总的磁路磁阻  $R_m = R_{m1} + R_{m2} + \dots + R_{mn}$ .

### 2) 磁路节点定律

磁路的节点上, 磁通的代数和等于零, 即

$$\sum \Phi = 0$$

这是由磁通的连续性原理得出的. 若  $\Phi$  按正弦变化, 则有

$$\sum \dot{\Phi} = 0$$

### 3) 全电流定律 (安培环路定律)

磁场中沿任意一个闭合环路磁场强度的线积分等于穿过这个环路所有电流的代数和. 即

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \sum I = \sum N \cdot i$$

这一定律运用到电机、变压器中, 如磁路不是同一种材料构成时, 可以将磁回路按材料及截面不同分成  $n$  个磁路段, 全电流定律写成

$$\sum_{k=1}^n H_k \cdot l_k = \sum I = \sum N \cdot i$$

图 0-2 中磁路上绕了两个线圈, 其匝数分别为  $N_1$  和  $N_2$ , 通过电流分别为  $i_1$  和  $i_2$ , 磁路则由五段铁心和一段气隙组成. 按全电流定律, 沿铁心磁路 (如果设定磁路积分方向为顺时针方向) 作磁场强度的闭合积分, 可列出公式

$$H_1 l_1 + 2H_2 l_2 + 2H_3 l_3 + H_4 l_4 = N_1 i_1 - N_2 i_2$$

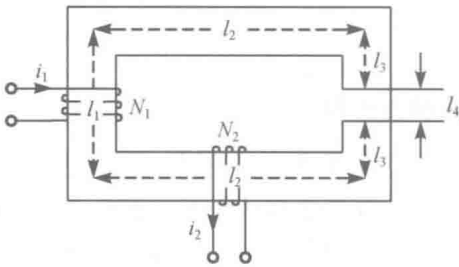


图 0-2 全电流定律

## 3. 电磁感应定律

当磁通在线圈中交替时, 产生变压器电动势, 如图 0-3 所示, 如规定电动势正方向与磁通的正方向符合右手螺旋定则, 用公式

$$e = -\frac{d\psi}{dt} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

当磁通与导体有相对运动而产生切割电动势时,用公式

$$e = Blv$$

切割电动势的方向用右手定则确定,如图 0-4 所示.

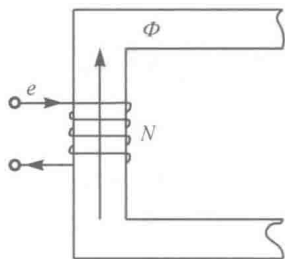


图 0-3 电磁感应定律

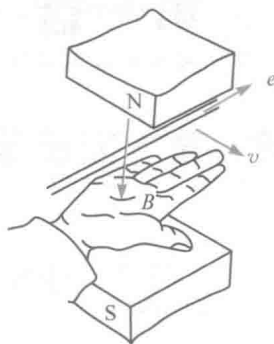


图 0-4 确定切割电动势方向的右手定则

#### 4. 电磁力定律

载流导体在磁场中受力,用公式

$$f = Bli$$

导体受电磁力的方向用左手定则确定,如图 0-5 所示.

#### 5. 能量守恒定律

电机、变压器在能量传递、转换过程中,应符合能量守恒定律:

$$\text{输入能量} = \text{输出能量} + \text{内部损耗}$$

磁路和电路有一定的相似性,为了更好理解,表 0-1 列出了对应的物理量和有关定律.

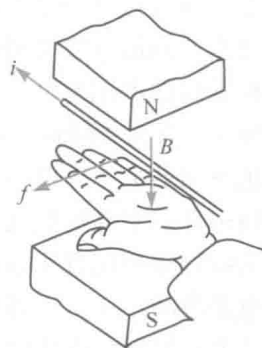


图 0-5 确定载流导体受力方向的左手定则

表 0-1 磁路和电路的比较

电 路	磁 路
电流 $I$ [A]	磁通 $\Phi$ [Wb]
电流密度 $J$ [A/m <sup>2</sup> ]	磁通密度 $B$ [T=Wb/m <sup>2</sup> ]
电动势 $E$ [V]	磁动势 $F$ [A]
电阻 $R = \rho \frac{l}{S}$ [ $\Omega$ ]	磁阻 $R_m = \frac{l}{\mu S}$ [1/H]
电导 $G = \frac{l}{R}$ [S]	磁导 $\Lambda_m = \frac{1}{R_m}$ [H]
基尔霍夫电流定律 $\sum i = 0$	磁路节点定律 $\sum \Phi = 0$
基尔霍夫电压定律 $\sum u = \sum e$	全电流定律 $\sum H \cdot l = \sum N \cdot i$
电路欧姆定律 $I = \frac{E}{R}$	磁路欧姆定律 $\Phi = \frac{F}{R_m}$

# 第一篇 变 压 器

## 第一章 变压器的用途、分类与结构

### 1-1 变压器的用途与分类

#### 1. 变压器的用途

为了把发电厂发出的电能经济地传输、合理地分配并安全地使用，都要用到电力变压器。电力变压器是一个静止的电器，它是由绕在同一个铁心上的两个或两个以上的绕组组成的，绕组之间通过交变的磁通相互联系着。它的功能是把一种等级的电压与电流变成同频率另一种等级的电压与电流。

图 1-1 是简单的输配电系统图。发电机发出的电压不可能太高，一般只有  $10.5\sim 20\text{kV}$ ，要想把发出的大功率电能直接送到很远的用电区去，几乎是不可能的。这是因为，低电压大电流输电，除了在输电线路产生很大的损耗外，线路上产生的压降也足以使电能送不出去。为此，需要用升压变压器把发电机端电压升高到较高的输电电压。当输电的功率一定时，电流就减小了，这样就能比较经济地把电能送出去。一般，输电距离越远，输送的功率越大，要求的输电电压也越高。例如，输电距离为  $200\sim 400\text{km}$ ，输送容量为  $200\sim 300\text{GW}$  的输电线，输电电压一般需要  $220\text{kV}$ ；输电距离在  $1000\text{km}$  以上，则要求有更高的输电电压。

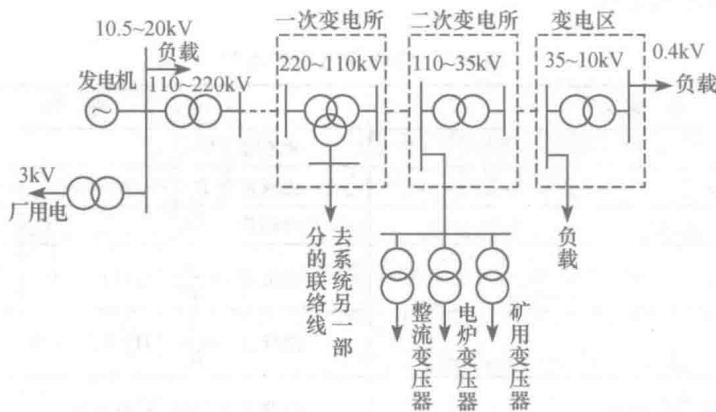


图 1-1 简单的输配电系统图

当电能送到用电地区后，还要用降压变压器把电压降低为配电电压，然后再送到各用电分区，最后再经配电变压器把电压降到用户所需要的电压等级，供用户使用。大型动力设备，采用  $6\text{kV}$  或  $10\text{kV}$ ；小型动力设备和照明用电则为  $380/220\text{V}$ 。



为了把两个不同电压等级的电力系统彼此联系起来,常常用到三绕组变压器,如图 1-1 中的联络变压器。此外,还有各种专门用途的变压器,如整流变压器、电炉变压器等。

由此可见,变压器的用途十分广泛,其品种、规格也很多。通常,变压器的安装容量为发电机安装容量的 6~8 倍。所以变压器的生产和使用具有重要意义。

## 2. 变压器的分类

变压器的种类很多,一般分为电力变压器和特种变压器两大类。电力变压器是电力系统中输配电的主要设备,容量从几十千伏安到几十万千伏安;电压等级从几百伏到 500kV 以上。

电力变压器按用途分类:

①升压变压器;②降压变压器;③配电变压器;④联络变压器。

按变压器的结构分类:

①双绕组变压器;②三绕组变压器;③自耦变压器。

电力系统中用得最多的是双绕组变压器,其次是三绕组变压器和自耦变压器。

## 1-2 电力变压器的主要结构部件

### 1. 油浸式电力变压器

图 1-2 是一台双绕组变压器的示意图。它是把两个线圈套在同一个铁心上构成的,这两个线圈都叫做绕组。一般我们把接到交流电源的绕组称为一次绕组;把接到负载(也叫负荷)的绕组称为二次绕组。变压器一次绕组的电压不等于二次绕组的电压。一次电压大于二次电压时,叫做升压变压器;否则就是降压变压器。电压高的绕组也叫高压绕组;电压低的叫低压绕组。

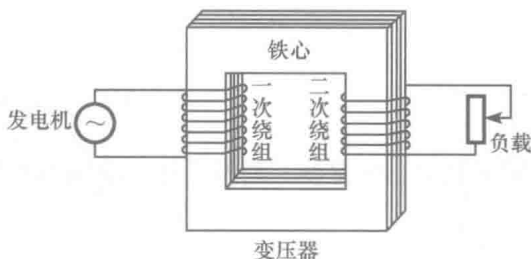


图 1-2 双绕组变压器

变压器的铁心和绕组是变压器的主要部分,统称为变压器器身。如果是油浸式变压器,应把器身放在灌满变压器油的油箱内。目前,油浸式变压器是生产量最大、应用最广的一种变压器。它的外形结构如图 1-3 所示。

油浸式电力变压器的结构可分为:

(1) 器身。

包括铁心、线圈、绝缘结构、引线和分接开关等。

(2) 油箱。

包括油箱本体(箱盖、箱壁和箱底)和一些附件(放油阀门、小车、接地螺栓、铭牌等)。