

高职高专机电类专业统编教材
全国水利水电高职教研会组编

DIANJI JISHU

电机技术

杨星跃 朱 毅 主编



黄河水利出版社

高职高专机电类专业统编教材
全国水利水电高职教研会组编

电机技术

主 编 杨星跃 朱 毅
副主编 万 军 王志勇
主 审 龚在礼

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是高职高专机电类专业统编教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的《电机技术》课程教学大纲编写完成的。

全书分为四篇共二十章,按变压器、同步电机、异步电机、其他电机的顺序,对各类电机的工作原理、基本结构、电磁关系、运行特性、常见故障处理及维护管理作了介绍。书中各章都有小结,并附有习题,以便学习过程中对所学知识的理解和巩固。本书宗旨在于突出高职高专教材的特点,在基于物理概念和基本电磁关系的基础上,注重相关知识的应用。

本教材可供电力工程类专业高职高专学生使用,也可作为其他电气类专业高职高专学生、从事电气行业的工程技术人员及电气运行工人的参考用书或培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电机技术 / 杨星跃, 朱毅主编. — 郑州: 黄河水利出版社, 2009.1
高职高专机电类专业统编教材
ISBN 978-7-80734-552-7

I. 电… II. ①杨… ②朱… III. 电机学—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 008324 号

策划组稿: 王路平 电话: 0371-66022212 E-mail: hhslwlp@126.com
简 群 66026749 w_jq001@163.com

出 版 社: 黄河水利出版社

地址: 河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码: 450003

发行单位: 黄河水利出版社

发行部电话: 0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail: hhslcbs@126.com

承印单位: 河南省瑞光印务股份有限公司

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 16.5

字数: 380 千字

印数: 1—4 100

版次: 2009 年 1 月第 1 版

印次: 2009 年 1 月第 1 次印刷

定价: 30.00 元

前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神，以及由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划，报水利部批准，由全国水利水电高职教研会组织编写的机电类专业统编教材。

为适应高职高专类学校培养高层次技术型、应用型专门人才的要求，本教材在理论上以“适度、够用”为原则，淡化学科的系统性和完整性，着重物理概念的阐述，并与实际生产和应用紧密结合，偏重于知识的应用，增强了电机运行和常见故障分析及处理的内容，力求做到内容精练、重点突出、通俗实用。

本书分为变压器、同步电机、异步电机和其他电机四篇，其中变压器、同步电机和异步电机为重点内容。本书从基本概念和物理现象出发，对主要型式电机的工作原理、基本结构、电磁关系、运行特性、常见故障处理及维护管理等内容进行了阐述。

本书编写人员及编写分工如下：四川水利职业技术学院杨星跃编写绪论、变压器篇，福建水利电力职业技术学院朱毅编写同步电机篇，浙江水利水电专科学校万军编写异步电机篇，河北工程技术高等专科学校王志勇编写其他电机篇。本书由杨星跃、朱毅担任主编，杨星跃负责统稿；由万军、王志勇担任副主编。本书由四川电力职业技术学院龚在礼担任主审。

由于编者的水平有限，错误和不足之处在所难免，欢迎指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

前 言	
绪 论	(1)
习 题	(6)

第一篇 变压器篇

第一章 变压器的基本知识	(7)
第一节 变压器的基本工作原理	(7)
第二节 变压器的类型及其基本结构	(8)
第三节 变压器的额定值	(13)
小 结	(14)
习 题	(14)
第二章 变压器的工作状态分析	(15)
第一节 变压器空载运行	(15)
第二节 变压器负载运行	(22)
第三节 变压器参数的测定	(28)
第四节 标么值及其应用	(30)
第五节 变压器的运行特性	(33)
小 结	(37)
习 题	(37)
第三章 三相变压器	(39)
第一节 三相变压器的磁路系统	(39)
第二节 三相变压器的连接法和连接组别	(40)
第三节 三相变压器绕组连接方式和磁路系统对电动势波形的影响	(44)
小 结	(46)
习 题	(46)
第四章 变压器的并联运行	(48)
第一节 变压器理想并联运行条件	(48)
第二节 变比不等时的并联运行	(49)
第三节 连接组别不同时的并联运行	(50)
第四节 短路阻抗标么值不等时的并联运行	(50)
小 结	(52)
习 题	(52)
第五章 变压器的瞬变过程及不正常运行	(54)
第一节 变压器空载合闸时的瞬变过程	(54)

第二节 变压器突然短路时的瞬变过程	(56)
第三节 三相变压器的不对称运行	(58)
第四节 变压器常见的故障	(60)
小 结	(65)
习 题	(66)
第六章 其他变压器	(67)
第一节 三绕组变压器	(67)
第二节 自耦变压器	(69)
第三节 仪用互感器	(72)
小 结	(74)
习 题	(74)

第二篇 同步电机篇

第七章 同步发电机的基本工作原理和结构	(75)
第一节 同步发电机的基本工作原理和类型	(75)
第二节 三相同步发电机的基本结构	(78)
第三节 三相同步发电机的励磁方式	(84)
小 结	(86)
习 题	(87)
第八章 交流电机的绕组及其电动势和磁动势	(88)
第一节 交流绕组的结构	(88)
第二节 交流绕组的电动势	(96)
第三节 交流绕组的磁动势	(103)
小 结	(109)
习 题	(110)
第九章 同步发电机的运行原理及运行特性	(111)
第一节 同步发电机的空载运行与空载特性	(111)
第二节 对称负载时的电枢反应及电磁转矩	(113)
第三节 同步发电机的电动势方程式和相量图	(116)
第四节 同步发电机的运行特性	(121)
第五节 同步发电机的损耗和效率	(124)
小 结	(125)
习 题	(125)
第十章 同步发电机的并列运行	(127)
第一节 同步发电机并列运行的方法和条件	(127)
第二节 并列运行时有功功率的调节和静态稳定	(130)
第三节 并列运行时无功功率的调节和 U 形曲线	(136)

第四节 调相运行与调相机	(141)
小 结	(144)
习 题	(145)
第十一章 同步发电机的异常运行	(147)
第一节 同步发电机三相突然短路	(147)
第二节 同步发电机不对称运行	(152)
第三节 同步发电机的失磁运行	(156)
第四节 同步发电机的振荡	(158)
第五节 同步发电机常见故障	(159)
小 结	(161)
习 题	(162)

第三篇 异步电机篇

第十二章 三相异步电动机的工作原理和结构	(163)
第一节 三相异步电动机的工作原理	(164)
第二节 三相异步电动机的基本结构	(166)
第三节 异步电动机的额定值和使用常识	(168)
小 结	(170)
习 题	(170)
第十三章 三相异步电动机的运行原理	(172)
第一节 转子静止时的运行	(172)
第二节 转子转动时的运行	(174)
第三节 三相异步电动机的电磁转矩	(178)
第四节 异步电动机的工作特性	(183)
小 结	(184)
习 题	(185)
第十四章 异步电动机的起动、调速和制动	(186)
第一节 三相异步电动机的起动	(186)
第二节 深槽式和双鼠笼式异步电动机	(191)
第三节 三相异步电动机的调速方法	(193)
第四节 三相异步电动机的制动	(196)
小 结	(198)
习 题	(198)
第十五章 三相异步电动机的异常运行	(200)
第一节 异步电动机在非额定电压下运行	(200)
第二节 三相异步电动机缺相运行	(201)
第三节 在三相电压不对称情况下运行	(202)
第四节 异步电动机常见故障	(203)

小 结	(204)
习 题	(204)
第十六章 单相异步电动机	(205)
第一节 单相异步电动机的工作原理	(205)
第二节 单相异步电动机的起动方法与改变转向的方法	(206)
小 结	(208)
习 题	(208)

第四篇 其他电机篇

第十七章 直流电机的工作原理和基本结构	(209)
第一节 直流电机基本工作原理	(209)
第二节 直流电机的基本结构	(212)
第三节 直流电机的额定值	(216)
小 结	(218)
习 题	(218)
第十八章 直流发电机	(219)
第一节 直流电机的励磁方式	(219)
第二节 直流电机的电枢电动势和电磁转矩	(220)
第三节 并励直流发电机的自励磁建压	(220)
第四节 直流发电机的基本方程式	(222)
第五节 直流发电机的运行特性	(223)
小 结	(225)
习 题	(227)
第十九章 直流电动机	(228)
第一节 直流电动机的基本方程式	(228)
第二节 直流电动机的机械特性	(230)
第三节 直流电动机的起动和改变转向	(233)
第四节 直流电动机的调速	(236)
小 结	(239)
习 题	(240)
第二十章 特种电机	(241)
第一节 伺服电动机	(241)
第二节 步进电动机	(248)
第三节 测速发电机	(250)
小 结	(254)
习 题	(255)
参考文献	(256)

绪 论

一、电机类型及作用

电机是一种利用电磁感应原理进行能量转换的机器。在电力系统中，电机是生产、变换及使用电能的重要设备。在现代社会中，电能是最主要的能源之一，因此电机的应用非常广泛，并在国民经济中起着重要的作用。

电机的种类很多，按其功能不同可分为：①发电机：将机械能转换成电能；②电动机：将电能转换成机械能；③变压器：将一种电压等级的电能变换成另一种电压等级的电能；④控制电机：作为控制系统的元件。

电机按工作原理分类如图 0-1 所示。

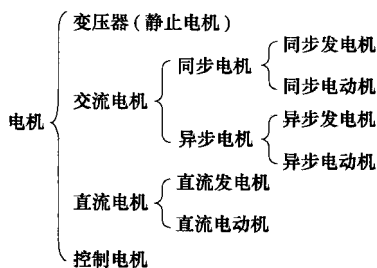


图 0-1 电机按工作原理分类

二、分析电机常用的基本知识

(一)磁场

磁场是由电流产生的。表征磁场的物理量有磁感应强度 B (也称为磁通密度)及磁通量 Φ 等。

磁场形成后按一定的方式分布，磁场的分布与电流及周围介质的情况有关。直导线和螺线管(线圈)中流过电流时在空气介质中磁场的分布如图 0-2 所示。电流与磁场的方向关系满足右手螺旋定则：①对直导线：用右手握住直导线，大拇指指向电流方向，余下四个手指所指的方向为磁场的方向；②对螺线管：用右手握住线圈，四个手指指向电流的方向，大拇指所指的方向为线圈内部磁场的方向。

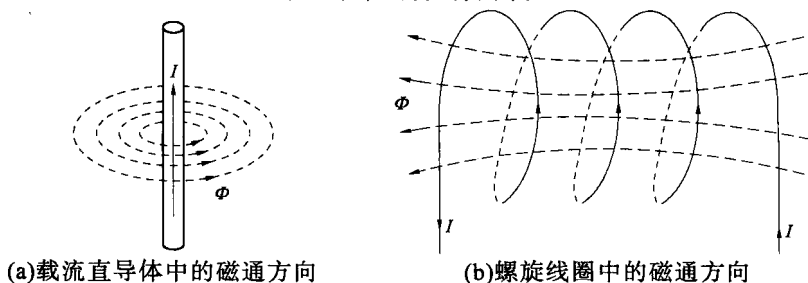


图 0-2 导线中流过电流时磁场的分布

在磁场中，沿任一闭合路径磁场强度矢量的线积分，等于穿过该闭合路径的所有电流的代数和，这就是安培全电流定律(或安培环路定律)。即有如下关系：

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum i$$

在电机中，当一个 N 匝的线圈流过电流 I 时，这一定律可写成：

$$\sum_{k=1}^N H_k l_k = \sum I = NI = F$$

式中 F ——磁动势，安匝， $F=NI$ 。

磁路由 k 段组成。

磁通大小与磁通通过的路径有如下关系：

$$\Phi = \frac{F}{R_m}, \quad R_m = \frac{l}{\mu s}$$

式中 R_m ——磁路的磁阻；

l ——磁路的长度；

μ ——磁路的导磁率；

s ——磁路的截面面积。

直流电流产生恒定磁场，交变电流产生与电流同频率的交变磁场。

(二)铁磁物质

电机是利用电磁感应作用实现能量转换的，所以在电机里有引导磁通的磁路和引导电流的电路。为了在一定的励磁电流下产生较强的磁场，电机中使用了大量的铁磁材料。铁磁材料具有以下特性。

1. 导磁性

铁磁材料包括铁、钴、镍以及它们的合金。所有的非铁磁材料的导磁系数都接近于真空的导磁系数 $\mu_0=4\pi\times 10^{-7}\text{H/m}$ ，而铁磁材料的导磁系数 μ_F 比真空的大几千倍。因此，在同样大小的电流(或磁动势)下，铁芯线圈产生的磁通比空心线圈的磁通大得多。

同时，铁芯也能起到引导磁场的作用，在电机中铁磁材料都制作成一定的形状，以使磁场按设计好的路径通过，并达到分布的要求。

2. 磁饱和现象及剩磁

铁磁材料的磁化曲线见图 0-3。铁磁材料之所以有高导磁性能，是由于铁磁材料内部存在着很多很小的强烈磁化的自发磁化区域，相当于一块块小磁铁，称为磁畴。磁化前，这些磁畴杂乱地排列着，磁场互相抵消，所以对外界不显示磁性。但在外界磁场的作用下，这些磁畴沿着外界磁场的方向作有规则的排列，顺着外磁场方向的磁畴扩大了，逆着外磁场方向的磁畴缩小了，结果磁畴间的磁场不能互相抵消，从而形成一个附加磁场叠加在外磁场

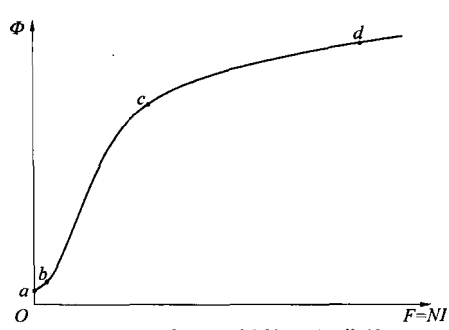


图 0-3 铁磁材料的磁化曲线

上,使总磁场增强。随着外磁场的不断增强,有更多的磁畴顺着外磁场的方向排列,总磁场不断增强,见图 0-3 曲线 bc 段。当外磁场增强到一定的程度后,所有的磁畴都转到与外磁场一致的方向,这时它们所产生的附加磁场达最大值,总磁场的增强程度减缓,这就出现了磁饱和现象,见图 0-3 曲线 cd 段。

由于磁畴靠得非常紧,彼此间存在摩擦,当外界磁场消失后磁畴不能完全恢复到磁化前状态,磁畴与外磁场方向一致的排列被部分保留下来,这时的铁磁材料对外呈磁性,这就是剩磁现象,见图 0-3 中 a 点。

3. 磁滞损耗和涡流损耗

若作用在铁磁材料上的外界磁场为交变磁场,在交变磁场的作用下,磁畴不断翻转,因而磁畴之间不停地互相摩擦,消耗能量,因此引起损耗,这种损耗称为磁滞损耗。

当通过铁芯的磁通发生交变时,根据电磁感应定律,铁磁材料内将感应电动势和产生感应电流。这些电流在铁芯内部围绕磁通呈旋涡状流动,称之为涡流。涡流在铁芯中引起的损耗(i^2r)称为涡流损耗。

可见,不论是磁滞损耗还是涡流损耗,产生的根源都是交变磁场。在电机中,通过交变磁场部分的铁磁材料都是采用厚度为 0.35 mm 至 0.5 mm 的硅钢片叠装而成的,硅钢片两面刷上绝缘漆,叠装后涡流被斩断,涡流所流经的路径变短,从而大大减小涡流,也就减小了涡流损耗。

磁滞损耗与涡流损耗合在一起,总称为铁损,铁损可用下式进行计算:

$$P_{Fe} = P_{1/50} \left(\frac{f}{50} \right)^{\beta} B_m^2 G$$

式中 $P_{1/50}$ ——频率为 50 Hz、最大磁感应强度为 1 T 时, 1 kg 铁芯的铁损, W/kg;

B_m ——磁感应强度的最大值, T;

f ——磁通交变频率, Hz;

G ——铁芯质量, kg。

β ——指数,随硅钢片含硅量的增高而减小,其数值范围为 1.2~1.6。

(三)电磁感应定律

1. 感应电动势

一个匝数为 N 匝的线圈,若与线圈交链的磁通 Φ 随时间发生变化时,在线圈内会产生感应电动势,如图 0-4 所示。

感应电动势的正方向与磁通的正方向符合右手螺旋关系,即右手的大拇指表示磁通的正方向,其余四个手指表示电动势的正方向,则感应电动势可表示为:

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

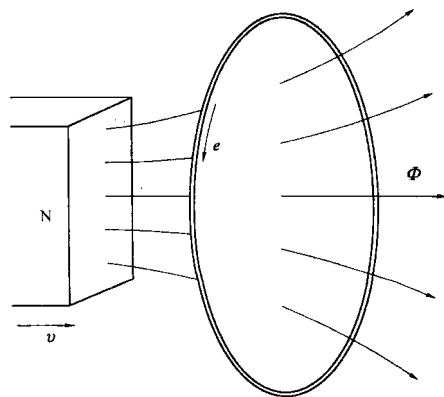


图 0-4 线圈中电动势的产生

1) 自感电动势

当线圈中有电流 I 流过时, 就会产生与线圈自己交链的磁通 Φ 。若电流随时间变化, 则产生的磁通也随时间变化。根据电磁感应定律, 磁通的变化将在线圈内感应电动势, 这种由于电流本身随时间变化而在线圈内感应的电动势称为自感电动势, 可得:

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

由于 $\psi = Li$, 于是自感电动势

$$e_L = -\frac{d\psi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

式中 L ——自感系数, H。

2) 互感电动势

如图 0-5, 紧邻线圈 1 放置了线圈 2, 当线圈 1 内有电流 i_1 流过时, 它产生的磁通也穿过线圈 2。这样, 当 i_1 随时间变化时, 它所产生的磁通也随时间变化, 线圈 2 中也会感应电动势。这种电动势称为互感电动势, 用 e_M 表示, 有:

$$e_M = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\psi_2}{dt} = -M \frac{di_1}{dt}$$

式中 M ——线圈 1 和线圈 2 之间的互感系数, 简称互感, H。

若线圈 1 和线圈 2 靠得非常近, 它们的匝数分别为 N_1 和 N_2 , 且 $N_1 \neq N_2$ 。当线圈 1 施加交流电压 u_1 , 线圈 1 内流过电流 i_1 时, 产生磁通 Φ 同时穿过两个线圈, 两线圈分别产生感应电动势

$$e_L = -N_1 \frac{d\Phi}{dt}, \quad e_M = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

相应线圈 2 有交流电压 u_2 输出, 由于 $N_1 \neq N_2$, 两线圈感应电动势 e_L 、 e_M 的大小不相等, 对应的电压 u_1 、 u_2 也不相等。

变压器就是按此原理实现变压的。

2. 切割电动势

导体与磁场有相对运动时, 导体切割磁力线, 在导体中会产生感应电动势。在均匀磁场中, 若直导体的有效长度为 l 、磁感应强度为 B 、导体相对切割速度为 v , 则其感应电动势为:

$$e = Blv$$

切割电动势的方向可以用右手定则来确定, 如图 0-6 所示, 展开右手, 使拇指与其余四指垂直, 让磁力线穿过手心, 大拇指指向导体切割磁场的方向, 则四指所指的方向即为切割电动势的方向。

发电机就是按此原理工作的。

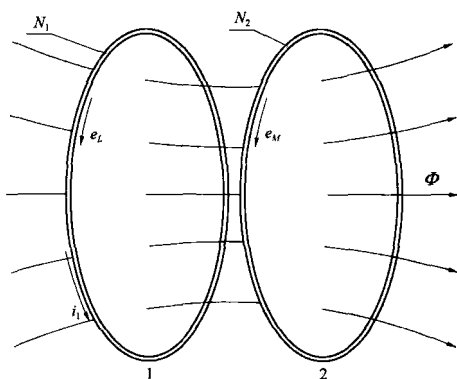


图 0-5 自感及互感电动势的产生

(四)电磁力定律

载流导体在磁场中会受到力的作用。由于这种力是磁场和电流相互作用产生的，所以称为电磁力。若磁场与载流导体互相垂直，导体的有效长度为 l 、磁感应强度为 B 、导体中的电流为 i ，则作用在导体上的电磁力为：

$$f = Bli$$

电磁力的方向可用左手定则来确定，见图 0-7，把左手伸开，大拇指与其余四指垂直，让磁力线穿过掌心，四指指向电流的方向，则大拇指所指方向就是电磁力的方向。

电动机就是按此原理工作的。

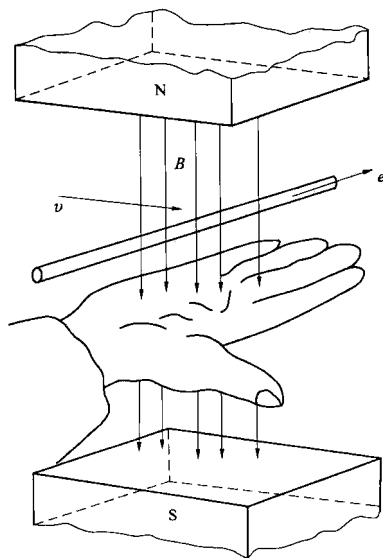


图 0-6 切割电动势的产生

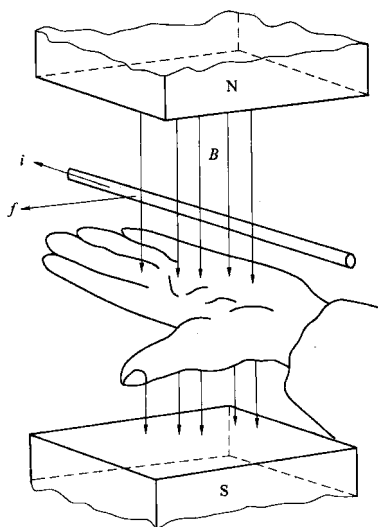


图 0-7 载流导体电磁力的产生

(五)基尔霍夫定律

1. 基尔霍夫电流定律

在电路中，流入、流出任一节点的电流之和等于零。其数学表达式为：

$$\sum I = 0$$

2. 基尔霍夫电压定律

在电路中，任一闭合回路的电位升等于电位降。其数学表达式为：

$$\sum E = \sum U \text{ 或 } \sum U = 0$$

三、本课程的特点及学习时的注意事项

电机技术是一门专业基础课，主要介绍各种电机的工作原理和基本运行规律。通过这门课的学习，为后续的专业课奠定相关的基础。本门课既有基础课的特点，即有较严密和较强的理论性；又具有专业课的特点，即有很强的实用性，它所针对的是实际的设备。

电机是一个电、磁、机械综合体，学习本课程应具备电路、磁路的基本知识及机械结构的基本识图能力。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，结合电机结构明确电机的工作原理，研究电机内部各电磁量的相互关系，从而找出电机运行的规律。分析电机的电磁量间关系时，利用电磁理论推出的基本方程式及对应的等效电路和相量图进行分析，分析过程中根据问题及要求，可进行定性或定量的分析。

在本课程的学习过程中，要注意理论联系实际，学会用学过的理论来分析电机运行中遇到的实际问题，还要重视作业练习、实验及实习，加强动手能力的培养。

习 题

1. 磁场是如何产生的？如何根据电流的情况判断磁场的分布？
2. 什么是铁磁材料？在电机中为什么要大量使用铁磁材料？什么是铁磁材料的磁滞损耗和涡流损耗？引起铁磁材料磁滞损耗和涡流损耗的原因是什么？铁损的大小与哪些因素有关？
3. 铁磁材料的磁饱和及剩磁是怎么回事？
4. 导线中可通过哪些方式产生感应电动势？如何计算电动势的大小？如何判断电动势的方向？
5. 什么是自感电动势？什么是互感电动势？
6. 什么是电磁力定律？如何计算电磁力的大小？如何判断电磁力的方向？

第一篇 变压器篇

变压器是一种静止电器。它是利用电磁感应原理，将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和电流大小的交流电能。

变压器广泛地应用于电力、电信和自动控制系统中。本篇主要讨论变压器在电力系统中的应用。

电力系统中变压器主要用作升、降电压，升压以适应远距离输电的需要，降压以满足用户用电的要求。用于电力系统中升、降电压的变压器叫做电力变压器。

本篇主要研究一般用途的电力变压器，内容包括变压器的工作原理和基本结构、变压器的运行过程及特点、三相变压器的连接组别、变压器的并联运行、变压器的瞬变过程及不正常运行、其他常用特殊变压器(三绕组变压器、自耦变压器和互感器)。

第一章 变压器的基本知识



掌握变压器对交流电压进行变压的物理过程。了解电力变压器主要部件的名称及作用、变压器的分类情况。掌握变压器铭牌数据的意义。

本章是变压器的基础部分，主要讨论变压器的原理、结构及铭牌(参数)数据。

第一节 变压器的基本工作原理

一、变压器的基本工作原理

变压器是利用电磁感应规律工作的。变压器的基本结构是将两个互相绝缘的绕组套在一个共同的环状铁芯上，这两个绕组具有不同的匝数，且互相绝缘，如图 1-1 所示。其中绕组 1 接于需要进行变压的交流电源上，这个绕组叫做一次绕组，或原绕组、一次侧；绕组 2 接负载，这个绕组叫做二次绕组，或副绕组、二次侧。

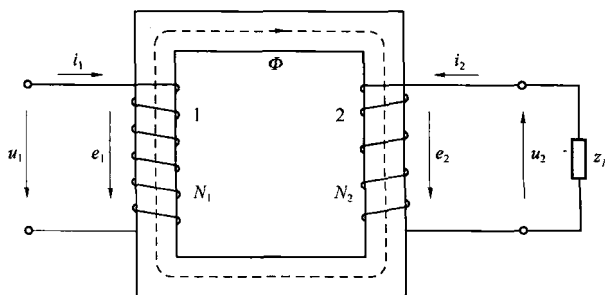


图 1-1 变压器工作原理图

当一次侧接上电压为 u_1 的交流电源时, 一次绕组将流过交流电流 i_1 , 并在铁芯中产生交变磁通 Φ , 这个磁通同时交链着一、二次绕组, 根据电磁感应定律, 交变磁通 Φ 在一、二次绕组中产生的感应电动势分别为

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt}, \quad e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

式中 N_1 、 N_2 ——一、二次绕组的匝数。

可见一、二次侧绕组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端电压, 制造好的变压器 $N_1 \neq N_2$, 相应输入、输出的电压也就不相等, 从而起到了变压的作用。

由上述可知, 一、二次绕组的匝数不等是变压器变压的关键。另外, 变压器只能对交流电压进行变压, 若一次侧施加直流电压, 一次绕组将流过直流电流, 在铁芯中产生恒定磁通, 这个磁通不会在绕组中产生感应电动势, 二次侧不会有电压输出。

在以后的讨论中, 有关一、二次侧的各量, 例如功率、电压、电流、绕组匝数等, 分别在其代表符号的右下角注以下标 1、2, 如 U_1 、 I_1 、 N_1 、 U_2 、 I_2 、 N_2 等。

二、变压器的分类

为了适应不同的使用目的和工作条件, 变压器的类型很多, 可以从不同的角度予以分类。

按其用途的不同, 变压器可分为电力变压器(又可分为升压变压器、降压变压器、配电变压器等)、仪用变压器(电流、电压互感器等)、试验用变压器、整流变压器等。

按绕组数目的不同, 可分为双绕组变压器、三绕组变压器、多绕组变压器(一般用于特种用途)及自耦变压器。

按相数的不同, 可分为单相变压器、三相变压器、多相变压器。

按冷却方式的不同, 可分为干式变压器、油浸自冷变压器、油浸风冷变压器、油浸水冷变压器、强迫油循环风冷变压器、强迫油循环水冷变压器等。

按线圈导线使用的材质的不同, 分为铝线变压器、铜线变压器。

按调压方式的不同, 可分为无励磁调压变压器、有载调压变压器。

第二节 变压器的类型及其基本结构

从变压器的功能来看, 铁芯和绕组是变压的核心部件, 铁芯和绕组称为变压器的器身。为保证器身的正常、安全运行, 还必须有其他部件。下面以油浸式变压器为例对变压器的主要部件的功能、构造及原理进行说明。图 1-2 为油浸式变压器的结构图。

一、铁芯

变压器铁芯是变压器的磁路和安装骨架, 其对变压器的性能有很大的影响。

铁芯的作用是导磁, 以减小励磁电流。为了提高磁路的导磁性能, 减小涡流损耗及磁滞损耗, 铁芯通常用两面涂有绝缘漆的 0.35 mm 或 0.5 mm 厚的硅钢片叠成。

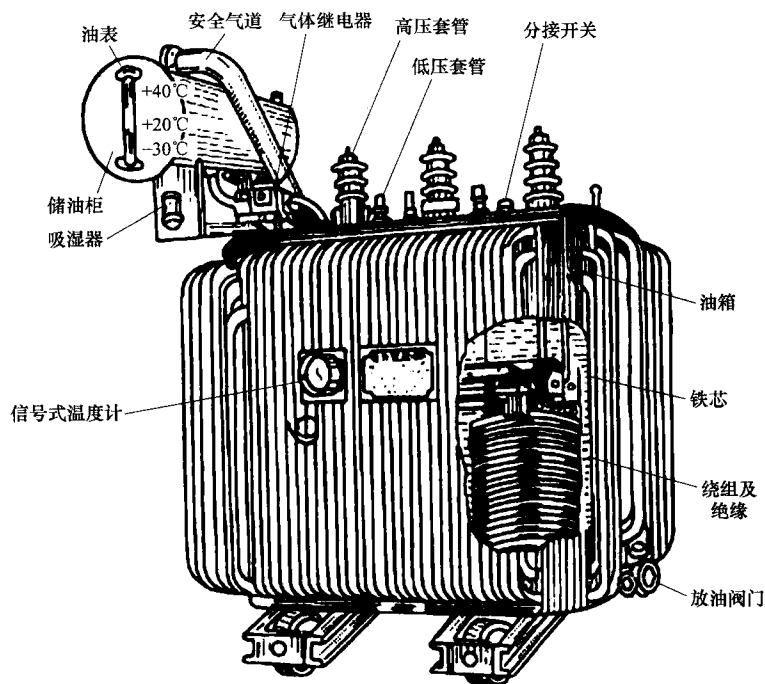


图 1-2 油浸式变压器的结构图

变压器的铁芯是框形闭合结构。其中套线圈的部分称为芯柱，不套线圈只起闭合磁路作用的部分称为铁轭。

在叠装硅钢片时，常采用交错式装配方法。它是由剪成一定尺寸的硅钢片交错叠装而成的，叠装时相邻层的接缝要错开，如图 1-3 所示。

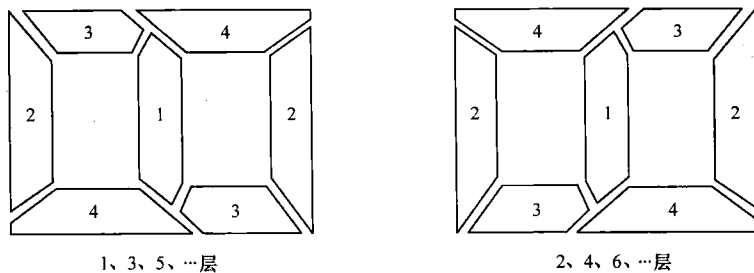


图 1-3 三相叠片式铁芯叠装次序和叠装方法

为了能充分利用圆形绕组内空间中的面积，节约绕组金属用量，铁芯柱的截面多制成内接多级阶梯形，如图 1-4 所示。大型变压器的铁芯还设有油道，以利于变压器油循环，加强散热效果。磁轭截面有矩形、T 形和阶梯形几种，如图 1-5 所示。