

实用电工技术

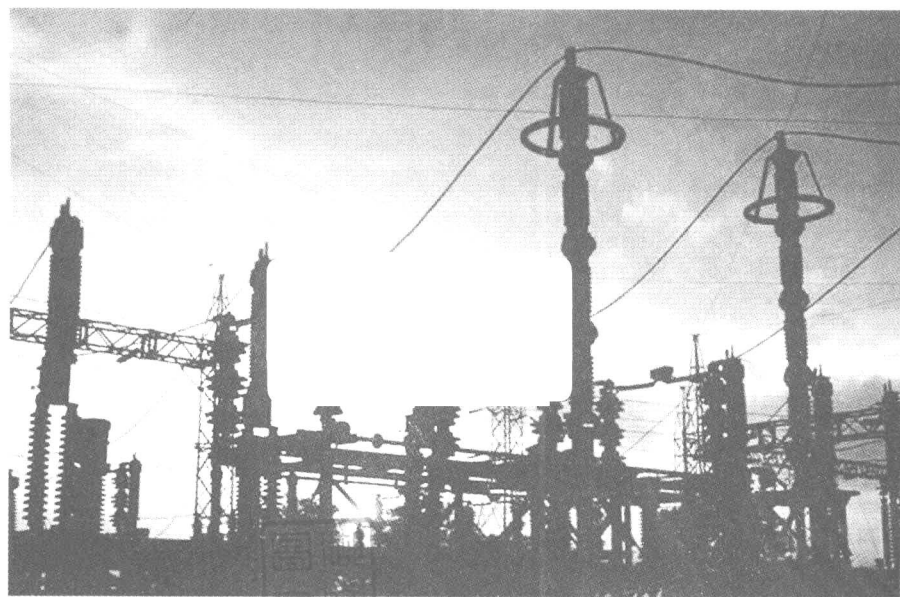
高 航 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

实用电工技术

高 航 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

实用电工技术/高航编著. —西安:西安交通大学出版社, 2009. 2
ISBN 978-7-5605-3013-0

I. 实… II. 高… III. 电工技术 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 197364 号

书 名 实用电工技术
编 著 高 航
责任编辑 邹 林

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280
印 刷 陕西元盛印务有限公司

开 本 787mm×1 092mm 1/16 印张 29 字数 714 千字
版次印次 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-3013-0/TM·76
定 价 34.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdgy31@126.com

版权所有 侵权必究

前 言

通常将能源分为一次能源和二次能源。一次能源是指自然界中以其固有形态存在的能量资源,如原煤、原油、太阳能、风能、水能等;二次能源是由一次能源经直接或间接加工转换得来的,如电能、汽油、柴油、蒸汽、沼气等。电能作为经济、方便、清洁的二次能源,其消费水平的高低是社会文明程度的重要标志。发电厂是生产电能的工厂,以水能作为一次能源的发电厂为水力发电厂;以原煤、原油为一次能源的发电厂为火力发电厂;以风力为一次能源的发电厂为风力发电厂;以原子能为一次能源的发电厂为核电站。

随着人类文明发展、社会进步和技术的不断创新,电力的使用水平和应用技术得到快速发展,特别是近年来,我国经济社会快速发展,使得人均装机、人均用电量都有了大幅度的提高。相应的电力从业人员和城乡用户的作业电工数量也迅速增加,而对于电工的专业技术和技能要求越来越高。因此,亟需对各种高、低压电工进行实用性的技能培训,以保障电能的安全、可靠、经济使用。

本书从实际工作需要出发,利用大量图表,并结合各种电力系统和电力用户发生的事故、障碍,详尽地介绍了各种电气技术、设备和电工工具的原理、结构、运行特点、异常处理等内容。书中还列出各种使用中需要掌控的技术指标和数据,以及安全管理要求和相应的技术措施,涉及面非常广泛。通过学习、应用、探索,力求使有关人员能提高解决实际问题的能力,掌握实用技能、胜任电工岗位。

由于笔者水平有限,本书编写处于特殊时期且缺乏参考资料,难免有不妥之处,敬请批评指正。

编 者

2008 年 9 月

目 录

前 言

第 1 章 电工基础理论	(1)
1.1 基本概念	(1)
1.2 基本定律和输电	(7)
第 2 章 电 机	(9)
2.1 直流电动机	(10)
2.2 交流电动机	(11)
2.3 电动机安装与使用	(13)
2.4 电动机的保护与整定	(22)
2.5 电力拖动及控制	(24)
2.6 电动机的保养、故障检测和修理	(48)
第 3 章 变 压 器	(63)
3.1 变压器的分类	(63)
3.2 变压器的结构	(64)
3.3 工作原理	(68)
3.4 技术参数	(69)
3.5 运行及维护	(71)
3.6 变压器油	(73)
3.7 外部设备	(73)
3.8 其它类(特种)变压器	(74)
第 4 章 低 压 电 器	(78)
4.1 低压开关	(78)
4.2 低压断路器	(82)
4.3 低压控制电器	(87)
第 5 章 高 压 电 器	(104)
5.1 高压电器基础知识	(104)
5.2 断路器及操动机构	(114)
5.3 其它高压电器	(124)
第 6 章 高、低压成套装置	(138)
6.1 低压成套装置	(138)

6.2	高压成套配电装置	(147)
第 7 章	架空线路与电缆	(165)
7.1	电力线路的作用及构成	(165)
7.2	架空线路的技术要求	(175)
7.3	架空线路的施工技术	(187)
7.4	架空线路的运行维护	(201)
7.5	电缆线路的敷设与运行	(209)
第 8 章	继电保护、二次回路及微机保护的应用	(221)
8.1	继电保护的功能、原理和选择	(221)
8.2	变电所的继电保护	(232)
8.3	微机保护的具体应用	(246)
8.4	二次回路原理、展开及安装图	(252)
第 9 章	计量、仪表与无功补偿	(263)
9.1	仪表分类与准确度	(263)
9.2	固定式电工仪表	(273)
9.3	电能表及计量装置	(282)
9.4	便携式电工仪表	(293)
第 10 章	接地、接零与防雷过电压保护	(301)
10.1	接地接零的作用和要求	(301)
10.2	接地装置及其安装维护	(309)
10.3	接地电阻及其测量	(315)
10.4	雷电的危害及防雷装置	(319)
10.5	电力设施和建筑物的防雷	(327)
第 11 章	用户工程及室内配线	(332)
11.1	用户供配电工程	(332)
11.2	内线工程及照明	(344)
11.3	内线负荷计算与导线选择	(350)
11.4	接户和进户线、计量及配电	(359)
11.5	居民用电和漏电保护	(368)
11.6	电气照明装置	(380)
第 12 章	运行、维护及异常处理	(401)
12.1	变、配电设备的运行与维护	(401)
12.2	变电所的倒闸操作	(405)
12.3	电气设备异常运行分析处理	(416)
12.4	变配电所的事故及处理	(440)

第1章 电工基础理论

1.1 基本概念

1. 电能、电子、电荷

电能是物质内所含的电子、离子等载流子运动时的一种能量形式,可以方便地转换为各种能量,是当今世界能源的最基本形式。

物质都是由原子构成的,原子由原子核和围绕其旋转的电子组成。原子本身很小,其中原于核的直径仅是原子直径的十万分之一,但原子核集中了几乎整个原子的质量。原子核由带正电的质子和不带电的中子构成,质子和中子统称为核子。由于质子带一个单位的正电荷,中子不带电,而质子和中子的质量又几乎相等,它们都等于一个质量单位,所以原子核的电荷数等于它的质子数,原子核的质量数则等于其质子数和中子数之和。

电子是原子的组成部分,带有负电性。当电子获取能量后,可能脱离原子核成为自由电子。一个电子带的电量 e 为 1.6×10^{-19} 库仑。

电荷是物质的一种固有属性,是带电物质的基本微粒,电荷间存在相互作用。静止电荷在周围空间产生静电场,运动电荷除产生电场外还产生磁场,只有运动电荷才受磁场力作用。电荷的数量叫电量,电量都是 e 的整数倍(量子性)。

电荷又分为自由电荷和束缚电荷两类。自由电荷是金属导体中的自由电子、电解液和电离气体中的正负离子,在电场力的作用下可自由运动的电荷。束缚电荷是电解质中的正负电荷,在电场力作用下只能在原子或分子范围内作微小位移。

电荷在与外界没有交换的一个系统内,具有总电荷量不变的特性。电荷的总量既不能自动产生,也不能自动消失,只能从一个物体转移到另一个物体,或者从物体的一部分转移到另一部分。对一个区域来说,流进的电流总是等于流出的电流,即电荷守恒。

由于摩擦、加热等使电中性的物体内部自由电子得失,并使得物体本身呈现了不同的电荷状态(获得电子带负电,失去电子带正电)的现象。

2. 电场、电位、电势

电场指电荷周围存在的、能显示其电性能的空间范围,是一种物质,具有一定的能量。静止电荷激发的电场叫静电场。变化磁场激发的电场叫感应电场(闭合的电力线包围变化的磁场)。

电势是指电荷在某一点的电位能(把单位正电荷从该点移到相对零电位点所作的功)。其仅于该点的电场本身性质有关,单位为 E (伏特)。

电压是指电场或电路中任意两点之间的电位差(电势差),可以理解为使电荷在外电路中移动的原动力,单位为 V (伏特)。

3. 电流(直流、交流)

电流指大量的电荷在电场力的作用下做有规则的定向移动(电子位移)。在有电动势(电路两端要存在一定的电压)和闭合回路的条件下才能形成电流。

电流以电流强度来表示。电流强度是指单位时间内通过导体某一横截面和的电荷量 q , 单位为安培, A。

$$I = \frac{q}{t} \quad (\text{A})$$

- 电流可以产生磁效应、热效应和化学效应等, 电流能产生磁场是电流的本质特征。
- 电流具有流通方向, 正向是指正电荷的流动方向, 与电子运动方向正好相反。
- 电能的传导, 即电子位移是以每秒 30 万千米(与光速相同, 每秒可绕地球 7 圈半)传导。
- 电流又分为直流和交流两种: 直流(DC)是指方向不随时间改变的电流; 交流(AC)是指方向和大小随时间做均匀交替变化的电流(市电是正弦交流电)。

4. 电阻、自感、互感、集肤效应

电阻是指物体对流过的电流呈现的阻力。

$$R = \frac{\rho L}{S} \quad (\Omega)$$

式中: ρ 为电阻率, 指长 1 米、截面积 1 平方毫米物体的电阻值。其大小与温度、材质及自由电子数量有关; L 为材料长度; S 为材料面积。

- 导体或良导体电阻为 $1/10^6 \sim 1/10^8 \quad (\Omega\text{cm})$
- 绝缘或电介质电阻为 $10^8 \sim 10^{20} \quad (\Omega\text{cm})$
- 半导体电阻为 $1/10^3 \sim 10^8 \quad (\Omega\text{cm})$
- 人体电阻在湿态下大约为 $600 \sim 2500 \quad \Omega$ 。

导体材料分为导体或良导体材料、半导体材料、超导体材料、绝缘材料。导体通常指导电性能良好(指电阻较小)的金属材料(如铜、铝等)绝缘材料是指自由电荷极少的材料(如干木、变压器油等)。半导体材料的导电性介于金属和绝缘体之间, 一般是固体, 比如锗和硅等。半导体中杂质的含量和外界条件(如温度和光照)的改变会引起导电性能发生很大变化。半导体材料之间、半导体和某些金属材料之间相接触的地方, 具有单向导电的性能。超导材料在一定的低温条件下会出现的电阻为零和排斥磁力线的现象。

通过线圈导体本身的电流变化而引起的现象为自感现象。自感系数 L (单位: H 亨)与材料本身结构、周围介质的导磁性能有关, 数值上等于 1 A 电流通过线圈时的磁通量。这种变化磁通在线圈内产生的电动势叫自感电势。

电感分为线性(空芯)与非线性(有芯, 为铁磁性材料)。

互感指一个线圈所产生的磁通量发生变化而引起另一个与它有磁联系线圈中感应出电动势的现象为互感现象。互感系数 M (单位: H 亨)与线圈匝数、结构、相对位置、周围介质等有关。互感电动势的方向由楞次定则来判断。双绕组和多绕组变压器即应用此原理。

集肤效应仅针对交流电而言。表现为导线表层(截面外圈部分)的电流密度要比内层大得多, 且交流频率越高越明显, 主要是自感影响所致。因此大电流、高电压的导线都做成多股或空芯导线。

5. 电功率、热效应

在单位时间内电场驱动电流做的功为电功率。

在直流电路中：

$$W = IUt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R}t \quad (\text{W: 瓦特})$$

6. 磁场、电磁感应

磁场是表征磁性能的空间,与电场共同存在,对运动电荷、电流、磁极有作用力(由其激发)。

磁力线用来表征磁场,它总是闭合的,由 N 极指向 S 极。

电磁感应指有电流(或运动电荷、磁极作用)必定产生磁场(也可以由随时间变化的电场激发)。当导体在磁场中做切割磁力线运动时,或穿过线圈的磁力线变化时,导体或线圈内产生电动势的现象叫电磁感应(亦可表达成通过闭合回路中磁通量的变化在回路中产生感应电动势的现象)。感应产生的电动势分为动生电动势和感生电动势。

磁体的磁场和电流的磁场都是由电荷的运动产生的,随时间变化的电场亦能产生磁场。

磁性材料在被磁化过程中,当磁化力为零后,材料仍然有一定的磁性(剩磁)。这是由于磁分子在被磁化后,都按一定方向排列,因而对外也就呈现了磁力。

变化磁场在导体内生电流,由于它在导体内或铁芯内所通过的路线是旋涡形,自成回路,故称为涡流。它会使铁芯或导体发热而有害于设备,但也可用来加温。导体在磁场中运动产生的涡电流受磁场的作用力要阻碍导体的运动现象,称为电磁阻尼。

7. 感抗、容抗

感抗是线圈本身固有的一种特性。线圈中有电流变化时,便会产生自感应电动势。交流电通过电感线圈时所受到的阻力即感抗,感抗与交流电的频率成正比,是储能元件,电感上的电流不会突变。

感抗： $X_L = \omega L = 2\pi fL$

很明显,当 $f=0$ 时,感抗为零,即电感对直流相当于短路。

电容器大都是用两片金属片中间隔以绝缘介质组成,是储能元件,其上的电压不能突变。容抗是交流电通过时呈现的阻抗。

容抗： $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$

很明显,当 $f=0$ (直流)时,容抗呈无限大,相当于开路或断路。

8. 电路

电路是指电流流通的路径,通常包含:电源、负载、连接导体、控制设备(电阻、电感、电容等)。分外电路、内电路(含电源内电阻)。电路参数不随电流、电压变化的为线性电路,否则为非线性电路。

电路在连接方式上分为串联电路和并联电路两种:

顺序连接无分支的单一电路称为串联电路,串联电路具有电流处处相同、电阻叠加的特点,如图 1.1 所示。

将电路元件相应两端并接在一起,并列接到电路两点的接法称为并联电路,并联电路具有电压处处相等的特点,如图 1.2 所示。

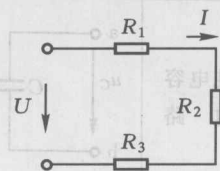


图 1.1 串联电路

在电路使用过程中经常会遇到短路和断路两类故障：

短路指不经负载直接连通电源，此时电流增大、电压降低，会烧损设备，会产生电动力及造成电磁干扰。

断路指闭合回路断开，故也称开路，此时电流为零，一般不会损坏设备。

R 、 L 、 C 在交、直流电路中的特点以及这些原件在交流电路中的电磁特性，分别见表 1.1、表 1.2。

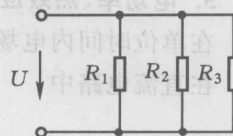


图 1.2 并联电路

表 1.1 R 、 L 、 C 元件在交、直流电路中的特点

元件		R	L	C
直流电路	电压、电流的数量关系	$R = \frac{U}{I}$	自感电动势为零，相当于短路	电流不能通过，相当于断路
	功率	$P = I^2 R = \frac{U^2}{R} = UI$	0	0
交流电路	电压、电流的数量关系	$R = \frac{U}{I}$	$\frac{U}{I} = X_L = \omega L = 2\pi fL$	$\frac{U}{I} = X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$
	电压、电流的相位关系	电压、电流同相	电压超前电流 90°	电压滞后电流 90°
	功率	有功功率 $P = I^2 R = UI = \frac{U^2}{R}$	无功功率 $Q_L = I^2 X_L = UI = \frac{U^2}{X_L}$	无功功率 $Q_C = I^2 X_C = UI = \frac{U^2}{X_C}$

表 1.2 R 、 L 、 C 元件在交、直流电路中的电磁特性

电路名称	电路及其标定方向	阻抗和电流	相量图	电容的功率因数	有功功率 (W)	无功功率 (var)
纯电阻电路		$I = \frac{U}{R}$		$\cos\varphi = 1$	$P = U_R I$ $= I^2 R$ $= UI \cos\varphi$	$Q = UI \sin\varphi$ $= 0$
纯电感电路		$X_L = 2\pi fL$ $I = \frac{U}{X_L}$		$\cos\varphi = 0$	$P = 0$	$Q = UI \sin\varphi$ $= I^2 X_L$ $= \frac{U^2}{X_L}$
纯电容电路		$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ $I = \frac{U}{X_C}$		$\cos\varphi = 0$	$P = 0$	$Q = UI \sin\varphi$ $= I^2 X_C$ $= \frac{U^2}{X_C}$

续表 1.2

电路名称	电路及其 标定方向	阻抗和电流	相量图	电容的 功率因数	有功功率 (W)	无功功率 (var)
R、L 串 联电路		$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ $I = \frac{U}{Z}$		$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ $= \frac{U_R}{U}$ $= \frac{P}{S}$	$P = UI \cos\varphi$ $= U_R I$ $= I^2 R$	$Q = UI \sin\varphi$ $= U_L I$ $= I^2 X_L$
电感性电 路与电容 的并联		总电流 I $I = [(I_1 \cos\varphi_1)^2 + (I_1 \sin\varphi_1 - I_C)^2]^{1/2}$ $\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \dots + \frac{1}{Z_n}$		$\cos\varphi = \frac{I_1 \cos\varphi_1}{I}$ $= \frac{P}{S}$	$P = UI \cos\varphi$	$Q = UI \sin\varphi$
电阻、电 感与电容 串联		$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $I = \frac{U}{Z}$		$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ $= \frac{P}{S}$	$P = S \cos\varphi$	$Q = S \sin\varphi$

9. 交流系统的相关概念

交流电指大小、方向随时间作周期性变化(幅值、周期、初相位角)。三相交流电是指由 A、B、C 三相交流电组成的供电系统。A、B、C 三相的电压、电流都是正弦交变量,它们的最大值相同、频率相同、彼此相位差为 120° 。图 1.3 为三相交流的三相电流波形图。

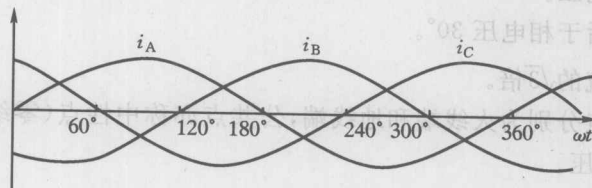


图 1.3 三相交流电流波形图

关于交流系统的相关基本概念有:

(1) 有效值(方均根值):当交流电通过一个纯电阻在规定时间内产生的热量,与另一直流电流同样时间通过时产生的热量相同时,这个直流量值为此交流电的有效值。正弦交流量的幅值为有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

(2) 周期 T (单位:s 秒):完成一次周期性变化所需的时间。

频率 f (单位:Hz 赫兹)每秒钟内周期变化的次数。周期与频率互为倒数, $T = 1/f$ 。

(3) 角频率:每秒钟变换的弧度。

$$\omega = 2\pi f$$

(4) 相位差 φ : 两个同频率交流量的相位差值, 等于零或 180° 的偶数倍时是同相, 为 180° 的奇数倍时是反相。 φ 大于零时为超前, 小于零时为滞后。

10. 三相交流系统中的接线方式

三相交流系统中的接线方式有 Y、 Δ 两种。将三个线圈或负载的末端连在一起, 由首端引出, 称为星型(Y)连接。为电源时将公共点引出, 则为三相四线制。如图 1.4(a) 所示。

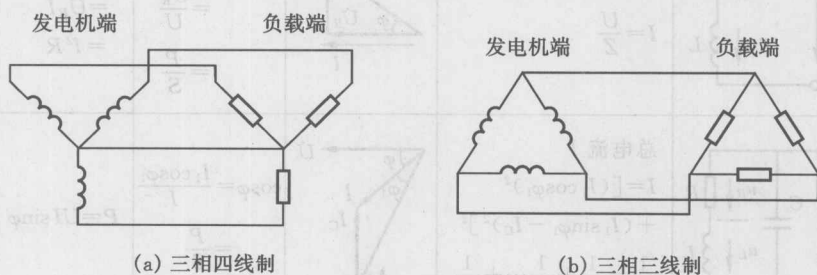


图 1.4 三相接线方式

Y 型连接的特征有:

- 线电压是相电压的 $\sqrt{3}$ 倍。
- 线电压相位超前于相电压 30° 。
- 线电流等于相电流。
- 在三相对称时, 中性点电流为零。

将三个线圈或负载的首端分别与末端依次相连, 称为三角形(Δ 或 D)连接。如图 1.4(b) 所示。

Δ 型连接特征:

- 线电压等于相电压。
- 线电压相位滞后于相电压 30° 。
- 线电流是相电流的 $\sqrt{3}$ 倍。

电源首端与公共点分别为火线端和地线端, 公共点亦称中性点(零线)。首端对首端为线电压, 首端对地为相电压。

三相电功率有

$$\text{三相视在功率 } S = \sqrt{3}UI \quad (\text{VA})$$

$$\text{三相有功功率 } P = \sqrt{3}UI \cos \varphi \quad (\text{W})$$

$$\text{三相无功功率 } Q = \sqrt{3}UI \sin \varphi \quad (\text{var})$$

其中 φ 为电压 U 与电流 I 之间的相位, $\cos \varphi$ 称为负载功率因数。

视在功率包含有功和无功两部分, 有功功率是指消耗在阻性负载、不可逆转的那一部分功率; 无功功率是指用来建立磁场和电场、可逆的那部分能量转换功率, 亦指电感和电容间的交换能量。

1.2 基本定律和输电

1. 欧姆定律

$$I = \frac{U}{R} \quad (\text{A})$$

在任一通有电流的回路中,电流强度与电动势成正比,而与电路总电阻成反比。

2. 电路基本定律(基尔霍夫定律)

第一定律:任何时候流入电路中某节点电流之总和,必等于从该节点流出的电流总和,即

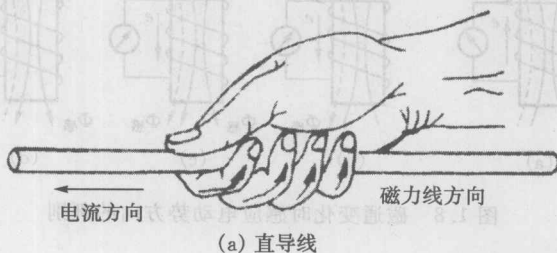
$$\sum I = 0 \quad \text{或} \quad \sum I_{\text{out}} = \sum I_{\text{in}}$$

第二定律:任一闭合回路,总电动势升必等于总电位降,即

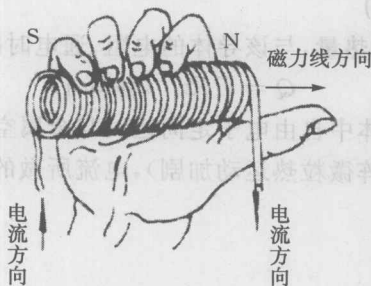
$$\sum U = 0 \quad \text{或} \quad \sum E = \sum IR$$

3. 磁路基本定律

(1) 右旋定则 右手定则亦称安培定则或右螺旋法则,用来判定磁场方向,表示电流和电流激发磁场的磁感应线方向间的关系,即由电流的方向来判断磁场方向,如图 1.5 所示。



(a) 直导线



(b) 线圈

图 1.5 右旋定则

(2) 左手定则(电动机定则) 左手定则用来判断流有电流导体的受力方向,如图 1.6 所示。

(3) 右手定则(发电机定则) 右手定则用来判定动生电动势(导线运动)方向,应用对象是直导线,且运动速度和磁场方向都垂直于导线。即判断切割磁力线的导体产生的感应电动势方向,如图 1.7 所示。

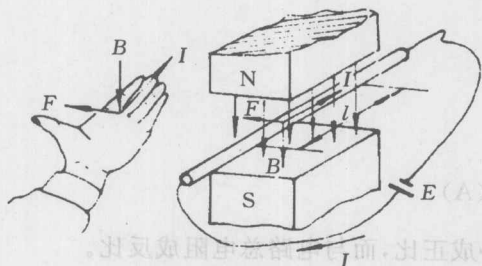


图 1.6 左手定则

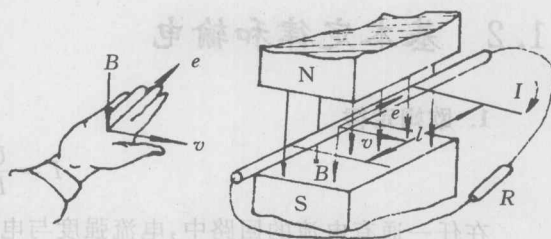


图 1.7 右手定则

(4) 楞次定律(电磁惯性定律) 楞次定律描述磁场不能突变的定律。当通过线圈的磁通量发生变化,线圈内感生电流产生的磁场,总是力图抵抗引起感应的原有磁场的变化。图 1.8 为楞次定律的应用。

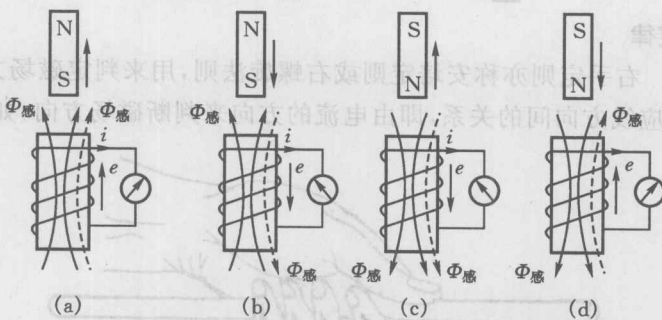


图 1.8 磁通变化时感应电动势方向的判别

4. 焦耳定律(电的热效应)

电流通过导体时所产生的热量,与该导体的电阻、通电时间以及电流强度的平方成正比。

$$Q = I^2 R t \quad (\text{焦耳 J})$$

电阻使电源消耗能量(导体中自由电子定向运动与金属空间点阵上的微粒发生碰撞,这种碰撞阻碍电子定向运动,使点阵微粒热运动加剧),电流所做的这部分功使导体发热,为电的热效应。

第2章 电机

电机是产生电能和应用电能的基本装置。按照能量转换的不同将其分为发电机和电动机两大类。

发电机按照能量转换的来源方式分为汽轮发电机、水轮发电机、柴油发电机、风力发电机、核能发电机等。其中水轮发电机、汽轮发电机的安装现场分别如图 2.1、图 2.2 所示,柴油发电机结构及其外形如图 2.3 所示。

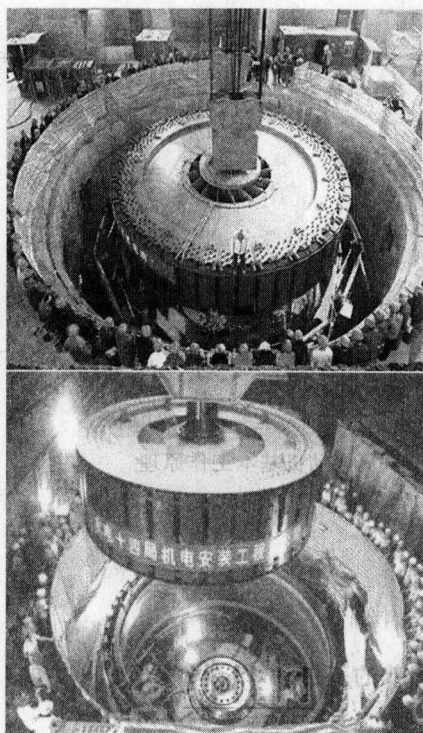


图 2.1 水轮发电机的安装现场

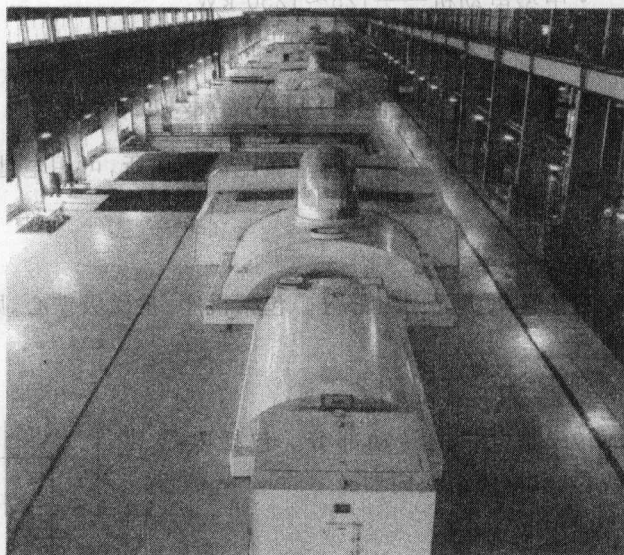


图 2.2 汽轮发电机

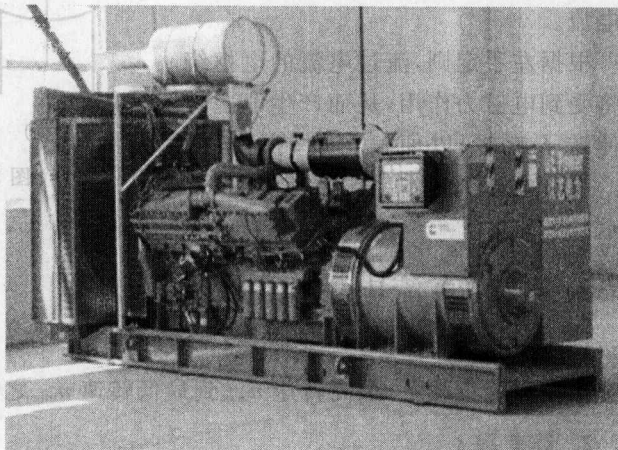


图 2.3 柴油发电机外形

电动机按照绕组中通过的电流的不同分为直流电动机和交流电动机。

2.1 直流电动机

电动机俗称马达,是将电能转换为机械能的电气装置,应用十分广泛,占用电设备的80%,约占整个用电容量的65%。按容量大小分为:

- 微型电动机—— $<0.6\text{ kW}$
- 小型电动机—— $0.6\sim125\text{ kW}$
- 中型电动机—— $125\sim1250\text{ kW}$
- 大型电动机—— $>1250\text{ kW}$

2.1.1 直流电动机的结构及原理

直流电机只能用于具有直流电源的场所,可用电池或交流整流电源驱动。直流电动机的结构简述如下。

1. 定子

字子是电机的固定部分。包括机座、主磁极铁心、励磁绕组(主要用来产生磁场)、换向极、电刷。

2. 转子

转子是电机的转动部分。包括电枢铁心、电枢绕组换向器。

3. 工作原理

主磁极提供磁场 B ; 电枢绕组两端分别与电刷、换向片相连,在一周运动中分别因位置不同流过方向相反的电枢电流。

根据左手定则,流过电流的电枢绕组将受到电磁力作用,从而产生电磁转矩使转子旋转,以便输出旋转的机械能。直流电动机基本工作原理如图2.4所示。

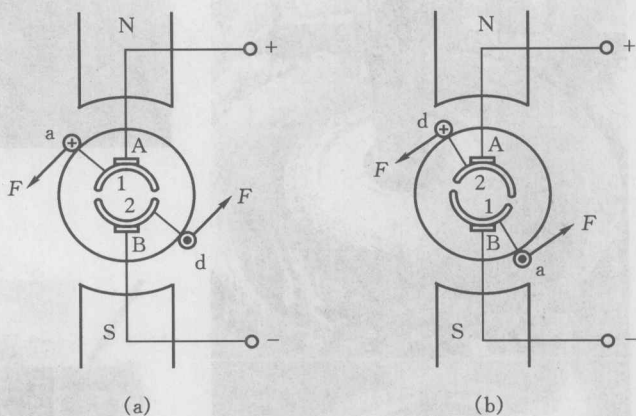


图 2.4 直流电动机基本工作原理

2.1.2 直流电动机的调速

1. 调速范围

指在额定负载下,最高转速 $n_{\max}$ 到最低转速 $n_{\min}$ 之间调节的范围。

2. 静差率 s

指电动机在额定电压下运行时,负载由理想空载变化到额定负载所产生的转速降落 Δn 与理想空载转速 n_0 之比。静差率 s 用来描述电动机拖动运行时的稳定性,以及负载变化对速度的影响程度。

3. 调压调速

在励磁恒定的情况下,改变电枢电压来实现调速。调速方向从空载转速 n_0 向下调。在一般静差率要求下,其调速范围宽广且连续可调,调速特性为恒转矩输出。

4. 弱磁调速

用改变直流电动机的励磁绕组外串电阻即改变励磁电流来实现调速。在这时,磁通越弱,转速越高。调速方向由 n_0 向上调,调速特性为恒功率输出。上述两种方法可以配合使用,以得到全范围的调速。

2.2 交流电动机

按转子转速和定子旋转磁场转速是否相同,交流电动机可分为异步电动机和同步电动机两大类。

2.2.1 交流电动机工作原理

将电源接通定子绕组,建立起旋转磁场;通过电磁感应使转子导体感应电势和感生电流,载流的转子导体在旋转磁场下产生电磁力,电磁力作用于转子产生电磁转矩,从而输出机械能,拖动机械负载。

2.2.2 交流电动机的基本结构

交流电动机剖面图如图 2.5 所示,定子及绕组的端部图如图 2.6 所示。

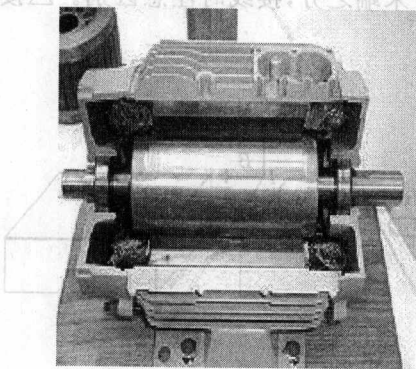


图 2.5 交流电动机剖面图

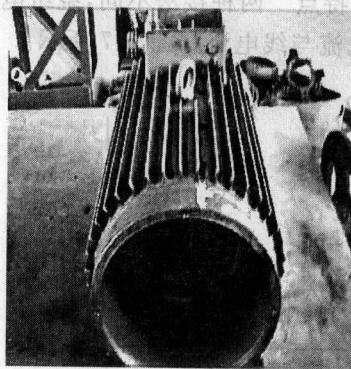


图 2.6 定子及绕组的端部

1. 定子
由铁芯、定子绕组、机壳等组成。用于产生感应电动势,三相电流的交变作用使得合成磁势在定子空间内自动旋转,形成了旋转磁场。

2. 转子

由铁芯、转子绕组、转子轴构成。转子电路是闭合的,用于产生感应电动势,通过电流并产生电磁转矩。