

电修手册

机械工业出版社

北京机械工程学会设备维修分会 组编

周希章 主编

上册

电 修 手 册

北京机械工程学会设备维修分会 组编

周希章 主编

(上 册)



机械工业出版社

本手册分为三篇。第一篇包括电气维修的基本知识、常用资料、电机维修、低压电器维修、电力拖动及自动控制基础、电气维修读图及典型电路介绍、安全用电和节约用电等。第二篇包括金属切削机床的电气维修、电加工机床的电气维修、数控机床的电气维修、数显装置及应用、可编程序控制器在工业控制上的应用等。第三篇包括起重机的电气维修、电梯的电气维修、焊接设备的电气维修、变配电设备的电气维修、变压器的维修、电能发生设备的电气维修、电阻炉的电气维修、感应加热电炉的电气维修、电弧炼钢炉的电气维修、工业电视的维修等。

本手册内容系统、丰富，素材新颖、全面，条理清晰，层次分明，既有简明扼要的原理阐述，又有系统实用的运行维护、检修测试、故障分析处理等维修技术。具有综合性、系统性、实用性、先进性等特点。

本手册是从事电气维修工作的技术人员和中级以上电工使用的工具书，也可供大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电修手册/周希章主编. —北京: 机械工业出版社, 1996. 10
ISBN 7-111-05193-9

I. 电… II. 周… III. 电气设备-维修-手册 IV. TM07-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 05439 号

出版人: 马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码 100037)
责任编辑: 李振标 版式设计: 李松山 责任校对: 肖新民
封面设计: 姚毅
北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
1997年3月第1版·1997年3月第1次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·102印张·3189千字
0 001—5 000册
定价: 180元(上、下册)

《电修手册》编委会

主 编	周希章	
副 主 编	郑国基	韦德高
编委会成员	祝允武	周希章
	郑国基	韦德高
	李振标	刘 文
	李春华	韩富春
	陈 林	王永洲

前言

随着电工技术、电力电子技术、电气传动自动化技术、数控技术等迅速发展,对电气维修人员提出了更高的要求。为了提高电气维修人员的技术素质和业务素质,北京机械工程学设备维修分会应机械工业出版社的委托,组织编写了《电修手册》一书。

《电修手册》是从事电气维修工作的技术人员和中级以上电工使用的一本工具书。手册内容系统、丰富、素材新颖、全面、具有以下几方面的特点:

一、在选材和编写上,既突出了重点,又兼顾了全面;既考虑了内容的专一性,又注意了全书的系统性。手册分为三篇,第一篇包括电气维修的基本知识、常用资料、电机维修、低压电器及其维修、电力拖动及自动控制基础、电气维修读图与典型电路介绍、安全用电和节约用电等。第二篇包括金属切削机床的电气维修、电加工机床的电气维修、数控机床的电气维修、数显装置及应用、可编程序控制器在工业控制上的应用等。第三篇包括起重机的电气维修、电梯的电气维修、焊接设备的电气维修、变配电设备的电气维修、变压器的维修、动能发生设备的电气维修、工业炉窑的电气维修、工业电视的维修等。故它是一本综合性、系统性的电修手册。

二、本手册中的电气图均按电气制图及图形符号最新国家标准绘制。电气文字符号、名词术语、计量单位名称和符号等,均采用了最新国家标准中的规定。收集的产品资料及技术数据,既包括了目前仍然大量应用的、有代表性的机型,成熟的产品、材料和工艺,又介绍了最新发展的系列产品、新材料、新工艺,以反映我国当前产品更新换代,技术条件靠拢国际标准的新情况。故它是一本贯彻了我国最新国家标准的电修手册。

三、结合生产、讲求实用、条理清晰、层次分明、图文表格并茂,既有简明扼要的原理叙述,又有运行维护、检修测试、故障分析和处理等方面的实用技术;既体现了现代技术的先进性,又具备解决问题的实用性和通用性。故它是一本实用性强、针对性强的电修手册。

参加本手册编写工作的大部分人员是从事电气技术科研、设计、维修工作的专家、教授、高级工程师,手册汇总了他们实际工作的宝贵经验。本手册各章的编写者为:

第一篇

第一章

第一节 第三节 第四节 许根立

第二节 韩富春

第二章

第一节 韩富春

第二节 李春华

第三节 韩政 谷源坡

第三章 周希章

第四章 陈宝海 李俊贞

第五章 第六章 郑国基

第七章 傅培元 闫志一

第二篇

第一章

第一节 傅守业 官洪有

第二节 谢金生

第三节 张年胜

第四节 所炳远

第五节 李玉和

第六节 周希章

第二章

第一节 胡国民

第二节 李梦辰

第三章

第一节至第三节 高明祥

第四节 高明祥 郭观佑

第四章	第五章	李青松	陈 伶
第三篇			
第一章	吴锡忠	黄作楨	郭豫渤
第二章	陈家盛		
第三章	李序伦		
第四章			
第一节至第五节	杜兆祥		
第六节	吕遵发		
第五章	许根立		

全书由周希章统稿。

本书编写过程中,北京机械工程学会设备维修分会主任委员陈长雄高级工程师给予了关怀与指导,北京汽车摩托车联合制造公司、北京丰台区京宇公司等单位给予了大力支持,对于他们的支持、鼓励和帮助表示深切的谢意!

本手册涉及的内容较为广泛,编者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,敬请广大读者批评指教,以便再版时修正。

第六章	孟宪章	荣继新
第七章	侯玉峰	
第八章		
第一节	第二节	侯玉峰
第三节	张 和	郭维钧
第四节	朱培钧	
第九章	冯敏昌	冯子青
第十章	孟宪章	荣继新

《电修手册》编委会

目 录

上 册

第 一 篇

第一章 电气维修的基本知识.....	1-1-1	三、晶体三极管	1-2-65
第一节 电工基础知识.....	1-1-1	四、场效应管	1-2-65
一、电工常用术语.....	1-1-1	五、半导体集成电路	1-2-76
二、电工常用计算公式及定律.....	1-1-4	第三章 电机维修.....	1-3-1
第二节 电工常用术语.....	1-1-9	第一节 电机的基本知识.....	1-3-1
一、电工电子技术术语.....	1-1-9	一、电机的分类.....	1-3-1
二、电气制图术语	1-1-15	二、电机的铭牌和标志	1-3-11
第三节 电气维修钳工的基本知识 ...	1-1-16	三、电机产品型号	1-3-15
一、电气维修钳工常用量具	1-1-16	第二节 电机的运行维护	1-3-27
二、电气钳工基本操作	1-1-21	一、异步电动机的运行维护	1-3-27
三、公差配合的基本知识	1-1-33	二、同步电动机的运行维护	1-3-31
第四节 电气维修常用仪表	1-1-38	三、直流电动机的运行维护	1-3-32
一、绝缘电阻表	1-1-38	四、电机扩大机的运行维护	1-3-33
二、接地电阻测试仪	1-1-42	五、换向器式调速异步电动机的 运行维护	1-3-36
三、万用表	1-1-42	六、电刷的使用和维护	1-3-40
四、钳形表	1-1-54	第三节 电机常见故障的分析和处 理	1-3-45
五、直流电桥	1-1-55	一、电机故障检查的具体方法	1-3-45
六、电缆故障测试仪和探伤仪	1-1-57	二、异步电动机常见故障的分析 和处理	1-3-48
第二章 常用电气维修资料.....	1-2-1	三、直流电机常见故障的分析和 处理	1-3-48
第一节 图形符号与文字符号.....	1-2-1	四、同步电机常见故障的分析和 处理	1-3-55
一、电气图形符号.....	1-2-1	五、电机扩大机常见故障的分析 和处理	1-3-56
二、电气技术中的文字符号.....	1-2-4	六、换向器式调速异步电动机常 见故障的分析和处理	1-3-58
三、量和单位.....	1-2-8	七、小功率电动机的常见故障分 析和处理	1-3-63
第二节 常用电气维修材料及技术 数据	1-2-14	第四节 电机的修理	1-3-76
一、导电金属材料	1-2-14	一、修理的工艺流程	1-3-76
二、绝缘材料	1-2-17	二、电机的修理项目及质量要求 ...	1-3-76
三、电阻与电热材料	1-2-31	三、电机的拆卸与装配	1-3-76
四、热电偶	1-2-35		
五、胶粘剂与导电膏	1-2-37		
六、润滑脂	1-2-40		
七、电线及其规格	1-2-43		
第三节 电子器件常用参数	1-2-53		
一、半导体器件型号命名法	1-2-53		
二、晶体二极管	1-2-57		

四、铁心的修理	1-3-80	十六、ZBD、ZBF 龙门刨床用直	
五、绕组的修理	1-3-81	流电机技术数据	1-3-192
六、换向器的修理	1-3-114	十七、ZTD、ZTF 电梯用直流电	
七、转轴的修理	1-3-116	机技术数据	1-3-193
第五节 电机修复后的试验	1-3-117	十八、ZKK 系列电机扩大机技术	
一、电机的通用试验	1-3-118	数据、安装尺寸及外形尺	
二、异步电动机试验	1-3-125	寸	1-3-193
三、直流电机试验	1-3-127	十九、小功率异步电动机技术数	
四、同步电机试验	1-3-129	据、安装尺寸及外形尺寸 ..	1-3-200
第六节 常用电机的技术数据	1-3-131	二十、小功率同步电动机技术数	
一、Y 系列异步电动机的技术数		据	1-3-230
据和外形尺寸	1-3-131	二十一、单相换向器电动机技术	
二、YZ 和 YZR 系列电动机技术		数据、安装尺寸及外形	
数据和外形尺寸	1-3-142	尺寸	1-3-232
三、YZRW 系列冶金及起重用涡		二十二、小功率直流电动机技术	
流制动电动机技术数据和和外		数据、安装尺寸及外形	
形尺寸	1-3-154	尺寸	1-3-236
四、YH 系列高转差率异步电动		二十三、步进电动机技术数据、	
机技术数据	1-3-158	安装尺寸及外形尺寸	1-3-247
五、YD 系列变极多速三相异步		第四章 低压电器及其维修	1-4-1
电动机技术数据	1-3-159	第一节 低压电器概述	1-4-1
六、YX 系列高效率三相异步电		一、低压电器的定义及分类	1-4-1
动机技术数据	1-3-163	二、低压电器型号的表示方法及	
七、YEP 系列旁磁制动异步电		其代号的含义	1-4-1
动机主要技术数据	1-3-166	三、低压电器选用原则	1-4-3
八、YEJ 系列电磁制动异步电动		第二节 刀开关和刀形转换开关	1-4-3
机的制动性能	1-3-166	一、刀开关	1-4-3
九、YLB 系列立式深井泵用三相		二、转换开关	1-4-6
异步电动机技术数据	1-3-167	三、刀开关的安装和维护	1-4-11
十、YCJ 系列齿轮减速异步电动		四、刀开关的运行和检修	1-4-11
机技术数据	1-3-167	五、刀开关的故障分析和处理	1-4-12
十一、电磁调速三相异步电动机		第三节 熔断器	1-4-12
技术数据、安装尺寸及外		一、无填料熔断器	1-4-12
形尺寸	1-3-168	二、有填料熔断器	1-4-14
十二、JZS2 系列换向器电动机技		三、熔断器的安装和维护	1-4-16
术数据	1-3-175	第四节 断路器	1-4-17
十三、Z4 系列直流电动机技术数		一、断路器的主要技术数据	1-4-18
据、安装尺寸和外形尺寸 ..	1-3-178	二、断路器的安装、运行、维护	
十四、Z2 及 Z2C 系列并励直流电		与检修	1-4-26
动机、复励直流发电机、并		第五节 控制器	1-4-27
励直流调压发电机技术数		一、平面控制器	1-4-28
据	1-3-185	二、凸轮控制器	1-4-28
十五、ZZY、ZZY-H 及 ZZJ-800		三、KYZ0-600 型蓄电池控制器 ..	1-4-30
系列起重冶金用直流电动		四、控制器的运行及维护	1-4-30
机技术数据	1-3-185	第六节 接触器	1-4-31

一、接触器的类型及主要用途	1-4-31
二、常用接触器的主要技术数据	1-4-32
三、交流接触器无声运行	1-4-45
四、接触器的安装、运行维护及 检修	1-4-46
第七节 继电器	1-4-50
一、继电器的类型及主要用途	1-4-50
二、常用继电器的主要技术数据	1-4-50
三、继电器的安装及运行维护	1-4-70
第八节 起动器	1-4-72
一、起动器的类型及主要用途	1-4-72
二、起动器的主要技术数据	1-4-72
三、自耦减压起动器的运行维护、 常见故障分析和处理方法	1-4-84
第九节 主令电器	1-4-84
一、主令电器的类型及主要用途	1-4-84
二、主令电器的主要技术数据	1-4-84
三、主令电器的常见故障及处理 方法	1-4-98
第十节 电阻器和变阻器	1-4-99
一、电阻器和变阻器的类型及主 要用途	1-4-99
二、电阻器和变阻器的主要技术 数据	1-4-100
三、起动变阻器的常见故障及处 理方法	1-4-114
第十一节 电磁铁	1-4-114
一、电磁铁的类型及主要用途	1-4-114
二、电磁铁的主要技术数据	1-4-114
三、电磁铁的安装、运行维护及 故障处理	1-4-114
第五章 电力拖动自动控制基础	1-5-1
第一节 负载的机械特性及电动机 的机械特性	1-5-1
一、负载机械特性的分类及其特 点	1-5-1
二、电动机的机械特性	1-5-2
三、电动机机械特性的计算	1-5-2
第二节 电动机的起动	1-5-5
一、直流电动机的起动	1-5-5
二、交流电动机起动方法与起动 设备的计算	1-5-7
第三节 电动机的制动	1-5-12
一、直流电动机的制动	1-5-12
二、三相笼型异步电动机的制动	1-5-13
三、绕线转子异步电动机的制动	1-5-15
第四节 直流电动机的调速	1-5-16
一、调速的静态指标	1-5-16
二、直流电动机的调速	1-5-17
三、小容量晶闸管直流调速系统 实例	1-5-19
四、双闭环直流调压调速系统的 典型线路	1-5-20
五、调压调磁调速	1-5-22
六、直流可逆调速系统	1-5-23
第五节 异步电动机的调速	1-5-24
一、三相异步电动机的调压调速	1-5-24
二、绕线转子三相异步电动机的 串级调速	1-5-28
三、三相异步电动机的变频调速	1-5-31
四、变极调速及变极调压调速	1-5-48
五、电磁转差调速	1-5-49
第六节 无换向器电动机及其调速 系统	1-5-50
一、概述	1-5-50
二、无换向器电动机的工作原理	1-5-50
三、无换向器电动机的结构	1-5-52
四、位置检测器输出信号的处理	1-5-53
五、无换向器电动机逆变器的换 流问题	1-5-53
六、无换向器电动机的调速系统 简述	1-5-54
第六章 电气维修读图与典型电路介 绍	1-6-1
第一节 电气控制电路中的典型环 节及其读图方法	1-6-1
一、查线读图法及起动电路介绍	1-6-1
二、图示读图法及可逆运转电路 介绍	1-6-5
三、逻辑代数读图法及变极调速 电路介绍	1-6-7
四、三相异步电动机制动电路介 绍	1-6-11
第二节 电力供电与配电及其接线	1-6-13
一、电力系统的构成	1-6-13
二、工业企业供配电系统及其接 线方式	1-6-13
三、变配电所的主接线	1-6-15
四、车间变电所的主接线	1-6-18
第三节 常用的典型电子电路	1-6-20

一、晶体二极管电子电路	1-6-20	三、保持电气设备完好的途径	1-7-10
二、晶体三极管电子电路	1-6-24	第五节 节约用电的概念	1-7-11
三、运算放大器常用电路简介	1-6-33	一、什么是节约用电	1-7-11
四、晶闸管及其应用简介	1-6-36	二、节约用电的计算	1-7-11
第七章 安全用电和节约用电	1-7-1	第六节 企业供配电合理化	1-7-12
第一节 概述	1-7-1	一、变配电站与负荷中心	1-7-12
一、安全用电	1-7-1	二、线损与电压损失	1-7-12
二、节约用电	1-7-1	三、无功功率补偿	1-7-12
第二节 电气事故	1-7-2	四、电力变压器的经济运行	1-7-13
一、电气事故的分类及原因	1-7-2	第七节 电加热技术改造	1-7-14
二、电流对人体的伤害	1-7-3	一、远红外技术	1-7-14
第三节 防止人身触电的基本措施	1-7-4	二、设备结构改造与电炉节电	1-7-15
一、名词解释	1-7-4	第八节 电动机节电技术	1-7-15
二、直接防护措施	1-7-4	一、电动机的损耗和效率	1-7-15
三、间接防护措施	1-7-6	二、节能电动机	1-7-15
四、电气安全防护装置	1-7-8	三、运行中的异步电动机节电技 术	1-7-16
第四节 电气设备的完好是保证安 全用电的基本条件	1-7-10	第九节 节电技术改造的综合评价	1-7-17
一、电气设备运行特点	1-7-10	一、可靠性	1-7-17
二、电气设备完好的含义	1-7-10	二、经济性	1-7-18

下 册

第 二 篇

第一章 金属切削机床的电气维修	2-1-1	第四章 数显装置及应用	2-4-1
第二章 电火花加工机床的电气维修	2-2-1	第五章 可编程序控制器在工业控制 上的应用	2-5-1
第三章 数控机床的电气维修	2-3-1		

第 三 篇

第一章 起重机的电气维修	3-1-1	第七章 电阻炉的电气维修	3-7-1
第二章 电梯的电气维修	3-2-1	第八章 感应加热电炉的电气维修	3-8-1
第三章 焊接设备的电气维修	3-3-1	第九章 炼钢电弧炉的电气维修	3-9-1
第四章 变压器的维修	3-4-1	第十章 工业电视的维修	3-10-1
第五章 变配电设备电气维修	3-5-1	主要参考文献	
第六章 动能发生设备的电气维修	3-6-1		

第一篇

第一章 电气维修的基本知识

第一节 电工基础知识

一、电工常用术语

电荷

电荷是物质固有的一种特性。它既不能创生,也不能消灭,只能被转移,自然界不存在脱离物质而单独存在的电荷。目前发现自然界中只有两种电荷:正电荷与负电荷。而且负电荷总和电子联系在一起,正电荷总和失去电子的原子、分子、原子团等联系在一起。两个带电荷的物质之间总存在着相互作用的力,同种电荷相互排斥,异种电荷互相吸引。电荷的符号用 Q 表示,衡量电荷数量的单位叫库仑,简称库,记作 C 。

电子

电子是组成物质的基本粒子之一,它带有负电荷。电子是目前已知的自然界中带电量最少的粒子,一个电子带有 -1.602×10^{-19} 库[仑]的电荷。

电流

单位时间内通过某一截面的电荷量叫流过该截面的电流,通用符号是 I ,单位是安培,简称安,记作 A 。1A 电流就是在 1s 的时间内有 1C 的电荷通过该截面。计算公式为

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (A)$$

式中 I ——电流(A);

Δt ——时间的增量(s);

ΔQ ——在 Δt 时间内通过该截面的电荷量(C)。

电流密度

单位截面积上所流过的电流。用下式表示

$$J = \frac{I}{A} \quad \left(\frac{A}{m^2}\right)$$

电位及电位差(电压)

在电场中任意选择一个点作为参考点,用一个正的单位电荷从电场中的某一 a 点移到参考点,这时电场力所作的功,叫作 a 点对参考点的电位,记作 φ_a ,而参考点的电位定为零电位。如果电场力对正电荷所作的功是正值,即 $\varphi_a > 0$,称为正电位;若对正电荷所作的功为负值,即 $\varphi_a < 0$,称为负电位。通常电场中的无穷远点被选作电位的参考零点。在实际

的工程应用中,又常把大地定为电位的参考零点。电位的单位是伏特,简称伏,记作 V 。

如果在电场力的作用下,将一个单位正电荷从电场中的 a 点移到了 b 点,这时电场力所作的功叫作从 a 点到 b 点的电位差,又称电压,记作 U_{ab} 。 $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$ 。如果电场力所作的功是正的,即 $U_{ab} > 0$,称为正电压;若是负功,即 $U_{ab} < 0$,称为负电压。电压的单位也是伏特,简称伏,记作 V 。

电动势

单位正电荷在电场力的作用下,由低电位移向高电位时,电场力所作的功,称为电动势。电动势的符号用 E 表示,单位为伏特,简称伏,记作 V 。电动势的通用符号是 E 。

电阻

导体具有导电的能力,但当电流通过导体时,导体本身又对电流产生阻力,这种阻碍电流流过的能力,称为电阻,通用符号是用 R 表示。电阻的大小与导体的长度成正比,与导体的截面积成反比,而且还和导体本身的材料有关,因此电阻可以用下式来计算:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (\Omega)$$

式中 l ——导体的长度(m);

A ——导体的截面积(m^2);

ρ ——导体的电阻率,与导体材料有关,其值就是 $l=1m$, $A=1m^2$ 时该导体的电阻值($\Omega \cdot m$)。

电阻的单位是欧姆,简称欧,记作 Ω 。在电子工程中还用兆欧($M\Omega$),千欧($k\Omega$)表示, $1M\Omega=10^6\Omega$, $1k\Omega=1000\Omega$ 。

电导

电阻值的倒数叫电导。它表示导体传导电流的本领,用符号 G 表示。单位为〔西门子〕,记作 S 。

电功率

单位时间内电源所作的功叫电功率,一般用符号 P 表示。单位是瓦特,简称瓦,单位符号用 W 表示。如果在一个电阻值为 R 的电阻两端加有电压 U ,而流过 R 的电流为 I ,那末电源在该电阻上所消耗的电功率

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (W)$$

电能

在某一时间内电源所作的功叫电能。电能的符号用 W 表示；单位是〔焦耳〕，单位符号为 J 。在日常生活中常用千瓦小时作电能的计量单位，单位符号 $kW \cdot h$ ，千瓦小时俗称度， $1kW \cdot h$ (度)是指电源(或负载)在 $1h$ 内输出(或消耗)的电功率。其计算公式为

$$W = Pt = UI t \quad (J)$$

式中 W ——在 t 时间内电源所送出的电能(J)；

P ——电源输出的功率(W)；

U ——电源电压(V)；

I ——电源输出的电流(A)。

直流

如果电流的大小和方向都不随时间变化，称为稳恒电流，简称直流。在日常应用中，电流的大小虽然随时间有所变化，但电流方向是永远不变的，也称为直流。

交流

电流或电压的大小和方向都随时间变化，称为交流电流或交流电压。通常所说的交流电是指大小和方向随时间按正弦规律作周期性变化的电流或电压。它的波形如图 1-1-1 所示。该正弦交流电流可以

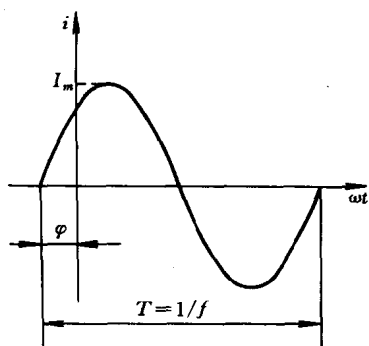


图 1-1-1 正弦交流电流波形图

写成如下的表达式：

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

式中 i ——瞬时电流或电流的瞬时值；

I_m ——电流的幅值或峰值，即最大值；

ω ——电流的角频率；

φ ——电流的初相角；

$\omega t + \varphi$ ——电流的相位角，简称相角，有时把初相角也简单叫作相角。

周期

周期性变化的交流电，完成一次交变所需要的时间，称为周期。通用符号是 T ，单位为 s ，参见图 1-1-1。

频率

在单位时间($1s$)内，周期性的交流电所完成的交变次数，称为频率。通用符号是 f ，单位为赫兹，简称赫，记作 Hz 。它与周期的关系是互为倒数，即 $f = \frac{1}{T}$ 。

在电子工程中，常用千赫(kHz)或兆赫(MHz)作单位。

$$1kHz = 10^3 Hz$$

$$1MHz = 10^6 Hz$$

我国工业上的交流电频率为 $50Hz$ ，简称工频。

振幅

交流电流或交流电压，在一个周期内出现的电流或电压的最大值叫振幅。通常用 I_m 及 U_m 来表示。

瞬时值

交流电流或交流电压在任意时刻的数值称为瞬时交流电流及瞬时交流电压。通常用 i 及 u 表示。

有效值

当交流电流 i 通过一个电阻时，它所产生的热量，如果和一个稳恒直流电流 I 通过同一电阻时所产生的热量相等，那末把该稳恒直流电流值的大小称为该交流电流的有效值。通常记作 I 。 I 与 i 的关系是

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

式中 T ——交流电流 i 的周期。

有效值又称为方均根值。以此类推，电压的有效值是

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt}$$

如果 i 或 u 都是正弦波形的交流电，那末有效值与其最大值的数量关系是

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

平均值

如果一个交流电流 i 在一个周期内通过导体的某一截面时的绝对电荷数，与一个稳恒直流电流在同一时间内通过同一截面时的电荷数相等，那末该稳恒直流电流值的大小就可作为该交流电流的平均值。如果 i 是正弦交流电流，其幅值是 I_m ，那末它的平均电流 I_{av} 与其幅值及有效值的关系是

$$I_{av} = \frac{2}{\pi} I_m = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} I$$

以此类推, 正弦交流电压的平均值是

$$U_{av} = \frac{2}{\pi} U_m = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U$$

相位角与相位差

公式 $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ 的正弦电流表达式中的电角度 $(\omega t + \varphi)$ 称为它的相位角, 简称相位或相角。当 $t=0$ 时的相角 φ 叫初相角或初相。两个同频率的正弦量的初相角之差值, 称为它们的相位差。相位差为零的两个正弦量, 称为同相。要注意的是: 只有同频率的两个交流电量才能比较它们的相位差, 但这两个交流电量可以不同名, 例如两个同频率的交流电压可以比较其相角, 一个交流电流, 一个交流电压, 只要他们同频率, 也可以比较其相角。

角频率

正弦形的交流电, 相位角在每秒中变化的角度(以弧度来计算), 称为角频率, 通用符号是 ω 。单位是 rad/s。它与周期和频率有如下的关系式:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (\text{rad/s})$$

瞬时功率

交流电路中任一瞬间产生或消耗的功率, 称为瞬时功率。它的数值等于同一瞬时电流 i 与瞬时电压 u 的乘积, 用小写 p 表示

$$p = ui \quad (\text{W})$$

有功功率及功率因数

交流电路中在一个周期内产生或消耗的平均功率。通常用大写的 P 表示。

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt$$

如果是正弦交流电路, 那末有功功率可用下式表示:

$$P = UI \cos \varphi \quad (\text{W})$$

式中 U ——正弦交流电压的有效值(V);

I ——正弦交流电流的有效值(A);

$\cos \varphi$ ——功率因数;

φ ——正弦交流电压与正弦交流电流的相位差角, 又叫功率因数角。

视在功率

在正弦交流电路中, 电压的有效值 U 与电流有效值 I 的乘积, 称为视在功率。它不是电路实际消耗功率的大小, 通用符号为 S , 基本单位伏安(VA)。视在功率也叫表观功率。

$$S = UI \quad (\text{VA})$$

无功功率

在正弦交流电路中, 无功功率由下式计算:

$$Q = UI \sin \varphi$$

式中 Q ——无功功率, 单位为 var

无功功率表示交流电路与电源之间互相交换能量的大小。当 φ 为负值(容性)时, Q 为负值, 表示用电设备向电源发出无功功率; 当 φ 为正值(感性)时, Q 为正值, 表示用电设备从电源吸收无功功率。

视在功率、有功功率和无功功率有如下的关系

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

三相对称交流电压(电流)

从三相交流发电机或三相变压器的三个输出端引出来的三个电压(或电流), 如果满足下面的三个表达式的, 称为三相对称交流电压(或电流), 该电源就叫做三相对称电源。

$$u_U = U_m \sin \omega t$$

$$u_V = U_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$u_W = U_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

从上式可看出它们的幅值、角频率完全相等, 只是相位互差 120° 电角度。

线电压

三相对称电路中, 任意两条端线(俗称火线)之间的电压, 称为线电压。

相电压

三相对称电路中, 每相绕组或每相负载上的电压, 或者说端线与中性线之间的电压, 称为相电压。

电感

自感与互感合称电感。有时只有自感也称电感。通用符号用 L 表示。

一个载流线圈, 在没有铁磁材料存在的条件下, 载流线圈所产生的磁通〔量〕与电流的大小成正比, 那末其磁链 ψ (即磁通〔量〕与线圈匝数的乘积) 也与电流成正比, 因此, 可以写成

$$\psi = Li$$

$$\text{或} \quad L = \frac{\psi}{i}$$

式中的比例常数 L 就叫自感系数, 简称自感。 L 的大小与线圈的形状及尺寸有关。如果线圈内部或周围有磁性材料存在, 那么式中的比例系数 L 不一定是一个常数, 一般不能用一个简单的公式来表达, 但也称自感。自感的单位是亨利, 简称亨, 单位符号用 H 表示。

在没有铁磁材料存在的条件下, 两只互相靠近的线圈, 线圈 1 中的电流 i_1 所产生的磁通与线圈 2 相交链的磁链 ψ_{21} 正比于 i_1 , 可以写成

$$\psi_{21} = M_{21} i_1$$

$$\text{或} \quad M_{21} = \frac{\psi_{21}}{i_1}$$

式中的比例常数 M_{21} 叫作线圈 1 对线圈 2 的互感系数, 简称互感。

同理可得线圈 2 对线圈 1 的互感系数为

$$M_{12} = \frac{\psi_{12}}{i_2}$$

可以证明 $M_{12} = M_{21}$ 。互感系数的大小表示两个线圈之间互相耦合松紧的程度。它们的大小和两个线圈各自的匝数多少、尺寸、形状及相互的位置有关。如果线圈的周围存在着铁磁材料, 那末上式中的比例系数不一定是一个常数, 一般不能用简单的公式来计算, 但还是称互感。互感的单位与自感的单位完全一样。

电容

两块彼此互相绝缘的导体组成的整体, 称为电容器, 它具有储存电荷 (Q) 的能力, 一块导体带正电荷, 另一块一定带负电荷。储存电荷量的多少与加在两导体之间的电压大小成正比, 可以用下式来表示:

$$Q = CU$$

$$\text{或} \quad C = \frac{Q}{U}$$

式中的比例常数 C 称为这两导体之间的电容。

C 的大小与两导体的形状、尺寸大小、互相间的距离及导体之间的绝缘介质性质有关。单位是法拉, 简称法, 记作 F。

感抗、容抗及阻抗

当交流电流流过一个有电感 (自感或互感) 的线

圈时, 电感具有阻碍交流电流通过的能力, 而且交流电流的频率越高, 阻力越大, 这种阻力作用叫感抗, 其数值可用下式表示:

$$X_L = 2\pi fL = \omega L \quad (\Omega)$$

$$\text{或} \quad X_M = 2\pi fM = \omega M \quad (\Omega)$$

式中 X_L ——自感抗;

X_M ——互感抗;

ω ——交流电角频率。

当交流电流通过一个电容器时, 也会遇到阻力, 这种阻力作用叫容抗。阻力的大小与交流电流的频率及电容器电容量的大小成反比, 可用下式表示:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C} \quad (\Omega)$$

容抗及感抗又都可称为电抗。

由电阻、电抗所组成的交流电路, 它们共同产生对交流电流的阻力作用, 称为阻抗, 一般用 Z 表示。所以阻抗是电阻、感抗、容抗的公共称呼。它们的关系可用下式表示 (复数表示法及极坐标表示法):

$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

$$\text{或} \quad |Z| \angle \varphi = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \angle \varphi$$

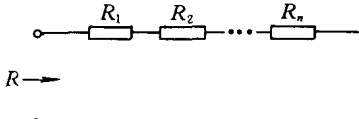
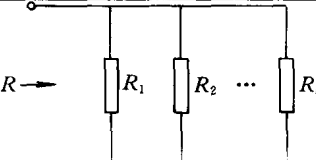
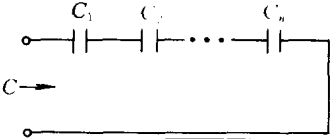
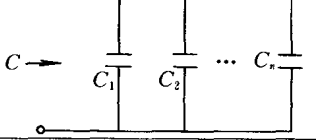
式中 $\varphi = \tan^{-1} \frac{X_L - X_C}{R}$ 叫作阻抗角, 其大小与功率因数角相等。

二、电工常用计算公式及定律

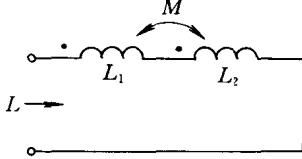
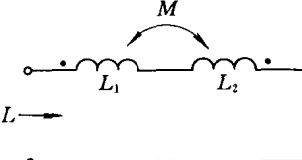
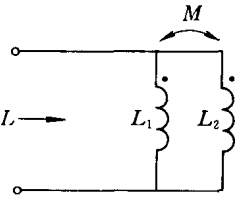
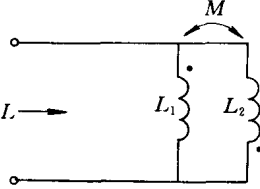
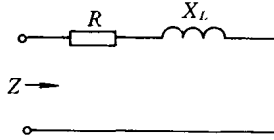
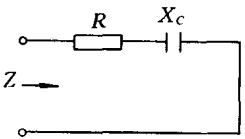
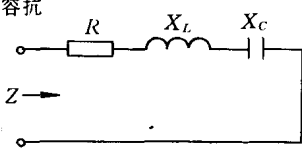
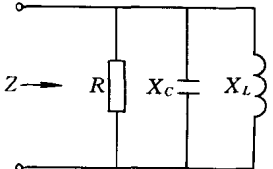
(一) 阻抗变换的计算公式

表 1-1-1 为阻抗变换公式表。

表 1-1-1 阻抗变换公式表

计算内容	阻 抗 联 接 图	等效阻抗计算公式
串联电阻总电阻的计算		$R = R_1 + R_2 + \dots + R_i + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$ $G = \frac{1}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \dots + \frac{1}{G_i} + \dots + \frac{1}{G_n}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{G_i}}$
并联电阻总电阻的计算		$G = G_1 + G_2 + \dots + G_i + \dots + G_n = \sum_{i=1}^n G_i$ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_i} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$
串联电容总电容的计算		$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_i} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$
并联电容总电容的计算		$C = C_1 + C_2 + \dots + C_i + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i$

(续)

计算内容	阻 抗 联 接 图	等效阻抗计算公式
有互感耦合的电感量计算	顺串 	$L = L_1 + L_2 + 2M$
	反串 	$L = L_1 + L_2 - 2M$
	顺并 	$L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$
	反并 	$L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$
电阻与电抗串联的总阻抗计算	电阻-感抗 	$X_L = \omega L$ $ Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ $\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{R}{X_L}$
	电阻-容抗 	$X_C = \frac{1}{\omega C}$ $ Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ $\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{R}{X_C}$
	电阻-感抗-容抗 	$ Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{R}{X_L - X_C}$
电阻与电抗并联的总阻抗计算		$ Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}}$ $\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}}$