

DIANLI GONGCHENG

电力工程

电工
手册

第一分册

华北电业管理局

水利电力出版社

DIANGONGSHOUCE

内 容 提 要

《电力工程电工手册》共分三个分册。第一分册为基础知识，电工材料及旋转电机部分；第二分册为电气设备及其试验部分；第三分册为电子技术，继电保护、自动装置等二次部分。本书为第一分册，共十四章。主要内容有：电工基础知识，电气安全、电钳工基本知识，常用理化知识；常用磁性、导体、电工绝缘、润滑等材料，陶瓷制品，电缆，导线；对于同步电机、异步电机、直流电机的结构特点以及在运行检修中常见的、关键的和较难解决的一些问题，作了重点介绍。

本书为专业工具书，可供有关电力技术人员和电力技术工人使用，也可供有关院校教学人员参考。

电力工程

电工手册

第一分册

华北电业管理局

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 50.25印张 1147千字

1988年2月第一版 1988年2月北京第一次印刷

印数00001—24340册 定价14.10元

书号 15143·6229

前 言

水利电力部为了推广发电厂、变电所的运行检修经验和这方面的技术革新与科研成果，提高运行检修水平，组织了华北电业管理局、华东电业管理局、东北电业管理局在总结经验的基础上，共同编写《电力工程电工手册》。

本手册共有三个分册，第一分册为基础知识、电工材料、旋转电机部分，由华北电业管理局负责编写；第二分册为电气设备及其试验部分，由华东电业管理局负责编写；第三分册为电子技术和继电保护、自动装置等二次部分，由东北电业管理局负责编写。

本手册的编写注意了以下几方面的问题，即：选材来自国内运行检修经验的总结以及这方面行之有效的新技术；重点编写各种电气设备（装置）运行和检修的要点；涉及的设备（装置），应属八十年代国内仍需大量使用的产品和八十年代可望投入运行的新产品；资料必须有根据，图表数据必须正确无误，运行检修的经验有实用性和通用性，并符合国家和部颁发的规程规范的规定（考虑到规程规范的修订，手册中凡与现行规程规范不一致的地方，应以现行规程规范为准）。

本手册的编写过程中，三个编写单位及其作者做了大量的工作，部系统内外有关单位，在提供资料和审稿方面也给予了很大支持和帮助。华北电业管理局除负责编写第一分册外，还提出本手册的结构和编写提纲初稿，作为本手册讨论编写提纲的基础。水利电力出版社为使手册尽快出版，也作了很大的努力。因此，本手册是集体劳动的成果。

本手册为发电厂变电所运行和检修方面的专业性工具书，可供电力技术人员和电力技术工人使用，也可供有关院校教学参考。

手册的编写和出版，时间仓促，疏漏和不足之处在所难免，请广大读者提出批评和意见，以臻完善。

水利电力部电力生产司

一九八五年十二月

编者的话

为了适应电力工业不断发展,根据水利电力部电力生产司的要求,我们组织人员编写了《电力工程电工手册 第一分册》。本书共分十四章,其中包括电力工业中常用的电工基础、电钳工、理化以及安全用电等基本知识;常用的磁性、导体材料,电工绝缘材料,润滑油、脂,电瓷制品,导线和电缆等;同步电机、异步电机、直流电机的结构特点及其在运行、维护和检修时常见的关键的以及较难解决的一些问题。书中力求简明地叙述运行中的要求和维修中的工艺过程,给出常用的、实用的计算公式,列出各种设备和材料的技术数据。在编排电力设备和材料时,力求做到分门别类、深入浅出、简明易懂、便于查阅。

在编写过程中,曾征求教学、科研、工厂、企业等百余单位的意见,大家对本手册的内容和要求提出了许多宝贵意见和建议。由于篇幅所限,不再列出单位的名称,在此表示衷心的感谢。石景山发电总厂的龚乃昌、刘宝岩同志,北京电力科学研究所的冯复生、张国权、王全方同志对本书中的同步电机、异步电机和直流电机章节进行了复审和部分改写工作,在此也表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,经验不足,本书漏误之处在所难免,诚恳希望广大读者提出批评和建议。

一九八五年十二月

符号说明

A ——面积; 电能
 a ——支路数
 B ——磁通密度, 磁感应强度; 电纳
 b ——宽度
 C ——电容
 $\cos\varphi$ ——功率因数
 D ——直径, 惯性直径
 d ——直径
 E ——弹性模数; 电动势; 电场强度
 F ——力; 磁势
 f ——频率
 G ——电导; 重力
 g ——重力加速度
 H ——磁场强度
 h ——高度
 I ——电流有效值
 I'' ——短路电流周期性分量有效值
 i_{ch} ——冲击电流
 I_d ——短路电流有效值
 I_L ——励磁电流
 i_d' ——暂态短路电流
 i_d'' ——次暂态短路电流
 J ——转动惯量
 j ——电流密度
 L ——长度; 电感; 自感
 l ——长度
 M ——互感; 力矩
 m ——质量; 重量; 相数
 N ——绕组的匝数
 n ——转速
 P ——有功功率
 p ——极对数; 压力
 Q ——无功功率; 电荷量; 热
 q ——每极每相槽数
 R ——电阻; 半径; 惯性半径
 R_m ——磁阻
 r ——半径
 S ——面积; 视在功率
 s ——转差率
 T ——热力学温度; 周期; 转矩
 t ——时间; 摄氏温度

U ——电压
 U_m ——磁位差
 V ——体积; 容积; 电位
 v ——线速度
 W ——电能; 绕组匝数
 X ——电抗
 X_0 ——零序电抗
 X_1 ——负序电抗
 X_q ——横轴同步电抗
 X_d ——纵轴同步电抗
 X_d' ——纵轴暂态电抗
 X_d'' ——纵轴次暂态电抗
 X_q' ——横轴次暂态电抗
 Y ——导纳
 y ——绕组节距
 Z ——阻抗; 铁芯槽数
 α ——线膨胀系数
 Δ ——增量; 公盈值
 δ ——厚度; 气隙
 ε ——介电常数
 η ——效率; 粘度
 λ ——导热系数
 μ ——磁导率
 μ_0 ——真空磁导率
 ρ ——电阻率; 密度
 σ ——正应力; 电导率
 $[\sigma]$ ——许用应力
 τ ——极距; 切应力(剪应力)
 Φ ——磁通
 φ ——相位差
 ϕ ——孔径
 ω ——角速度
 $\triangle$ ——三角形连接法
 Y ——星形连接法

下标说明

d ——短路
 e ——额定值
 $\max$ ——最大值
 $\min$ ——最小值

其余下标一般用汉语拼音字头表示

目 录

前 言

编者的话

符号说明

第一章 电工基础知识

李民厚 周国强 李春荣 黄礼耀 方宪章..... 1

第一节 基本定律和定则以及典型电路的分析..... 1

一、常用的电工基本定律及定则(1) 二、各种典型的电路分析(4)

第二节 常用单位及换算..... 8

一、法定计量单位(8) 二、单位换算(10)

第三节 常用电工计算..... 18

一、阻抗变换的基本公式(18) 二、电磁铁的吸力计算(18) 三、无分支磁路的计算(19)
四、短路时电动力的计算(20) 五、短路电流热效应的计算(22) 六、最大负荷利用小时
(24) 七、电动机转矩的实用计算公式(24) 八、电感线圈的确定(25) 九、熔断器的
选择(27) 十、厂用电自启动容量的确定(30)

第二章 电气安全基本知识

胡邦基 李春荣..... 33

第一节 人身触电及其防护..... 33

一、触电(33) 二、与通过人体电流危害程度有关的因素(33) 三、安全电压值(34)
四、保证人身安全的措施(35)

第二节 设备的接地保护和接零保护..... 36

一、接地保护(36) 二、接零保护(36)

第三节 带电作业中的安全技术..... 37

一、带电作业的种类及安全技术基本要求(37) 二、带电作业一般应注意的安全技术问题(38)

第三章 电钳工基本知识

吕丽远 王玉明 纪玉良..... 43

第一节 常用金属材料..... 43

一、金属材料的分类(43) 二、金属材料的主要机械性能(46) 三、常用普通碳素钢
(48) 四、常用优质碳素结构钢(48) 五、常用合金结构钢(50) 六、发电机各部件采用
的材料(52) 七、钢丝绳选择和常用的起重零件(53)

第二节 机械加工..... 55

一、轴和孔的基本偏差(55) 二、表面光洁度的选用(62) 三、键与销(63) 四、
攻丝及套丝(73) 五、铆接(76)

第四章 常用理化知识

张步楼 吕丽远..... 79

第一节 一般物理、化学常数..... 79

一、物理学基本常数(79) 二、元素的密度、熔点及沸点(80) 三、气体、液体、固体及合金的密度(81) 四、硫酸水溶液的密度(82) 五、某些物质及材料的热导率(导热系数)(84) 六、液体、固体的热膨胀系数(85) 七、各种气压下水的沸点表(86) 八、金属的电阻率(87) 九、绝缘体的电阻率(88) 十、固体、高分子、液体及气体的介电常数(88) 十一、击穿电压(电介质强度)(89)

第二节 物理测量材料的特性.....89

一、玻璃材料(89) 二、焊接剂的化学成分和用途(91) 三、粘接剂(94) 四、干燥剂(95)

第三节 物理、化学中常见的问题.....95

一、可燃性气体的燃点和混合气体的爆炸范围(95) 二、冷却剂的组成及其冷却温度(95) 三、海水的成分和冻结温度(97) 四、化学溶剂的性能(99) 五、铅在稀硫酸溶液内的腐蚀速度(99) 六、大气的成分(99)

第五章 常用磁性材料

周国强 喻杰 范役新100

第一节 磁性材料的分类100

一、软磁材料(100) 二、硬磁材料(101)

第二节 电工用硅钢片101

一、电工硅钢片的分类和用途(101) 二、热轧硅钢片的电磁性能(101) 三、冷轧硅钢片的电磁性能(102) 四、硅钢片的标称尺寸(103)

第三节 常用硅钢片的磁化曲线和损耗曲线数据104

一、中小型电机用硅钢片特性曲线数据(104) 二、中小型变压器用硅钢片的特性曲线数据(107)

第四节 电工用纯铁材和纯铁薄板108

一、纯铁材的电磁性能(108) 二、纯铁薄板的电磁性能(108)

第六章 常用导体材料

许家瑞 黄为110

第一节 常用的有色金属材料110

一、材料的特性(110) 二、铜的型号、成分和用途(113) 三、铝的型号、成分和用途(113) 四、换向器用铜的型号和性能(114)

第二节 电工中常用的合金114

一、铜合金(114) 二、铝合金(115)

第三节 电刷115

一、电刷的更换(115) 二、电刷的选择(116) 三、各种电刷的技术特性、工作条件和外型尺寸(117)

第七章 常用电工绝缘材料

李民厚 李春荣121

第一节 电绝缘树脂121

第二节 绝缘漆和胶123

一、绝缘漆和胶的分类及用途(123) 二、浸渍漆(123) 三、覆盖漆(125) 四、

半导体漆的配制及应用范围 (127)	
第三节 层压制品	129
一、层压纸板 (129) 二、层压布板 (131) 三、层压玻璃布板 (132)	
第四节 橡胶制品	133
一、橡皮 (133) 二、硬橡皮 (134)	
第五节 塑料、薄膜、粘带及复合制品	134
一、弹性塑料 (134) 二、薄膜 (135) 三、粘带 (136) 四、复合制品 (137)	
第六节 天然纤维纺织品	139
一、电工用棉布、麻布、丝绸 (139) 二、电工用棉布带 (139)	
第七节 浸渍纤维制品	140
一、漆布 (140) 二、漆绸 (141) 三、玻璃漆布 (142) 四、防电晕漆布 (144)	
五、漆管 (144) 六、绑扎带 (145) 七、未浸渍的玻璃纤维制品 (146)	
第八节 电绝缘纸和纸板	147
第九节 云母制品	150
第十节 液体电介质	157
第十一节 气体电介质	158
第十二节 绝缘材料用的防霉剂和防霉剂的溶剂	158
第八章 电瓷制品	
黄礼耀 张开贤 孙淑俊 喻杰	161
第一节 高压穿墙套管	161
一、电气性能 (161) 二、外形尺寸 (162)	
第二节 绝缘子	171
一、技术数据 (171) 二、外形尺寸 (175)	
第三节 设备瓷套	185
一、变压器瓷套的外形尺寸 (185) 二、断路器瓷套的外形尺寸 (190) 三、电缆瓷套的外形尺寸 (193) 四、油浸纸电容式套管 (196)	
第四节 电瓷设备的防污闪	197
一、防止电瓷外绝缘污闪的基本措施 (198) 二、附盐密度测量及其计算方法 (202)	
第九章 常用润滑材料	
黄为 吕丽远	205
第一节 润滑剂和润滑方法的选择	205
一、脂润滑 (205) 二、油润滑 (205) 三、固体润滑 (206)	
第二节 常用润滑剂的主要性能和用途	207
一、润滑脂的性能和用途 (207) 二、润滑油的性能和用途 (208) 三、二硫化钼润滑脂的性能和用途 (210) 四、二硫化钼油剂的性能和用途 (211) 五、膨润土润滑脂的性能和用途 (211) 六、胶体石墨润滑剂的性能和用途 (212)	
第十章 电缆	
李春荣 周志贤	213

第一节 电力电缆的技术数据	213
第二节 电缆头	242
一、电缆头及其基本要求 (242) 二、电缆头及其组成部分的技术规范 (245) 三、纸绝缘电力电缆头的制作工艺 (252) 四、塑料、橡皮电缆终端头制作工艺 (254)	
第三节 控制、信号电缆及高频电缆	259
一、控制电缆的技术数据 (259) 二、信号电缆的技术数据 (260) 三、高频电缆的技术数据 (261)	
第四节 电缆线路的运行及维护	261
一、电缆线路的运行 (261) 二、电缆线路的维护 (263)	
第五节 电缆的故障及检修	264
一、电缆的故障 (264) 二、电缆线路的检修 (265)	

第十一章 导线

李春荣	269
第一节 裸电线	269
一、裸绞线 (269) 二、软接线 (272) 三、型线 (273)	
第二节 电磁线	280
一、电磁线的种类、特点及主要用途 (280) 二、电磁线的规格尺寸 (286) 三、电磁线的电气性能 (292)	
第三节 绝缘电线	294
一、橡皮、塑料绝缘电线 (294) 二、橡皮、塑料绝缘软线 (299) 三、聚氯乙烯绝缘屏蔽电线 (302) 四、电机、电器引接线 (302)	

第十二章 同步电机

李民厚	307
第一节 名词解释、电机特性及参数	307
一、名词解释 (307) 二、电机的特性 (315) 三、汽轮发电机的技术参数 (320) 四、水轮发电机的技术数据 (320)	
第二节 同步电机的结构特点	321
一、水轮发电机的结构特点及其型号 (321) 二、汽轮发电机的结构特点及其型号 (323)	
第三节 同步发电机运行的一些问题	329
一、事故过负荷运行 (329) 二、发电机的失磁运行 (330) 三、电晕的产生和防晕措施 (332) 四、轴电流的产生和防止 (334) 五、负荷不对称及其危害 (335) 六、转子接地 (337) 七、转子层间短路 (337) 八、发电机并列 (337) 九、汽轮发电机事故时变为调相机运行 (338) 十、发电机升不起电压 (339) 十一、发电机定子绕组和铁芯温度过高 (339) 十二、发电机内部绝缘故障 (340) 十三、励磁机逆励磁 (用直流励磁机励磁的汽轮发电机) (341) 十四、发电机电压的变化及其影响 (341) 十五、发电机频率的变化及其影响 (341) 十六、发电机非同期振荡 (342) 十七、水轮发电机的振动 (344) 十八、汽轮发电机的振动 (344) 十九、水轮发电机的特殊运行方式 (346) 二十、电腐蚀 (348) 二十一、水冷发电机端部构件发热 (348) 二十二、水轮发电机甩油的原因及处理方法 (349) 二十三、发电机的解列与停机 (352) 二十四、发电机停机后的维护 (353) 二十五、	

强行励磁的作用和注意事 项 (353)	二十六、自动灭磁装置的作用和灭磁电阻值的确定(353)
二十七、同步发电机的 防火 (354)	二十八、同步发电机带负荷的速度 (355)
二十九、同步发电机功率与电压、功率因数和频率的关系 (355)	三十、同步发电机的励 磁 (356)
第四节 同步发电机的冷却系统	358
一、各种冷却方式的分类 (358)	二、通风系统简述 (358)
三、空气冷却(359)	四、空气调节冷却 (365)
五、氢气冷却 (366)	六、水冷电机 (373)
第五节 同步电机的检修	384
一、发电机组的磁化和退磁方法 (384)	二、发电机绕组的绝缘 (388)
三、定子绕组端部接头(395)	四、发电机主要导电部分的电流密度(399)
五、线圈绝缘水平的鉴定 (401)	六、线棒 绝缘击穿的局部修理 (402)
七、发电机定子测温用电阻温 度 计 的 改进 (403)	八、转子接地和绝 缘电阻过低的修理 (405)
九、转子绕组匝间短路的修理 (407)	十、转 子绕组端部垫块的配制 (409)
十一、水内冷机组绝缘水管的更换 (410)	十二、定子铁芯损坏的修理 (412)
十三、护 环和心环的简单计算和拆装、护环的修理和拼接(416)	十四、集电环的检修和更换 (425)
十五、风 扇的计算、检修和拆装 (426)	十六、密封胶的特点和配制 (435)
十七、氢内冷汽轮发电 机转子通风沟的吹风检查 (436)	十八、发电机的干 燥 (438)
第六节 同步发电机的技术数据	442
一、水轮发电机组的技术数据 (442)	二、汽轮发电机的技术数据 (445)
三、柴油发 电机组的技术数据 (447)	
第七节 同步调相机	448
一、同步调相机的主要结构 (448)	二、T·T系列同步调相机的型号和技术数据 (449)
三、同步调相机的起动 (449)	四、同步调相机运 行中的几个问题 (451)
五、同步调相机大修后的测量项目和标准 (451)	
第八节 同步电动机	453
一、各系列同步电动机的型号和适用范围 (453)	二、同步电动机的起动方法 (456)
三、同步电动机的故障及处理方法 (474)	四、同步电动机的技术数据 (474)
第十三章 异步电动机	
李民厚 孙淑俊	475
第一节 异步电动机的构造和型号	475
一、异步电动机的构造 (475)	二、异步电动机的型号和用途 (478)
三、异步电动机 的铭牌 (479)	
第二节 异步电动机的绕组	483
一、电动机绕组的参数 (483)	二、三相交流绕组的布置原则 (484)
三、一相 绕组中 线圈的连接 (484)	四、三相绕组简化表示法 (487)
第三节 异步电动机的起动	490
第四节 异步电动机的运行	493
一、电动机的负荷电流和允许温升 (493)	二、电压允许变动范围 (494)
三、电动机 的 响声、振动和气味 (495)	四、轴承的维护和润滑 (495)
五、三相电动机的 单相运行及其 防止 (496)	

第五节 三相异步电动机的故障及其检查	500
一、异步电动机的故障处理(500) 二、绕组接地故障的检查(505) 三、绕组短路故障的检查(507) 四、绕组断路故障的检查(509) 五、绕组头、尾的检查(511) 六、线圈或线圈组(极相组)接反的检查(513) 七、鼠笼转子断条的检查(514)	
第六节 三相异步电动机故障的修理	516
一、端盖的修理(516) 二、轴的修理(517) 三、轴承的检修(518) 四、绕组接地的修理(518) 五、绕组短路的修理(518) 六、绕组开路的修理(519) 七、异步电动机转子的修理(520) 八、电动机修理时不同线径导线的代用(521)	
第七节 异步电动机定子绕组的重绕	526
一、查明电动机使用和损坏的情况(526) 二、记录铭牌和数据(526) 三、异步电动机铁芯和线圈的技术数据(527) 四、绕线木模尺寸的简单计算(552) 五、槽衬绝缘的尺寸与厚度(554) 六、接线(555) 七、绕组的浸漆与烘干(555) 八、绕线式转子绑扎钢丝的直径与匝数的选择(556) 九、检查试验(559)	
第八节 异步电动机的空壳重绕和鼠笼式转子绕组的计算	561
一、异步电动机的空壳重绕计算(561) 二、鼠笼式转子绕组的计算(572)	
第九节 异步电动机的改压和改极	574
一、电动机的改压计算(574) 二、电动机的改极计算(581)	
第十节 异步电动机起动保护及控制设备等的选择	590
第十一节 轴承	598
一、滚动轴承的代号(598) 二、滚动轴承的安装和拆卸(601) 三、异步电动机常用的滚珠轴承(608) 四、电工常用的滚动轴承及其技术数据(610)	
第十二节 特殊用途的异步电动机	618
一、三相换向器式异步电动机(618) 二、滑差异步电动机(电磁调速异步电动机)(627) 三、潜水异步电动机(629) 四、JO2-WF系列户内(外)防腐三相异步电动机(632) 五、JLT系列三相交流力矩电动机(632) 六、单绕组多速异步电动机(635) 七、防爆型异步电动机(643)	
第十三节 异步电动机的技术数据	654
第十四章 直流电机	
石开林 周国强 李民厚	701
第一节 直流电机的基本知识	701
一、基本原理与结构(701) 二、直流电机的励磁方式(704) 三、直流电机出线端的标志(704) 四、直流电机铭牌的含义(704) 五、直流电机名词解释(706)	
第二节 直流电机的运行及维护	708
一、直流电机使用前的准备和检查及运行注意事项(708) 二、直流电机的运行特性(709) 三、直流电机运行时的接线(713) 四、直流电机的起动与停机(714) 五、直流电机的维护(718) 六、直流电机火花等级的鉴别(721) 七、直流电机的可逆作用(721)	
第三节 直流电机的故障及其处理方法	722
第四节 直流电机的检修	726

一、直流电机电枢绕组的绕制方法及有关计算(726)	二、磁极绕组的检修(731)	三、
换向器的检修(733)	四、励磁机换向器表面的镀铬(736)	
第五节 直流电机的技术数据	739	
一、励磁机的技术数据(739)	二、Z2系列直流电机的技术数据(739)	三、大、中型
直流电机的技术数据(739)		

电 工 基 础 知 识

李民厚 周国强 李春荣 黄礼耀 方宪章

第一节 基本定律和定则以及 典型电路的分析

一、常用的电工基本定律及定则

1. 欧姆定律

(1) 直流电路中的欧姆定律。对于直流电路, 分为一段电路和全电路欧姆定律。

1) 一段电路欧姆定律, 如图1-1-1所示。在此段电路中, 电压 U_{cd} (V)、电流 I (A)和电阻 R (Ω)三者间的关系可用下式表达:

$$I = \frac{U_{cd}}{R}$$

2) 全电路欧姆定律, 如图1-1-2所示。将电源内阻 r_0 及电动势 E 均计算在内时, 电路中的电流 I (A)、电势 E (V)、电阻 R (Ω)及电阻 r_0 (Ω)间的关系可用下式表达:

$$I = \frac{\sum E}{\sum R} = \frac{E}{R + r_0}$$

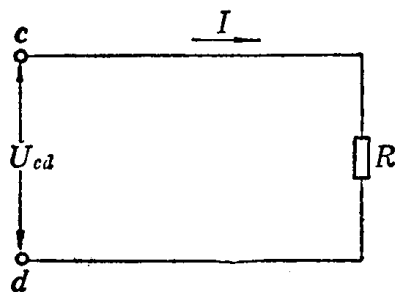


图 1-1-1 一段电路欧姆定律

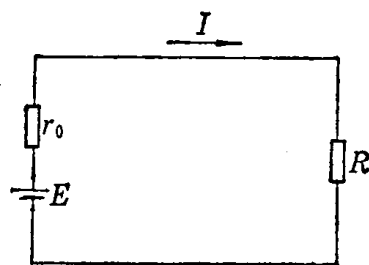


图 1-1-2 全电路欧姆定律

(2) 交流电路中的欧姆定律。当电流、电压、电势及阻抗用复数表示时, 电路中任一段电路或全电路的电流、电压、阻抗的关系, 与直流电路中欧姆定律的一般表达式相同。

2. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫第一定律。对于电路中的任一节点，流入节点的电流总和等于流出该节点的电流总和，即任一节点上电流的代数和为零。其一般表达式为：

在直流电路中： $\Sigma I = 0$

在交流电路中： $\Sigma i = 0$

或 $\Sigma \dot{I} = 0$

(2) 基尔霍夫第二定律。在任一闭合回路中，电势的代数和等于电压降的代数和。其一般表达式为：

在直流电路中： $\Sigma E = \Sigma IR$

在正弦交流电路中： $\Sigma \dot{E} = \Sigma \dot{I} Z$

3. 电磁感应定律

线圈中感应电动势 e (V) 的大小，与穿过该线圈的磁通对时间的变化率 $\frac{d\Phi}{dt}$ (Wb/s) 及线圈匝数 W 的乘积成正比。即：

$$|e| = \left| W \frac{d\Phi}{dt} \right|$$

4. 楞次定律

线圈中感应电势的方向，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，这个规律称为楞次定律。即：

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

5. 焦耳-楞次定律

电流通过导体时的发热量 Q (J)，与电流 I (A) 的平方、导体电阻 R (Ω) 及电流流过的时间 t (s) 的乘积成正比。即：

$$Q = I^2 R t$$

6. 右手螺旋定则

导体中的电流方向和电流通过时所产生的磁场方向符合右手螺旋定则。当导体为一根导线时，拇指方向为电流方向，四指方向为磁力线方向。如图 1-1-3 所示。当导体为螺管线圈时，四指方向为电流方向，拇指方向为磁力线方向。如图 1-1-4 所示。

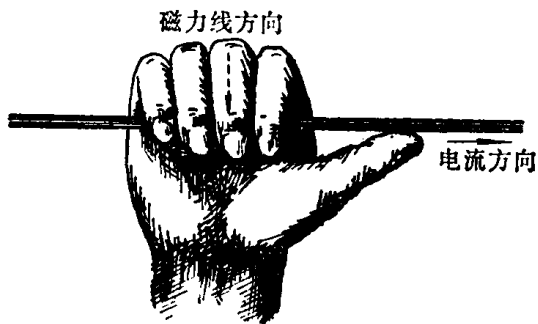


图 1-1-3 单导线右手定则



图 1-1-4 螺管线圈右手定则

7. 左手定则 (电动机左手定则)

通电导体在磁场中受力的方向, 可用左手定则确定。如图 1-1-5 所示, 左手平伸, 手心对着磁力线, 四指表示导体电流方向, 姆指的指向即为导体受力的方向。

8. 右手定则 (发电机右手定则)

导体作切割磁力线运动时, 导体中产生的感应电动势方向, 可以用右手定则确定。如图 1-1-6 所示, 平伸右手, 手心对着磁力线, 大姆指表示导线运动方向, 四指即为感应电动势的方向。

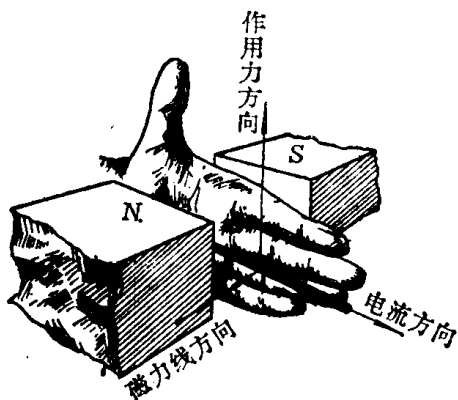


图 1-1-5 左手定则 (电动机左手定则)

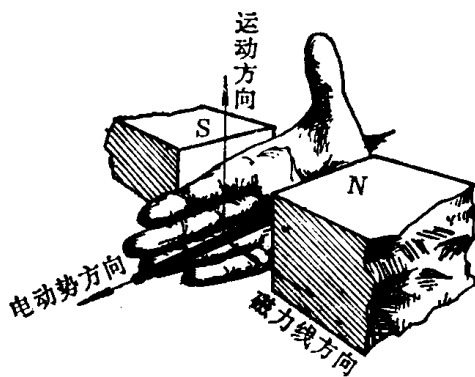


图 1-1-6 右手定则 (发电机右手定则)

9. 通电导线周围磁场强度的计算定则

在通电导线周围产生磁场, 此磁场的磁场强度向量 H (A/m) 沿任何闭合曲线 l (m) 所取的线积分, 等于穿过此闭合曲线内的全电流 i (A)。即:

$$\oint H dl = i$$

10. 磁路的基尔霍夫定律

(1) 磁路的基尔霍夫第一定律: 对于磁路中的任一节点, 通入节点的磁通总和等于流出该节点的磁通总和, 即任一节点上磁通的代数和为零。即:

$$\sum \Phi = 0$$

(2) 磁路的基尔霍夫第二定律。在任一闭合磁路中, 各段磁位差 U_m (磁场强度与磁路段的乘积, 单位 A) 的代数和等于作用于该磁路磁动势 F_m (A) 的代数和。即:

$$U_m = \sum H L = \sum F_m$$

11. 磁路的欧姆定律

一段均匀的磁路, 其截面为 S (cm²), 穿过的磁通为 Φ (Wb), 则

$$\Phi = BS$$

这是一段磁路的欧姆定律。它也可以用磁路的长度 L (m), 磁导率 μ (H/m), 磁场强度 H (A/m), 这段磁路的磁位差 U_m (A) 及磁阻 R_m (H⁻¹) 等物理量来描述:

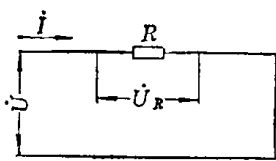
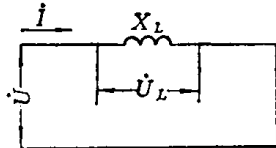
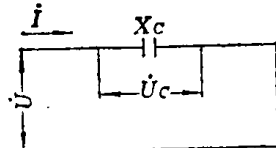
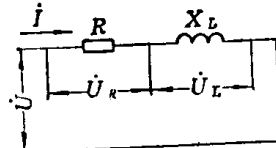
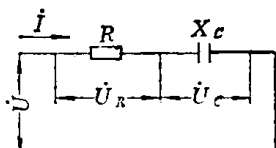
$$\Phi = \mu HS = U_m / R_m$$

磁阻 R_m 是描述磁路特性的物理量, 由于磁导率 μ (H/m) 不是常数, 所以磁阻也不是一个常数。因此, 一般仅用于作定性分析。

二、各种典型的电路分析

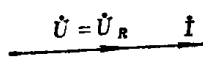
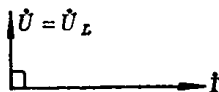
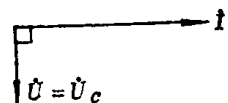
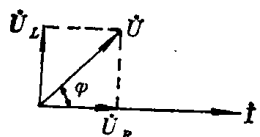
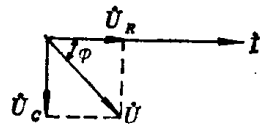
表 1-1-1

各种典型电路的

典 型 电 路	阻 抗	电 流	电 压	功 率 因 数
	$Z = R$	$i = \frac{\dot{U}_R}{R}$	$\dot{U} = \dot{U}_R$	$\cos \varphi = 1$
	$Z = jX_L = j\omega L$	$i = \frac{\dot{U}_L}{jX_L}$	$\dot{U} = \dot{U}_L$	$\cos \varphi = 0$
	$Z = -jX_C = -j\frac{1}{\omega C}$	$i = -j\frac{\dot{U}_C}{X_C}$	$\dot{U} = \dot{U}_C$	$\cos \varphi = 0$
	$ Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ $Z = R + jX_L$	$i = \frac{\dot{U}}{Z}$	$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L$	$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$
	$ Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ $Z = R - jX_C$	$i = \frac{\dot{U}}{Z}$	$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_C$	$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$

各种典型电路的阻抗、电流、电压、功率的计算公式及相量关系等,如表1-1-1所列。

计 算 公 式 及 相 量 关 系

相 量 图	有 功 功 率	无 功 功 率	视 在 功 率
	$P = I^2 R$	$Q = 0$	$S = P$
	$P = 0$	$Q_L = I^2 X_L$	$S = Q_L$
	$P = 0$	$Q_C = I^2 X_C$	$S = Q_C$
	$P = I^2 R$	$Q_L = I^2 X_L$	$S = \sqrt{P^2 + Q_L^2}$
	$P = I^2 R$	$Q_C = I^2 X_C$	$S = \sqrt{P^2 + Q_C^2}$