

电工手册

第二版

电 工 手 册

(第 二 版)

《电工手册》编写组

上海科学技术出版社

责任编辑 马雯梅

电 工 手 册

(第 二 版)

《电工手册》编写组

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 商务印书馆上海印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 46.5 插页 4 字数 1580000

1990 年 8 月第 1 版 1990 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1—115,000

ISBN7-5323-2116-9/TM·47

定价: 18.00 元

前 言

机械设备上驱动、控制用的电机、电器和电子器件的应用越来越广泛。为了配合广大电工使用、维修电气设备的需要，我们编写了本手册，供从事电气工作的电工同志在生产实践和学习时参考。

本手册是在上海市徐汇区工人文化科技馆举办的业余技术交流的基础上，由吕如良、史淦森、沈汉昌、陆慧君、程君实、郭文华、夏长发、李亚斌、周国荣、安胜杨、宋彪、陈清泉、范长华、奚炳熙、张根发、王家玮、李陆根、徐荣一、杨柏林、傅成德、石伟中、黄舜年、府君辉等同志编写的。在编写过程中，从编写纲目到内容审查和征求意见，都得到北京、天津、南京、济南、沈阳、西安、青岛、杭州以及上海等地区的有关单位的大力支持，为我们提供了不少宝贵的资料。在集体审稿中，我们又请了有关工厂、研究所、学校等几十个单位的同志参加群众性审稿会议，听取了多方面的意见，进行了反复的修改。所以本手册是大协作的产物，也是集体的成果。

本手册在编辑的内容方面还只是初步的认识，对于手册中错误和不足之处，欢迎广大读者批评指正，以便在重版时修改补充。

编者 1973 年

第二版前言

本书是一本供从事实践的电气工作人员使用的工具书。从1973年出版以来曾多次重印,受到广大读者欢迎。由于电气工业的迅速发展,新型电机、电器和电子器件不断涌现,同时有许多读者向我们提出了不少意见、建议和要求。为了更好地为四化服务,跟上时代步伐,我们进行了本书的修订工作。

本书共十五章,与第一版相比,几乎每一章都有不同程度的修改,更新了内容,充实了数据。其中第5章、第8章、第9章、第12章、第15章等都作较大修改,有些章节内容适当压缩。本书的修订出版使内容更实用,更便于查阅。我们希望本书将成为电气工作者的得力助手。

本书内容虽然丰富,但是仍然不可能把有关电气内容包罗无遗地收集进来;同时由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,欢迎读者批评指正。

参加本书修订工作的有史淦森、吕如良、周国荣、宋彪、李亚斌、沈汉昌、陆慧君、程君实、郭文华、奚炳熙、黄舜年、杨柏林、范长华、徐荣一、府君辉、王家玮等。由上海交通大学史淦森教授统审。

在修订过程中曾得到章志讓、施凉奎、王大麟、袁如红、屠传德等同志的协助,在此表示感谢。

编者 1989年

目 录

第1章 电工常识.....1-1

1-1 常用计算公式.....1-1

1-2 常用表格.....1-4

1-3 常用电工设备图形 符号1-12

第2章 变压器.....2-1

2-1 变压器的基本知识.....2-1

一、变压器的基本原理与额定数据.....2-1

二、变压器的分类和结构.....2-4

三、变压器的连接组别.....2-8

四、三相变压器组别极性的 测量2-14

2-2 电力变压器的技术 数据2-17

2-3 小型单相变压器的 设计和绕制2-23

一、小型单相变压器的设计 ...2-23

二、小型变压器的绕制2-31

2-4 单相和三相干式变 压器的计算2-40

一、计算程序2-40

二、单相干式变压器计算实 例2-46

三、三相干式变压器计算实 例2-50

四、绕组绕制的方法2-54

五、绕组的浸漆与烘干2-60

2-5 特殊用途变压器2-60

一、自耦变压器2-60

二、整流变压器2-67

三、电抗器的计算2-74

四、盐浴炉变压器2-79

五、电流互感器2-84

六、电压互感器2-88

七、磁放大器2-89

八、电磁式稳压器2-96

九、控制用变压器2-98

十、音频输送变压器.....2-116

十一、音频输出变压器.....2-121

十二、收音机电源变压器.....2-123

第3章 三相异步电动机及

其修理.....3-1

3-1 中小型电动机的型号...3-1

3-2 三相异步电动机的 技术数据.....3-9

一、J、JO 系列电动机性能 数据和外形尺寸.....3-9

二、J、JO 系列电动机铁芯、 绕组技术数据3-14

三、J2、JO2 系列电动机性能 数据和外形尺寸3-34

四、J2、JO2、JO2L、BJO2、 JHO2、JO3电动机铁芯、 绕组技术数据3-40

五、JZ、JZR 系列起重冶金 用电动机性能数据和外形 尺寸	3-78	四、嵌线	3-153
六、JZ、JZR 系列起重冶金用 电动机铁芯、绕组技术数 据	3-80	五、接线	3-154
七、JS、JSQ、JR、JRQ、JK系 列中型电动机性能数据	3-82	六、绕组试验	3-166
八、JS、JSQ、JR、JRQ、JK系 列中型电动机铁芯、绕组 技术数据	3-95	七、浸漆与烘干	3-166
九、Y、YR 系列电动机性能 数据和外形尺寸	3-114	3-7 三相铝线异步电动 机的焊接	3-169
3-3 三相异步电动机的 维护	3-124	一、锌铅焊	3-169
一、电动机起动前的准备及检 查	3-124	二、气焊	3-169
二、电动机在运行中的维护	3-125	三、摩擦锡焊	3-170
三、电动机的起动及停车	3-126	3-8 三相异步电动机的 拆装和试验	3-171
3-4 三相异步电动机的 故障及处理方法	3-127	一、电动机的拆装	3-171
3-5 三相异步电动机的 定子绕组故障的检 修	3-130	二、电动机修复后的试验	3-173
一、绕组断路故障的检修	3-130	3-9 三相异步电动机的 空壳重绕计算	3-174
二、绕组通地故障的检修	3-131	一、电动机空壳重绕计算程 序	3-174
三、绕组短路故障的检修	3-132	二、电动机空壳重绕的简易计 算	3-203
四、绕组接错与嵌反时的检 修	3-135	3-10 三相异步电动机的 改极和改压	3-206
3-6 三相异步电动机定 子绕组的重绕	3-137	一、改极计算	3-206
一、定子绕组的构造和种类	3-137	二、改压计算	3-210
二、定子绕组的拆除	3-149	第4章 直流电机	4-1
三、绕组的绕制	3-149	4-1 直流电机的使用与 维护	4-1
		一、直流电机使用前的准备与 检查	4-1
		二、直流电机的维护保养	4-1
		三、直流电机的起动与停车	4-3
		四、直流电机火花等级的鉴别	4-3
		五、直流电机运行时的接线 图(附磁场变阻器)	4-5
		六、直流电机的可逆应用	4-8
		4-2 Z2系列直流电机的	

技术数据	4-8	三、微型直流电动机	5-32
4-3 直流电机的故障及 处理方法	4-52	四、交直流两用电动机	5-38
4-4 直流电机电枢绕组 故障的检修	4-55	五、自整角机	5-38
一、电枢绕组的构造及种类	4-55	六、旋转变压器	5-51
二、电枢绕组常见故障的检 修	4-61	七、伺服电动机	5-58
三、电枢绕组的重绕	4-64	八、测速发电机	5-65
4-5 定子磁极绕组的检 修	4-71	九、伺服-测速电机	5-65
一、并励绕组的重绕	4-72	十、步进电动机	5-70
二、串励绕组的重绕	4-74	5-2 专用电机	5-73
三、换向极绕组的重绕	4-75	一、电钻	5-73
四、直流电机接线图(Z2系 列)	4-76	二、电扇	5-82
4-6 换向器的修理	4-78	三、浅水排灌电泵	5-92
一、换向器的结构	4-78	四、三相异步换向器变速电 动机	5-101
二、换向器的故障	4-80	五、电磁调速异步电动机(滑 差电动机)	5-113
三、换向器的修理	4-81	六、力矩异步电动机	5-117
四、换向器修复后的一般检 查	4-82	七、单绕组多速异步电动机	5-119
4-7 直流电机的拆装和 试验	4-83	5-3 小型发电机	5-148
一、直流电机的拆装	4-83	一、背包式与同轴式三相交流 同步发电机	5-148
二、直流电机修复后试验	4-83	二、相复励自励恒压三相交流 同步发电机	5-151
4-8 直流电机改压计算	4-85	三、三次谐波励磁发电机	5-154
一、电枢绕组计算	4-86	四、可控硅自励恒压三相交流 同步发电机	5-156
二、换向极绕组计算	4-86		
三、并励绕组	4-87	第6章 电器	6-1
第5章 微电机 专用电机 和小型发电机	5-1	6-1 低压电器产品型号 编制法	6-1
5-1 微电机	5-1	6-2 常用低压电器	6-3
一、微型异步电动机	5-1	一、刀开关和转换开关	6-3
二、微型同步电动机	5-30	二、熔断器	6-13
		三、自动开关	6-19
		四、控制器	6-26
		五、接触器	6-31

六、起动器	6-36	起动)控制电路	7-8
七、继电器	6-43	十一、延边三角形(Δ)起动控制 电路	7-8
八、主令电器	6-57	十二、频敏变阻器起动	7-11
九、电阻器	6-67	十三、直流电动机起动控制电 路	7-12
十、变阻器	6-70	十四、异步电动机的反接制动控 制电路	7-12
十一、电磁铁	6-80	十五、异步电动机的能耗制动控 制电路	7-15
十二、其他低压电器	6-86	十六、异步电动机的机械制动控 制电路	7-17
6-3 电器的常见故障修 理	6-91	十七、异步电动机的发电制动(再 生制动)	7-17
一、触点的修理	6-91	十八、直流电动机的能耗制动控 制电路	7-17
二、电磁系统的修理	6-93	十九、带有热继电器的保护控制 电路	7-19
三、灭弧系统的故障及修理	6-94	二十、过电流继电器保护控制电 路	7-20
四、起动装置常见故障及其修 理	6-94	二十一、双速异步电动机的起动及 自动加速控制电路	7-21
五、常用低压电器的线圈	6-98	二十二、三速异步电动机起动和自 动加速控制电路	7-22
第7章 常用机械电气控制 线路	7-1	二十三、夹紧装置	7-22
7-1 电气控制电路中常 用环节	7-1	二十四、换向器变速电动机起动和 速度调节控制电路	7-26
一、单向点动控制电路	7-1	7-2 常用机械控制电路	7-26
二、单向起动控制电路	7-1	一、C620-1 普通车床控制电 路	7-26
三、可逆起动控制电路	7-2	二、Y3150 滚齿机控制电路	7-26
四、可逆点动、起动的混合控 制电路	7-3	三、M7130 卧轴矩台平面磨床 控制电路	7-29
五、以行程开关作自动停止的 可逆起动控制电路	7-3	四、Y7131 齿轮磨床控制电 路	7-30
六、自动往返的控制电路	7-4	五、Z37 摇臂钻床控制电路	7-32
七、带有点动的自动往返控制 电路	7-6		
八、Y- Δ 起动(星形-三角形 起动)控制电路	7-6		
九、串联电阻或电抗器起动控 制电路	7-7		
十、自耦变压器起动(补偿器			

- 六、X53T立式铣床控制电路···7-31
- 七、X62W 万能铣床控制电路···7-39
- 八、T68 卧式镗床控制电路···7-46
- 九、B2012A 龙门刨床···7-49
- 十、CE7120 半自动液压仿形车床···7-70
- 十一、15/3 吨重级交流桥式起重机械控制电路···7-83
- 十二、轿厢手柄开关控制自平自开门电梯(交流 KPM-62) 电路图简要说明···7-91
- 十三、蓄电池搬运车控制电路···7-97
- 十四、ZD1 一吨蓄电池铲车控制电路···7-98
- 第8章 晶体管及其应用**···8-1
 - 8-1 晶体二极管整流电路···8-2
 - 一、晶体二极管的简易测试和使用注意事项···8-2
 - 二、单相整流电路···8-3
 - 三、多相整流电路···8-11
 - 四、常用晶体二极管的型号和主要参数···8-11
 - 8-2 晶体三极管放大器和继电器···8-21
 - 一、晶体三极管的工作状态···8-21
 - 二、晶体三极管的简易测试···8-24
 - 三、晶体管低频放大器···8-26
 - 四、晶体管差动放大器···8-33
 - 五、晶体管电子继电器···8-35
 - 六、常用晶体三极管的型号和主要参数···8-42
 - 8-3 集成运算放大器(线性集成电路)···8-66
 - 一、集成运算放大器的基本电路···8-66
 - 二、应用电路···8-69
 - 三、集成运算放大器的系列···8-75
- 8-4 晶体管直流稳压电源···8-81
 - 一、晶体管直流稳压电源的技术指标···8-81
 - 二、晶体管直流稳压电源的分类···8-82
 - 三、并联式直流稳压电源···8-82
 - 四、串联式直流稳压电源···8-83
 - 五、开关调整型稳压电源···8-96
 - 六、集成稳压器···8-97
 - 七、功率管的热设计···8-103
 - 八、晶体管稳压电源典型电路···8-106
 - 九、常用硅稳压管型号和主要参数···8-111
 - 十、常用电阻、电位器和电容器···8-116
- 8-5 数字电路···8-129
 - 一、数字电路的基本单元···8-129
 - 二、数字集成电路···8-134
 - 三、双极型集成电路···8-141
 - 四、MOS 集成电路···8-162
- 第9章 可控硅及其应用**···9-1
 - 9-1 可控硅元件的型号和参数···9-1
 - 一、可控硅型号的编排···9-1
 - 二、可控硅元件参数的意义···9-2
 - 三、常用可控硅元件技术数据···9-4
 - 9-2 可控硅主电路···9-9
 - 一、可控整流电路···9-9
 - 二、带续流二极管的可控整流

电路	9-17
三、逆变电路	9-24
9-3 主回路的设计	9-27
一、主电路设计	9-27
二、滤波电抗器电感的估算	9-29
三、保护电路的设计	9-32
四、整流元件串并联及其保护的 选择	9-40
9-4 可控硅触发电路	9-42
一、简单的触发电路	9-42
二、阻容移相触发电路	9-44
三、单结晶体管触发电路	9-48
四、利用电容充放电进行移相 的晶体管触发电路	9-57
五、调节相位电平进行移相的 晶体管触发电路	9-59
六、小容量可控硅组成的大功 率脉冲触发电路	9-68
七、三相并联逆变器(串联电 感式)的控制电路	9-72
八、触发电路的输出环节	9-79
9-5 可控硅应用实例	9-81
一、ZLK-1型手操作电磁调 速异步电动机(即滑差电 动机)	9-81
二、单相可控硅直流电机调速	9-84
三、单相可逆调速——泡沫塑 料切片机	9-86
四、可控硅直流电机调速系 统——长网造纸机分部 传动同步调速	9-88
五、可控硅无触点开关	9-97
六、4千瓦双向可控硅单相交 流调压器	9-99
七、1500安/7伏可控硅电钎	

电源	9-101
第10章 变配电及低压电路	
安装	10-1
10-1 变配电示意图和低 压供电装置图	10-1
一、高压供电示意图	10-1
二、低压供电装置	10-2
10-2 变配电间设备选配	10-6
10-3 开关设备的安装、 操作、维修及低压 母线安装方式	10-6
一、隔离开关的安装、操作 和维修	10-6
二、负载开关的安装、操作和 维修	10-7
三、油开关	10-9
四、低压母线的安装方式	10-10
10-4 继电保护	10-13
一、继电保护的功能和基本 要求	10-13
二、继电保护的基本原理	10-14
三、常用继电保护的连接方 式	10-19
10-5 电气测量仪表的连 接	10-20
10-6 变配电设备常用控 制电路	10-26
一、DW10系列手柄杠杆传 动	10-26
二、DW10系列电动合闸	10-27
三、DW10系列电磁铁合 闸	10-27
四、电容器组的控制开关	10-29
五、照明控制线路自动切 换	10-29

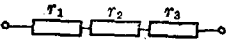
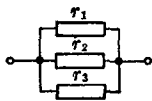
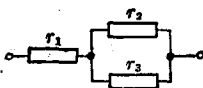
10-7 低压电路	10-29	一、白炽灯的故障及其处理 方法	11-37
一、各种导线的连接	10-30	二、日光灯的故障及其处理 方法	11-38
二、电杆及其附件的安装	10-36		
三、电路安装	10-44		
10-8 根据电动机容量选 配电器与导线	10-55		
第 11 章 照明	11-1	第 12 章 电热	12-1
11-1 照明灯具	11-1	12-1 常用电热材料的性 能、规格及电参数	12-1
一、灯座	11-1	12-2 电热元件的选用	12-18
二、灯泡	11-1	一、电热元件的选用估算	12-18
三、照明用其他附件	11-5	二、电热元件选用举例	12-20
四、工厂灯具	11-5	12-3 管状电热元件	12-38
11-2 普通电灯的安装	11-16	12-4 电热器的特性及其 焊接方法	12-40
一、白炽灯的安装	11-16	一、管状电热器	12-40
二、日光灯的安装	11-18	二、板状电热器	12-42
三、单相电度表的安装	11-22	三、电热元件的焊接方法	12-43
11-3 管形氙灯及常用灯 具	11-23	12-5 电热元件联接方式(供 电电压)的选择	12-45
一、自然冷却管形氙灯	11-23	12-6 应用 0Cr 25Al5 电 热元件的电炉、电热 设备参数	12-48
二、高压水银灯泡	11-28	12-7 热电偶	12-58
三、TG14 探照灯	11-30	一、热电偶的种类和主要特 性	12-58
四、红外线灯泡	11-30	二、冷端温度变化对测温准 确度的影响及校正法	12-61
五、照明用碘钨灯	11-31	12-8 电热炉的温度指示 和温度调节	12-64
六、紫外线杀菌灯	11-32	一、XCZ 型与 XCT 型仪表	12-65
七、反射型高压水银荧光灯 泡	11-33	二、DWT-702 型仪表	12-68
八、自镇流高压水银荧光灯 泡	11-34	12-9 红外探测器	12-69
九、反射型黑光高压水银灯 泡	11-34	一、红外探测器的种类	12-69
十、普通反射型灯泡	11-35	二、红外探测器元件技术参	
十一、工厂用安全型照明灯	11-36		
11-4 照明修理	11-37		

数	12-75	14-4 磁性材料	14-59
三、红外探测器的应用实例	12-77	一、磁性材料的分类	14-59
第13章 安全用电与节约用电	13-1	二、电工硅钢板	14-59
电	13-1	三、典型磁化曲线和损耗曲线的数据	14-64
13-1 触电及其预防	13-1	四、电工用纯铁材和纯铁薄板	14-72
13-2 触电的急救	13-2	14-5 常用绝缘材料	14-73
13-3 保护接地和保护接零	13-3	一、绝缘材料的分类和性能指标	14-73
一、接地和接零的保护作用	13-3	二、常用绝缘材料的规格与性能	14-75
二、接地装置的安装范围	13-4	三、绝缘漆、绝缘油和绝缘子	14-90
三、接地装置的安装要求	13-4	14-6 其他材料	14-95
13-4 防雷保护	13-7	一、润滑脂	14-95
一、避雷针装置	13-8	二、滚动轴承及其选用	14-97
二、羊角间隙避雷器	13-8	第15章 常用电工仪表及其测量	15-1
三、阀型避雷器	13-9	15-1 测量仪表常识	15-1
四、防护雷电的其他措施	13-10	15-2 电流和电压的测量	15-8
13-5 节约用电的几种方法	13-10	一、电流的测量	15-8
一、采用移相电容器提高功率因数	13-10	二、电压的测量	15-9
二、机床空载自动停车装置	13-15	三、常用电流、电压表的型号及规格	15-10
三、电焊机自动开关	13-17	15-3 电阻的测量	15-12
第14章 常用电工材料	14-1	一、中电阻(1欧~100千欧)的测量	15-12
14-1 电线与电缆	14-1	二、低电阻的测量——双臂电桥(凯尔文电桥)的测量	15-15
一、裸电线	14-1	三、绝缘电阻的测量——兆欧表测量	15-17
二、电磁线	14-13	15-4 功率的测量	15-20
三、500伏以下配电、动力与照明用绝缘电线	14-23		
四、电机工业用电线	14-30		
五、电缆	14-34		
14-2 电阻合金材料	14-48		
14-3 电刷	14-52		

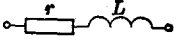
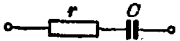
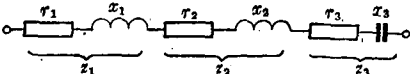
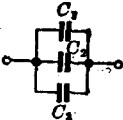
一、直流电路功率的测量 ...15-20	三、交流无功电能的测量 ...15-27
二、单相交流电路功率的测量15-21	四、用秒表法校验单相有功电度表15-28
三、三相交流电路功率的测量15-23	15-6 常用仪表与仪器 ...15-29
15-5 电能的测量15-25	一、万用电表15-29
一、直流电能的测量15-25	二、毫伏表15-36
二、交流有功电能的测量 ...15-25	三、示波器15-39
	四、晶体管特性图示仪15-47

电 工 常 识

1-1 常用计算公式

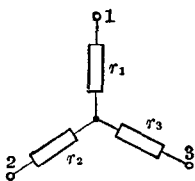
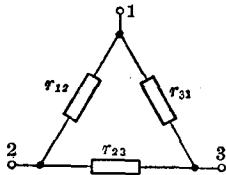
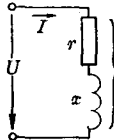
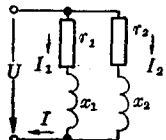
项 目	公 式
直流电路中电压、 电流、电阻之间的关 系 (欧姆定律)	 $I = \frac{U}{r}$
直流电路功率	$P = UI = I^2 r = \frac{U^2}{r}$
电阻与导体长度、 横截面及材料性质关 系	$r = \rho \frac{l}{S}$
电阻与温度关系	$r_t = r_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$
电阻串联的总值	 $r = r_1 + r_2 + r_3$
电阻并联的总值	 $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$
电阻复联的总值	 $r = r_1 + \frac{r_2 r_3}{r_2 + r_3}$

(续表)

项 目	公 式
电阻、电感串联的阻抗值	 $z = \sqrt{r^2 + x_L^2}$ 其中 $x_L = 2\pi fL$
电阻、电容串联的阻抗值	 $z = \sqrt{r^2 + x_C^2}, x_C = \frac{1}{2\pi fC}$
电阻、电感、电容串联的总阻抗值	 $z = \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}$ $= \sqrt{r^2 + x^2}$ 其中 $x = x_L - x_C$
阻抗串联的总值	 $z = \sqrt{(r_1 + r_2 + r_3)^2 + (x_1 + x_2 - x_3)^2} = \sqrt{r^2 + x^2}$ $r = r_1 + r_2 + r_3, x = x_1 + x_2 - x_3$ 注意: $z \neq z_1 + z_2 + z_3$
电容串联的总值	 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$
电容并联的总值	 $C = C_1 + C_2 + C_3$

式中: z ——阻抗(欧) r ——电阻(欧) x_L ——感抗(欧) x_C ——容抗(欧) x ——电抗(欧) L ——电感(亨) C ——电容(法) f ——频率(赫)

(续表)

项 目	公 式
电阻星形化为三角形	 $r_{12} = r_1 + r_2 + \frac{r_1 r_2}{r_3}$ $r_{23} = r_2 + r_3 + \frac{r_2 r_3}{r_1}$ $r_{31} = r_3 + r_1 + \frac{r_3 r_1}{r_2}$
三角形化为星形连接互换	 $r_1 = \frac{r_{12} r_{31}}{r_{12} + r_{23} + r_{31}}$ $r_2 = \frac{r_{23} r_{12}}{r_{12} + r_{23} + r_{31}}$ $r_3 = \frac{r_{31} r_{23}}{r_{12} + r_{23} + r_{31}}$
交流电路中电压、电流、阻抗三者之间关系 (欧姆定律)	 $I = \frac{U}{z}$ $z = \sqrt{r^2 + x^2}$ 式中: P——有功功率(瓦) Q——无功功率(乏) S——视在功率(伏安) $\cos \varphi$——功率因数
交流电路功率	$P = UI \cos \varphi = I^2 r$ $Q = UI \sin \varphi = I^2 x$ $S = UI = I^2 z$ $\cos \varphi = \frac{r}{z}, \sin \varphi = \frac{x}{z}$
交流并联电路的总电流	 $I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + 2I_1 I_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}$ $\varphi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{I_1 \sin \varphi_1 + I_2 \sin \varphi_2}{I_1 \cos \varphi_1 + I_2 \cos \varphi_2}$ $\varphi_1 = \operatorname{tg}^{-1} \frac{x_1}{r_1}, \varphi_2 = \operatorname{tg}^{-1} \frac{x_2}{r_2}$ 式中: φ——总电流 I 与电压 U 之间的相角 φ_1——第一支路电流 I_1 与电压 U 之间的相角 φ_2——第二支路电流 I_2 与电压 U 之间的相角