

中小型变电站

电气设备的原理与运行

刘维仲 黄纯华 编 著
刘宝琨 张大森

科学出版社

中小型变电站

电气设备的原理与运行

刘维仲 黄纯华 编著
刘宝琨 张大森

科学出版社

1991

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书比较全面系统地介绍了中、小型变电站一、二次电气设备的基本原理及运行操作,全书共十四章,主要内容包括:电力系统概述、主接线、变压器、互感器、开关电器、短路电流计算、无功补偿、防雷接地、控制信号回路、直流电源、电工仪表、继电保护、自动装置及安全用电与运行管理等。

本书的主要特点是实用、精炼、易懂,理论联系实际。本书既可作为城乡厂矿、企业变电站具有初中文化程度的电气运行、检修及管理人员自学及短期培训教材,也可作为厂矿及农村电工自学及技术培训参考书。

中 小 型 变 电 站

电气设备的原理与运行

刘维仲 龔纯华
刘定强 张大森 编著

责任编辑 范铁夫

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1991年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1991年12月第一次印刷 印张:17

印数:0001—9 500 字数:381 000

ISBN 7-03-002592-X/TM·29

定价:6 90 元

前 言

城乡厂、矿、企业及居民区的中、小型变电站是电力系统中数量最多的变电站,为保证其安全经济供电,提高运行、维修人员的业务水平,我们根据多次技术培训教学 and 实际工作的体会,编写了本书。

变电站的电气设备从其功能上可分为:由变压器、开关设备、互感器等组成的一次系统和由控制、信号、测量、继电保护、自动装置等组成的二次系统。本书比较全面系统地介绍了这些电气设备的工作原理和运行操作知识。在选材时,注意把握既要全面系统,又要简明实用的原则。在叙述上力求做到突出重点,简明扼要,通俗易懂,理论紧密联系实际。本书可作为具有初中文化程度从事变电运行、维修的工人和厂矿及农村电工自学或技术培训教材。经培训教学试用,此书 80 至 100 学时可讲授完毕。

全书共十四章。第六、八、九、十四章及附录由黄纯华副教授编写,第二、三、七章和第四、五、十一章分别由刘宝琨和张大森两位高级工程师编写。刘维仲副教授编写了其余各章,并对全稿进行了整理和统一。在编写过程中得到了冯德仁教授级高级工程师的支持和鼓励。全部书稿由张大森、杨洪义、翟瑞霞三位高级工程师审阅,在此谨向他们深表谢意。

鉴于全国自然科学名词审定委员会公布物理学名词时,本书已经完稿,书中未能使用所公布的最新名词。例如书中所用的磁通,按最新公布的名词应为磁通量;磁通密度应为磁通量密度;磁动势应为磁通势;磁导系数应为磁导率等,特此说明。

限于编著者的水平,书中还会存在一些不妥或错误之处,欢迎读者指正。

编著者

1989 年 10 月于天津大学

目 录

第一章 电工学基本知识	1
第一节 直流电路	1
一、基本概念.....	1
二、欧姆定律.....	2
三、电功、电功率及电流的热效应.....	2
第二节 电磁感应	3
一、电流的磁效应.....	3
二、磁路的基本概念.....	4
三、磁场对载流导体的作用力.....	5
四、电磁感应.....	5
五、自感和互感.....	6
第三节 单相交流电路	7
一、正弦交流电的基本概念.....	7
二、纯电阻交流电路.....	8
三、纯电感交流电路.....	9
四、纯电容交流电路.....	10
五、电阻与电感串联的交流电路.....	12
六、电阻与电容串联的交流电路.....	13
第四节 三相交流电路	14
一、三相交流电的特点.....	14
二、三相交流电路的连接.....	15
三、三相交流电路的功率.....	17
思考题.....	18
第二章 电力系统概述	19
第一节 电力系统的组成	19
一、发电厂.....	19
二、变电站.....	20
三、输电线路.....	20
第二节 电力系统的额定电压	21
第三节 电力系统中性点的接地方式	22
一、中性点不接地的三相系统.....	23
二、中性点经消弧线圈接地的三相系统.....	25
三、中性点直接接地的三相系统.....	26
思考题.....	27
第三章 变电站的电气主接线	28
第一节 概述	28

第二节 单母线接线	28
一、单母线接线	28
二、单母线分段接线	29
第三节 双母线接线	30
第四节 桥形接线	31
一、内桥接线	31
二、外桥接线	32
第五节 单元接线	32
第六节 降压变电站的主接线	33
一、中型变电站的主接线	33
二、小型配变电站的主接线	35
三、变电站自用电接线	36
思考题	36
第四章 变压器	38
第一节 变压器的工作原理	38
一、变压器空载运行的工作原理	39
二、变压器有载运行的工作原理	40
三、变压器电磁量正方向的确定	40
第二节 三相变压器	41
一、三相变压器的磁路与电路	41
二、三相变压器线圈的连接方法	42
第三节 变压器的技术参数	44
一、型号	44
二、变压器的额定值	44
三、空载参数	45
四、短路参数	46
第四节 变压器的并联运行	50
一、并联运行的意义	50
二、并联运行的条件	50
第五节 变压器的经济运行	51
一、无功功率经济当量	51
二、一台变压器运行的经济负荷	52
三、两台不能并联变压器的经济运行	52
四、两台并联变压器的经济运行	53
第六节 变压器的过负荷运行	54
一、变压器的正常过负荷	54
二、变压器的事事故过负荷	55
第七节 变压器的调压装置	55
一、无载调压	56
二、有载调压	56
思考题	57

第五章 互感器	58
第一节 电压互感器	58
一、电压互感器的工作原理与特点.....	58
二、电压互感器的误差.....	58
三、常用的电压互感器.....	59
四、电压互感器的极性 & 接线方式.....	61
第二节 电流互感器	63
一、电流互感器的工作原理与特点.....	63
二、电流互感器的误差.....	63
三、常用的电流互感器.....	63
四、电流互感器的准确级和额定容量.....	66
五、电流互感器的极性 & 接线方式.....	66
思考题.....	68
第六章 高低压开关电器	69
第一节 电弧的基本知识	69
一、电弧的形成.....	69
二、电弧的熄灭条件.....	70
三、电弧的基本特性.....	71
四、熄灭电弧的基本方法.....	73
第二节 高压断路器	75
一、用途.....	75
二、类型和工作原理.....	75
三、高压断路器铭牌的技术数据.....	78
四、油断路器在运行中应注意事项.....	79
第三节 高压负荷开关	79
一、用途.....	79
二、类型及结构原理.....	79
三、高压负荷开关运行中应注意事项.....	80
第四节 熔断器	80
一、用途.....	80
二、类型及工作原理.....	81
第五节 隔离开关	84
一、用途.....	84
二、类型和工作原理.....	84
三、隔离开关在运行中应注意的事项.....	86
第六节 低压开关电器	86
一、刀闸开关.....	86
二、低压自动空气开关.....	87
三、接触器.....	88
四、低压配电屏.....	89
第七节 高压开关柜	89

一、用途.....	89
二、类型和型号说明.....	90
思考题.....	91
第七章 短路电流计算	92
第一节 短路的种类及其危害.....	92
一、短路的种类.....	92
二、短路的危害.....	92
第二节 三相短路的基本概念.....	92
第三节 短路电流的计算.....	95
一、有名值法.....	95
二、标么值法.....	99
第四节 两相短路电流的计算.....	102
第五节 短路电流的效应.....	102
一、短路电流的热效应.....	102
二、短路电流的电动力效应.....	104
思考题.....	105
第八章 电力电容器与无功补偿	106
第一节 概述.....	106
第二节 功率因数的基本概念.....	106
一、何谓功率因数.....	106
二、功率因数的计算方法.....	107
三、功率因数对供电系统的影响.....	107
四、提高功率因数的基本途径.....	108
第三节 电力电容器工作原理与特性.....	108
一、工作原理.....	108
二、电容器的串、并联特性.....	110
第四节 功率因数的人工补偿.....	111
一、电容器并联补偿的工作原理.....	112
二、电容器容量的选择.....	113
三、电容器接线方式的选择.....	115
四、电容器的补偿方式.....	115
第五节 电力电容器的运行和维护.....	116
一、电网运行电压降低或升高对电容器的影响.....	116
二、电容器放电电阻的选择及安装时应注意的事项.....	117
三、新装电容器组投入运行前应做的检查工作.....	118
四、移相电容器组投入或退出运行时应注意的事项.....	118
五、移相电容器组的操作应注意的事项.....	118
六、对运行中的移相电容器组应做的检查工作.....	119
七、运行中电容器经常发生的异常现象和故障及处理故障应遵守的事项.....	119
思考题.....	120
第九章 变电站的防雷与接地	122

第一节 雷的形成、危害与活动规律	122
一、过电压及其分类	122
二、雷电的形成及其危害	122
第二节 防雷措施	126
一、避雷针及保护范围计算	126
二、避雷线及保护范围计算	128
三、避雷器及其选择	129
第三节 接地和接零	131
一、一般概念	131
二、保护接地	133
三、接零	134
四、重复接地	134
五、接地装置的敷设	135
思考题	137
第十章 变电站的控制和中央信号回路	139
第一节 二次回路的原理图和安装图	139
一、原理接线图	139
二、安装接线图	143
第二节 断路器的控制回路	145
一、原理框图	145
二、对控制回路的基本要求	146
三、具有灯光监视的断路器控制回路	147
第三节 中央信号装置	149
一、中央事故信号	149
二、中央预告信号	152
思考题	154
第十一章 变电站的直流操作电源	155
第一节 带电容储能的硅整流直流系统	155
第二节 直流系统绝缘监察装置	158
思考题	159
第十二章 电气测量仪表及其接线	160
第一节 变电站常用的电气测量仪表及准确等级要求	160
一、常用电气仪表的型号表示	160
二、电气测量仪表的配置	160
三、电气测量仪表的准确度等级	161
第二节 三相电路功率的测量	161
一、三相电路有功功率的测量	161
二、三相电路无功功率的测量	163
第三节 三相电路电能的测量	165
一、三相电路有功电能的测量	165
二、三相电路无功电能的测量	167

思考题	169
第十三章 继电保护和自动装置	170
第一节 继电保护的基本知识	170
一、继电保护的任務	170
二、对继电保护的基本要求	170
三、继电保护的基本原理	171
四、继电器	171
第二节 线路的继电保护	172
一、电流保护的接线方式	173
二、定时限过电流保护	175
三、低电压闭锁的过电流保护	177
四、反时限过电流保护	178
五、电流速断保护	179
六、三段式过电流保护	181
七、中性点不接地系统的单相接地保护	182
第三节 电力变压器的继电保护	184
一、瓦斯保护	184
二、纵差动保护	185
三、电流速断保护	191
四、过电流保护	191
五、过负荷保护	195
六、变压器保护原理接线总图	195
七、变压器保护整定计算示例	198
第四节 10 kV 及其以下系统的保护装置	202
一、各种电气设备的保护装置	202
二、熔断器保护	212
三、自动开关保护	214
第五节 变电站的自动装置	216
一、备用电源的自动投入装置 (BZT)	216
二、输电线路的自动重合闸装置 (ZCH)	219
思考题	225
第十四章 变电站安全用电与运行管理	227
第一节 安全用电常识	227
一、高压、低压和安全电压的划分	227
二、电流对人体的危害程度及其影响的主要因素	227
三、人体电阻	228
四、触电方式	229
五、触电急救措施	229
六、触电的预防	231
第二节 安全用电措施	232
一、安全用电的技术措施	232
二、安全用电的组织措施	234

第三节 运行管理.....	237
一、技术管理.....	237
二、运行调度.....	239
思考题.....	240
附录：部分电气设备的技术参数.....	241
主要参考文献.....	257

第一章 电工学基本知识

第一节 直流电路

一、基本概念

电荷 一切物质都是由分子构成的,分子又是由原子构成的,原子是由一个原子核和围绕着该原子核旋转的电子构成的。原子核带正电荷,电子带负电荷,正负电荷数量相等,所以通常原子对外呈电中性状态。如果用外力使某一种物体得到电子,则该物体带负电荷;如果使物体失去电子,则该物体带正电荷。物体所带电荷的多少叫做电量,它的单位是库仑,简称库,用字母C表示。

电流 导体里电荷有规则的运动叫做电流。电流分直流和交流两种。方向和大小始终不变的电流叫直流电;方向和大小按一定周期变化的电流叫交流电。在外电路中电流的方向,习惯上规定为由正极流向负极,但实际电子流动的方向是由负极流向正极。

单位时间内通过导体截面电量的多少,反映了电流的强弱,叫做电流强度。对于直流电流,电流强度可表示为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中 I ——电流强度 (A); Q ——电荷量 (C); t ——时间 (s)。

如果一秒钟内通过导体截面的电荷量为1库仑,则导体通过的电流为1安培,简称安,用字母A表示。在实用中还以千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)作单位,它们之间的关系为

$$1 \text{ 千安 (kA)} = 1000 \text{ 安 (A)} = 10^3 \text{ 安 (A)}$$

$$1 \text{ 安 (A)} = 1000 \text{ 毫安 (mA)} = 10^3 \text{ 毫安 (mA)}$$

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = 1000 \text{ 微安 } (\mu\text{A}) = 10^3 \text{ 微安 } (\mu\text{A})$$

电位 当一种物体带有电荷时,这个物体就具有一定的电位。一般把大地的电位当作零电位。带正电荷的物体,具有比大地高的正电位。带负电荷的物体,具有比大地低的负电位。电位的单位为伏特,简称伏,用字母V表示。

电压 带电导体两点之间的电位差,习惯上称为电压。在它的作用下,电荷在导体中运动形成电流。电压的符号为 U , 单位也是伏特 (V)。

电动势 当电源内部在其他形式的能量(如化学能、机械能等)作用下,正、负电荷将被推向两极,使电源两端产生一定数值的电位差,这个电位差称为电源的电动势,简称电势,用字母 E 或 $\mathcal{E}$ 表示,单位也是伏特 (V)。

电阻 电流在导体内流动时所受的阻力叫做电阻,用符号 R 或 r 表示。电阻的单位是欧姆,简称欧,用字母 Ω 表示。电阻的计算公式为

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (1-2)$$

式中 R ——导体的电阻 (Ω); l ——导体的长度 (m); s ——导体的截面 (mm^2); ρ ——导体的电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

各种导体的电阻还与温度有关。温度每升高 1°C 时, 电阻增大的百分数叫做电阻的温度系数。

二、欧姆定律

通过导体电流的大小与该导体两端的电压成正比, 与其电阻成反比。这个规律称为电路的欧姆定律。可表示成

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-3)$$

或

$$U = IR; \quad R = \frac{U}{I}$$

式中 I ——电流 (A); U ——电压 (V); R ——电阻 (Ω).

在含有电源的闭合电路中, 电流的大小与电源的电动势成正比, 与电源的内电阻及外电路的电阻之和成反比, 这一规律称为全电路欧姆定律。可表示成

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1-4)$$

式中 E ——电源的电势 (V); r_0 ——电源内部电阻 (Ω); R ——外部电路电阻 (Ω).

三、电功、电功率及电流的热效应

电流通过灯丝, 电灯会发光; 通过电阻丝, 电炉会发热; 通过电动机, 能带动机器运转。这些现象说明电流通过负载时能够做功, 其结果是将电能转换为其他形式的能量, 如光能、热能、机械能等。

1. 电功和电能 电流通过负载所作的功称为电功, 等于电源供给负载的电能, 即

$$A = W = UI t \quad (1-5)$$

式中 A ——电功 (千瓦小时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$)); W ——电能 [千瓦小时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$)]; U ——负载两端的电压 (kV); I ——负载电流 (A); t ——工作时间 (h)。

2. 电功率 单位时间所作的功称电功率, 简称功率, 即

$$P = \frac{A}{t} = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R \quad (1-6)$$

式中 P ——功率 (W)。

3. 电流的热效应 电能转换为热能的现象称为电流的热效应, 用焦耳-楞次定律表示

$$Q = 0.24 I^2 R t \quad (1-7)$$

式中 Q ——电流产生的热量 (卡); I ——导体通过的电流 (A); R ——导体的电阻 (Ω); t ——时间 (s); 0.24——热功当量。在电阻为 1Ω 的导体中, 通过电流为 1 A , 经 1 秒时间产生的热量。

例 1-1 有一 220 V , 40 W 的灯泡, 试求其电流、电阻及一小时所消耗的电能。如此电能全部转换为热能, 求发热量是多少?

【解】 利用公式 (1-6), (1-5) 及 (1-7)

$$I = \frac{P}{U} = \frac{40}{220} = 0.182 \text{ A}$$

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{40} = 1210 \Omega$$

$$W = UIt = Pt = 40 \times 1 = 40 \text{ Wh} = 0.04 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$Q = 0.24 I^2 R t = 0.24 Pt = 0.24 \times 40 \times 3600$$

$$= 34560 \text{ cal}^{1)} = 34.56 \text{ kcal}$$

第二节 电磁感应

一、电流的磁效应

磁铁可以吸引铁、钴、镍等金属,这说明磁铁周围的空间具有一种磁的作用力,我们把这种磁力所能达到的空间称为磁场。通常用磁力线来表示磁场的作用范围、方向、强弱。

实验表明,电流通过导体时,在导体的周围空间就会产生磁场,这种现象叫做电流的磁效应。

1. 通电直导线的磁场

一根长直导线通过电流时,在导线周围就会产生磁场。磁场的方向可用右手螺旋定则确定:右手握住导线,伸开拇指,用拇指指示电流方向,则其余四指所指的方向就是磁力线(磁场)方向,如图 1-1(a) 所示,此定则称为单导线右手定则。

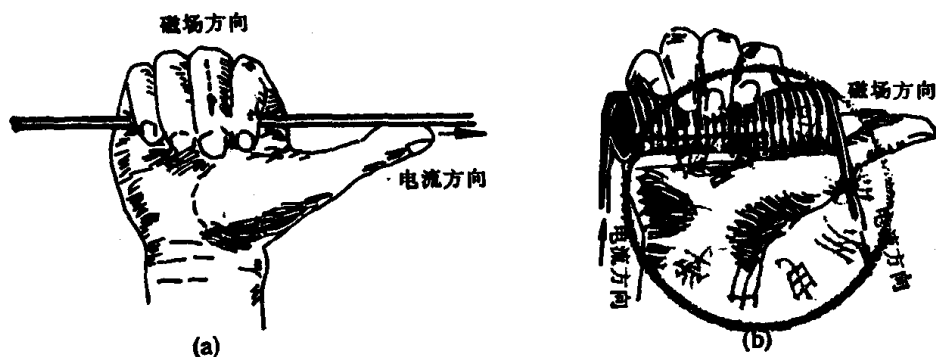


图 1-1 电流的磁场方向
(a) 直导线; (b) 线圈

2. 载流线圈的磁场

螺旋线圈通过电流时也产生磁场。磁场的方向,亦用右手螺旋定则确定:用右手握住线圈,伸开拇指,让四指指示线圈中电流的方向,则拇指所指的方向即为磁力线方向,如图 1-1(b) 所示。

这里需要说明,磁力线的方向在磁铁内部是从 S 极到 N 极,在磁铁外部是从 N 极回到 S 极。

1) $1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}$.

二、磁路的基本概念

磁力线(或磁通)通过的路径称为磁路,仿照电路的形式介绍磁路的几个基本概念。

磁通 通过某一垂直面积 S 上的磁力线数叫磁通。磁通的符号为 Φ , 单位为韦伯 (Wb) 或麦克斯韦 (Mx), 简称麦。 $1 \text{ Mx} = 10^8 \text{ Wb}$ 。

磁通密度 通过单位面积上的磁力线数叫磁通密度(或磁感应强度),用符号 B 表示,单位为高斯 (Gs)¹⁾。可用下式表示:

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (1-8)$$

式中 B ——磁通密度 (Gs); Φ ——磁通 (Mx); S ——与磁力线相垂直的横截面的面积 (cm^2)。

磁动势 产生磁力线(或称磁通)的原动力称为磁动势,简称磁势,用符号 F 表示。磁动势的大小决定于线圈的匝数 N 和通过线圈的电流 I 的乘积,单位为安匝,即

$$F = N \cdot I \quad (1-9)$$

式中 F ——磁动势(安匝); N ——线圈匝数(匝); I ——通过线圈的电流 (A)。

磁场强度 作用于单位长度磁路上的磁动势叫磁场强度,它的符号是 H , 单位为安匝/厘米,可用下式表示:

$$H = \frac{F}{l} = \frac{N \cdot I}{l} \quad (1-10)$$

式中 l ——磁路长度 (cm)。

磁导系数 各种物质对磁通的传导能力是不同的,习惯上用磁导系数(磁导率)来衡量各种导磁性能的好坏。磁导系数 μ 可用下式表示:

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (1-11)$$

式中 B ——磁通密度 (1特 = 10^4 高斯, $\text{T} = 10^4 \text{ Gs}$); H ——磁场强度(安/米) (A/m); μ ——磁导系数 [$\text{Wb}/(\text{A} \cdot \text{m})$, H/m]。

导磁性能好的物质 μ 值大。真空中的磁导系数 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。铁磁性物质(铁、铸铁、钢、钴、镍等)的磁导系数远大于真空的磁导系数 μ_0 。

磁路欧姆定律 利用前述的几个概念可得出磁路的欧姆定律,如下式所示:

$$\begin{aligned} \Phi &= BS = \mu HS = \mu \frac{NI}{l} S \\ &= \frac{NI}{\frac{l}{\mu S}} = \frac{F}{R_M} \end{aligned} \quad (1-12)$$

式(1-12)中 $F = NI$ 为磁动势, $R_M = \frac{l}{\mu S}$ 为磁阻 (其倒数为磁导 $G_M = \frac{1}{R_M} = \mu \frac{S}{l}$), Φ 为磁通,它们分别对应于电路中的电动势 E , 电阻 R , 电流 I 。

1) $1 \text{ Gs} \triangleq 10^{-4} \text{ T}$ 。

三、磁场对载流导体的作用力

把载流导体放置在另一磁场中,则载流导体会受到磁场中电磁力的作用。电流、磁场、作用力的方向可用左手定则确定:平伸左手,使拇指和其余四指垂直,让磁力线垂直穿过手心,用四指指向导体中电流的方向,则大拇指所指方向就是导线所受作用力的方向。用左手定则可确定电动机的旋转方向,所以这个定则也叫电动机左手定则,如图 1-2 所示。

由于载流导体周围存在磁场,因此平行的载流导体之间,它们之间也存在互相作用的电磁力。当两平行载流导体电流同方向时,互相吸引;电流方向相反时,互相排斥。

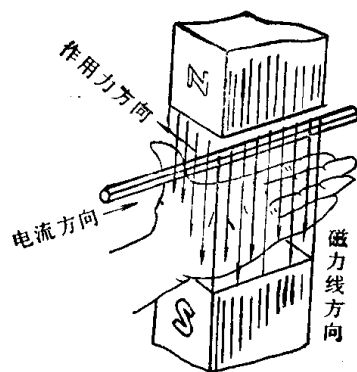


图 1-2 电动机左手定则

四、电磁感应

电流能产生磁场(电流的磁效应),而磁场能否在导体中产生电流呢?实验证明:当导线周围的磁场发生变动时,将在导线中产生电动势,这种现象称为电磁感应。由电磁感应所产生的电动势称为感应电动势,由感应电动势所产生的电流称为感应电流。

1. 导线切割磁力线产生的感应电势

当直导线在磁场中作垂直于磁力线方向的切割运动时,在导线两端将产生感应电势。感应电势的方向用右手定则确定:右手平伸,使拇指和其余四指垂直,让磁力线穿过手心,用大拇指指向导线切割磁力线的运动方向,则其余四指所指的方向就是感应电势的方向,如图 1-3 所示。可用右手定则确定发电机绕组中感应电势的方向,所以又称它为发电机右手定则,它也是发电机的基本原理。

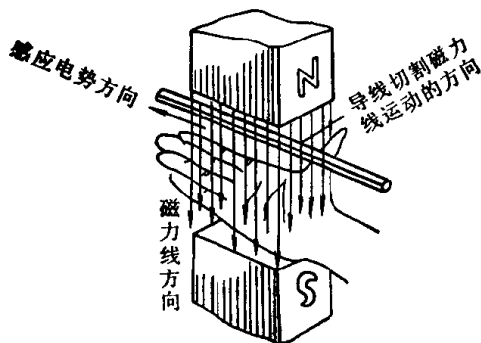


图 1-3 发电机右手定则

2. 磁通变化在线圈中产生的感应电势

设法使穿过线圈的磁通发生变化(例如,用一块条形磁铁插入或从线圈中抽出),则线圈两端就产生感应电动势。如为闭合回路,则有感应电流

流过。感应电势与感应电流同方向。

感应电动势的方向,可用楞次定律表述:线圈中产生的感应电动势的方向总是企图使它所产生的感应电流的磁通反抗原有磁通的变化,即当原有磁通增加时,感应电流所产生的磁通和原有磁通的方向相反;当原有磁通减少时,感应电流所产生的磁通方向和原有磁通的方向相同。

感应电动势的大小,可用法拉第电磁感应定律决定,用下式表示:

$$e = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (1-13)$$

式中 e ——线圈中的感应电势 (V); N ——线圈匝数(匝); $\Delta \Phi$ ——线圈中磁通的变化量 (Wb); Δt ——时间的变化量 (s)。

从式(1-13)可看出,感应电动势的大小,决定于磁通变化率的大小,而不是决定于磁通本身的大小。式中的负号表示感应电动势产生感应电流的磁场反抗原有磁通的变化。

五、自感和互感

根据穿过线圈磁通发生变化的原因的不同,电磁感应现象可分为自感应现象和互感应现象。

1. 自感

如果磁通的变化是由于线圈本身电流变化所引起的,则在线圈两端也会产生感应电势(称其为自感电势),这种现象叫自感现象。

自感电势的方向,仍可由楞次定律确定。

自感电势的大小,也仍由电磁感应定律确定,即

$$e = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

磁通与匝数的乘积叫做磁链,用 Ψ 表示

$$\Psi = N\Phi \quad (1-14)$$

我们把线圈通过电流产生的磁链和电流的比值叫做该线圈的自感系数,简称自感或电感,用 L 表示,即

$$L = \frac{\Psi}{I} \quad (1-15)$$

式中 L ——自感(H); Ψ ——磁链(Wb); I ——电流(A)。

可以用电流的变化率来表达线圈中产生的自感电势,由式(1-15)知 $\Psi = LI$ 代入式(1-13),得

$$e = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (1-16)$$

2. 互感

两个相邻的线圈1,2(例如变压器),当线圈1中通入电流 i_1 ,它所产生的磁通 Φ 穿过线圈2,如果 i_1 变化, Φ 将随着变化,这时在线圈2中会产生一个感应电势,这种由一个线圈中电流的变化,在另一线圈中感应电势的现象叫做互感,由互感产生的电势叫互感电势。通常把通入电流的线圈叫做原线圈(或一次线圈),产生感应电流的线圈叫做副线圈(或二次线圈)。原、副线圈间没有电的联系,而是通过磁通来联系的,这种联系叫做磁耦合。互感原理应用非常广泛,变压器、互感器等都是根据互感原理制成的。互感电势的大小同样可用电磁感应定律决定

$$e = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

式中 e ——互感电势(V); N ——线圈2的匝数(匝); Φ ——穿过线圈2的磁通(H); t ——时间(s)。

如果原线圈通以电流 I ,穿过副线圈的磁链为 $\Psi = N\Phi$,则其比值称为互感系数,简称互感,用 M 表示,即

$$M = \frac{\Psi}{I} \quad (1-17)$$