

优秀畅销书

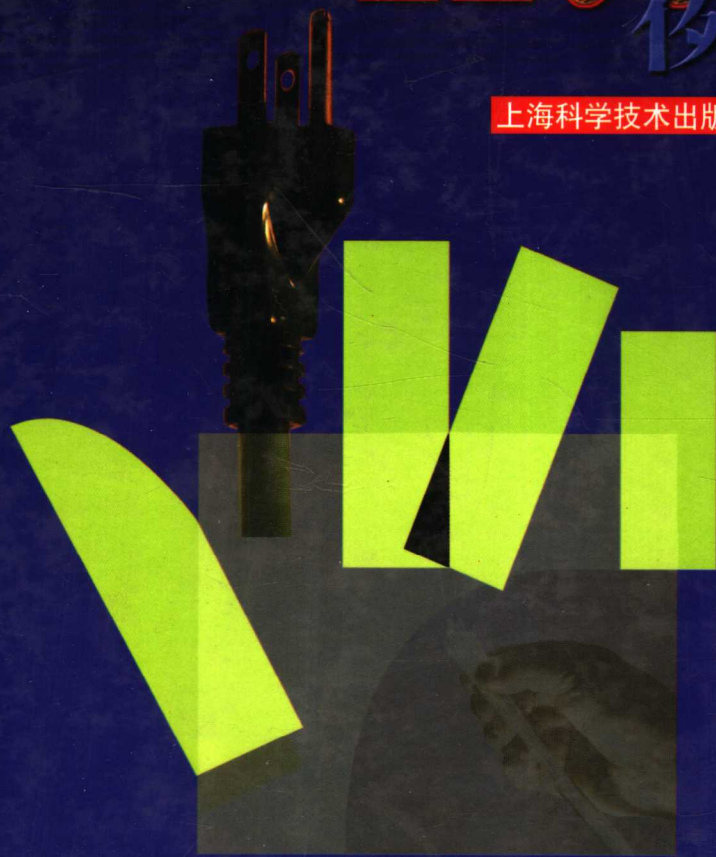
# 新编 电工 问答

上海市电机工程学会  
《电世界》编辑委员会

编

# 2200 例

上海科学技术出版社



# 新编电工问答 2200 例

上海市电机工程学会  
《电世界》编辑委员会 编

上海科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

新编电工问答 2200 例/《电世界》杂志社编著. —上海:  
上海科学技术出版社, 2004. 10

ISBN 7 - 5323 - 7691 - 5

I . 新... II . 电... III . 电工技术-问答  
IV . TM - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 088177 号

世纪出版集团 出版发行  
上海科学技术出版社

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

新华书店 上海发行所经销

商务印书馆上海印刷股份有限公司印刷

开本 787 × 1092 1/32 印张 30.125 插页 4

字数 665 000

2004 年 10 月第 1 版

2004 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—5 200

定价: 66.00 元



---

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,  
请向承印厂联系调换

## 内 容 提 要

本书内容选自《电世界》创刊以来各期《想想看》专栏。全书共二十四章,以一问一答的形式解答了电工基础知识、变压器、电机的结构和工艺、交流电机、直流电机、高压电器、低压电路、电力系统、电线电缆、电力线路配电与用电、防雷技术、电气安全与接地、电气传动与电气控制、电子技术、家用电器、电气照明方面的有关基本原理与结构、运行、故障、维修、测试等具有代表性的 2200 个实际技术问题。本书内容丰富、通俗易懂、实用性强,是一本很好的参考书。

本书可供工矿企业、乡镇企业及农村的广大初、中级电工参考,亦可供广大电气技术人员及中专、技校的师生参考。

# 前 言

自 1946 年《电世界》创刊以来,上海市电机工程学会编辑委员会在编辑出版《电世界》的同时,汇编出版了《电动机文辑》、《读者信箱》、《电工问答》等《电世界》丛书,曾深受广大读者欢迎。自 20 世纪 60 年代初期以后,丛书随着《电世界》暂时停办而中断出版。

《电世界》复刊以来,在广大读者的热切要求下,编委会决定陆续恢复丛书的选编出版工作。蒙上海科学技术出版社等大力支持,1983 年以来已出版了《电世界信箱选集》、《大楼的电气照明工程安装》、《电气事故的分析与处理》、《家用电冰箱原理与维修》等《电世界》丛书。本书也是这些新编丛书中的一本。

本书内容选自《电世界》创刊以来各期《想想看》专栏。该栏内容一直受到广大初、中级读者的欢迎。本书经过汇编整理将更有助于读者对电工基础知识的理解与掌握。本书由王慎言同志主编,申鸿光、何雪影同志任责任编辑。

本书内容曾得到许多读者、撰稿人、审稿人的大力支持,在此特向这些同志表示感谢。

上海市电机工程学会《电世界》编辑委员会

1988 年 6 月

## 增订版前言

《电世界》丛书《电工问答 1500 例》自 1989 年出版以来,深受广大读者欢迎,先后印刷 13 次,发行量达 17 多万册。

近十多年来《电世界》《想想看》专栏又刊登了 1100 多例新题目。为了适应新技术、新产品、新标准发展的需要,我社决定编辑增订版。我们在原版 1500 例基础上,新增了 1000 多例,删除了内容陈旧、重复的 300 多例,汇编成《新编电工问答 2200 例》。

本书由冯维泰同志任主编,陆弘、郑伟明、郑红华、马船红同志任责任编辑。

本书内容曾得到王慎言、梁功勋、刘乾业、张文海、刘聿等同志大力支持,在此特向这些同志表示感谢。

《电世界》杂志社

2004 年 1 月

# 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第一章 电工基础知识</b> .....      | 1   |
| 1-1 基本概念 .....               | 1   |
| 1-2 电与磁 .....                | 9   |
| 1-3 铁心与线圈 .....              | 12  |
| 1-4 绝缘材料 .....               | 16  |
| 1-5 电触头 .....                | 21  |
| 1-6 用验电笔检查电路 .....           | 25  |
| <b>第二章 变压器</b> .....         | 29  |
| 2-1 变压器的一般原理 .....           | 29  |
| 2-2 变压器的结构 .....             | 40  |
| 2-3 变压器的制造工艺 .....           | 53  |
| 2-4 变压器的接线方法 .....           | 59  |
| 2-5 变压器的测试 .....             | 66  |
| 2-6 变压器的运行 .....             | 75  |
| 2-7 变压器的维护与检修 .....          | 83  |
| <b>第三章 调压器、电抗器和互感器</b> ..... | 92  |
| 3-1 调压器 .....                | 92  |
| 3-2 电抗器 .....                | 97  |
| 3-3 互感器 .....                | 103 |
| <b>第四章 电机的结构、工艺</b> .....    | 121 |

|            |                           |            |
|------------|---------------------------|------------|
| 4-1        | 电机的一般原理 .....             | 121        |
| 4-2        | 电机结构 .....                | 130        |
| 4-3        | 铁心 .....                  | 137        |
| 4-4        | 绕组与线圈 .....               | 142        |
| 4-5        | 电刷、换向器和集电环 .....          | 148        |
| 4-6        | 轴承 .....                  | 155        |
| 4-7        | 电机的冷却与通风 .....            | 158        |
| 4-8        | 浸渍工艺和装备 .....             | 161        |
| <b>第五章</b> | <b>交流电动机</b> .....        | <b>166</b> |
| 5-1        | 同步发电机 .....               | 166        |
| 5-2        | 汽轮发电机和水轮发电机 .....         | 177        |
| 5-3        | 同步电动机 .....               | 185        |
| 5-4        | 笼型异步电动机 .....             | 190        |
| 5-5        | 绕线转子异步电动机 .....           | 206        |
| 5-6        | 起重冶金用和三相换向器调速用异步电动机 ..... | 212        |
| 5-7        | 单相电动机 .....               | 215        |
| 5-8        | 特种电机 .....                | 223        |
| <b>第六章</b> | <b>直流电机</b> .....         | <b>231</b> |
| 6-1        | 直流发电机 .....               | 231        |
| 6-2        | 他励、并励直流电动机 .....          | 237        |
| 6-3        | 串励直流电动机 .....             | 242        |
| 6-4        | 复励直流电动机 .....             | 245        |
| 6-5        | 永磁直流电动机 .....             | 247        |
| <b>第七章</b> | <b>电机测试和检修</b> .....      | <b>250</b> |
| 7-1        | 电机性能测试 .....              | 250        |
| 7-2        | 电机温升测试 .....              | 258        |
| 7-3        | 电机的干燥和检修注意事项 .....        | 260        |



## 目 录

|             |                                         |            |
|-------------|-----------------------------------------|------------|
| 7-4         | 交流电机的检修 .....                           | 262        |
| 7-5         | 直流电机的检修 .....                           | 268        |
| 7-6         | 特殊电机的检修 .....                           | 272        |
| <b>第八章</b>  | <b>高压电器 .....</b>                       | <b>277</b> |
| 8-1         | 一般原理和结构 .....                           | 277        |
| 8-2         | 油断路器 .....                              | 286        |
| 8-3         | 压缩空气断路器、SF <sub>6</sub> 断路器和真空断路器 ..... | 298        |
| 8-4         | 隔离开关和负荷开关 .....                         | 304        |
| 8-5         | 熔断器 .....                               | 307        |
| 8-6         | 操动机构和操作电路 .....                         | 312        |
| <b>第九章</b>  | <b>低压电器 .....</b>                       | <b>317</b> |
| 9-1         | 低压断路器 .....                             | 317        |
| 9-2         | 接触器 .....                               | 320        |
| 9-3         | 继电器 .....                               | 326        |
| 9-4         | 熔断器 .....                               | 337        |
| 9-5         | 开关和电阻器 .....                            | 340        |
| 9-6         | 电磁铁 .....                               | 344        |
| 9-7         | 低压成套设备 .....                            | 352        |
| <b>第十章</b>  | <b>电线电缆 .....</b>                       | <b>357</b> |
| 10-1        | 母线 .....                                | 357        |
| 10-2        | 户外导线 .....                              | 367        |
| 10-3        | 户内导线 .....                              | 373        |
| 10-4        | 电力电缆 .....                              | 378        |
| 10-5        | 电力电缆的敷设、运行和检修 .....                     | 384        |
| 10-6        | 通信电缆和控制电缆 .....                         | 391        |
| <b>第十一章</b> | <b>电力系统 .....</b>                       | <b>395</b> |
| 11-1        | 电力输送 .....                              | 395        |

|             |                                |            |
|-------------|--------------------------------|------------|
| 11-2        | 架空线路 .....                     | 399        |
| 11-3        | 绝缘子和金具 .....                   | 403        |
| 11-4        | 电晕 .....                       | 413        |
| 11-5        | 变配电所设备和操作 .....                | 415        |
| 11-6        | 中性点接地问题 .....                  | 428        |
| 11-7        | 电力网通信 .....                    | 436        |
| <b>第十二章</b> | <b>电力线路配电与用电 .....</b>         | <b>440</b> |
| 12-1        | 用户配电线路 .....                   | 440        |
| 12-2        | 工厂配电与用电 .....                  | 450        |
| 12-3        | 大楼配电与用电 .....                  | 459        |
| 12-4        | 煤矿配电、用电与防爆 .....               | 461        |
| 12-5        | 其他用电 .....                     | 468        |
| <b>第十三章</b> | <b>电力系统继电保护和电气设备保护装置 .....</b> | <b>474</b> |
| 13-1        | 电力系统继电保护 .....                 | 474        |
| 13-2        | 自动重合闸 .....                    | 478        |
| 13-3        | 操作电源 .....                     | 481        |
| 13-4        | 电气设备保护装置 .....                 | 482        |
| 13-5        | 保护元件及接线 .....                  | 484        |
| <b>第十四章</b> | <b>防雷技术 .....</b>              | <b>489</b> |
| 14-1        | 避雷器 .....                      | 489        |
| 14-2        | 避雷器的安装和测试 .....                | 495        |
| 14-3        | 电力线路防雷 .....                   | 500        |
| 14-4        | 电气设备防雷 .....                   | 507        |
| 14-5        | 防雷接地装置 .....                   | 515        |
| <b>第十五章</b> | <b>电气安全与接地 .....</b>           | <b>522</b> |
| 15-1        | 防电击基本知识 .....                  | 522        |
| 15-2        | 防电击措施 .....                    | 530        |

## 目 录

|             |                         |            |
|-------------|-------------------------|------------|
| 15-3        | 安全用电的专用设备 .....         | 534        |
| 15-4        | 电气设备的接地 .....           | 538        |
| 15-5        | 接地装置 .....              | 547        |
| 15-6        | 防火 .....                | 553        |
| 15-7        | 静电和防静电 .....            | 556        |
| <b>第十六章</b> | <b>电容器和无功功率补偿 .....</b> | <b>559</b> |
| 16-1        | 功率因数和无功功率补偿 .....       | 559        |
| 16-2        | 电容器和电容器运行 .....         | 564        |
| 16-3        | 放电器件和串并联电抗器 .....       | 572        |
| 16-4        | 电容器保护 .....             | 577        |
| 16-5        | 静电电容器屏 .....            | 581        |
| 16-6        | 电解电容器 .....             | 585        |
| <b>第十七章</b> | <b>电气传动和电气控制 .....</b>  | <b>587</b> |
| 17-1        | 主电路和控制电路 .....          | 587        |
| 17-2        | 电动机的保护 .....            | 596        |
| 17-3        | 交流电动机的起动和制动 .....       | 604        |
| 17-4        | 交流电动机的运行和调速 .....       | 612        |
| 17-5        | 直流电机电气传动 .....          | 619        |
| <b>第十八章</b> | <b>电子技术 .....</b>       | <b>623</b> |
| 18-1        | 电子元器件 .....             | 623        |
| 18-2        | 电子元器件的测试 .....          | 635        |
| 18-3        | 整流元件及其装置 .....          | 640        |
| 18-4        | 晶闸管及其装置 .....           | 648        |
| 18-5        | 电子线路及装置 .....           | 658        |
| 18-6        | 自动化元件 .....             | 666        |
| 18-7        | 稳压电源 .....              | 676        |
| <b>第十九章</b> | <b>电工仪表 .....</b>       | <b>685</b> |

|              |                               |            |
|--------------|-------------------------------|------------|
| 19-1         | 电工仪表的结构和原理 .....              | 685        |
| 19-2         | 万用表 .....                     | 697        |
| 19-3         | 兆欧表 .....                     | 709        |
| 19-4         | 电能表与功率表 .....                 | 719        |
| 19-5         | 电压表、电流表 .....                 | 730        |
| 19-6         | 钳形表 .....                     | 735        |
| 19-7         | 电桥 .....                      | 738        |
| 19-8         | 其他常用仪表 .....                  | 741        |
| 19-9         | 仪表校验 .....                    | 747        |
| <b>第二十章</b>  | <b>电气测试 .....</b>             | <b>750</b> |
| 20-1         | 电气测量原理 .....                  | 750        |
| 20-2         | 电流、电压测量 .....                 | 753        |
| 20-3         | 电阻、电容、频率测量 .....              | 766        |
| 20-4         | 绝缘电阻测量 .....                  | 777        |
| 20-5         | 电能、功率测量 .....                 | 780        |
| 20-6         | 温度、波形、转速等非电量测量 .....          | 786        |
| 20-7         | 自动化仪表测量 .....                 | 792        |
| <b>第二十一章</b> | <b>电气试验 .....</b>             | <b>795</b> |
| 21-1         | 高电压试验设备 .....                 | 795        |
| 21-2         | 耐压试验 .....                    | 803        |
| 21-3         | 冲击试验 .....                    | 815        |
| 21-4         | 绝缘电阻和泄漏电流试验 .....             | 816        |
| 21-5         | 绝缘介质损( $\tan\delta$ )试验 ..... | 820        |
| 21-6         | 变压器油试验 .....                  | 825        |
| <b>第二十二章</b> | <b>家用电器 .....</b>             | <b>828</b> |
| 22-1         | 电视机、录像机 .....                 | 828        |
| 22-2         | 收录放音机 .....                   | 837        |

## 目 录

|                         |                     |            |
|-------------------------|---------------------|------------|
| 22-3                    | 电冰箱 .....           | 842        |
| 22-4                    | 洗衣机 .....           | 845        |
| 22-5                    | 空调机 .....           | 848        |
| 22-6                    | 电风扇 .....           | 851        |
| 22-7                    | 计算机、VCD .....       | 858        |
| 22-8                    | 电热厨具 .....          | 865        |
| 22-9                    | 电话机 .....           | 869        |
| 22-10                   | 电热毯、电熨斗、电吹风 .....   | 872        |
| 22-11                   | 其他家用电器 .....        | 875        |
| <b>第二十三章 电气照明</b> ..... |                     | <b>881</b> |
| 23-1                    | 白炽灯 .....           | 881        |
| 23-2                    | 荧光灯 .....           | 888        |
| 23-3                    | 其他光源 .....          | 899        |
| 23-4                    | 照明电光源的运行和控制电路 ..... | 906        |
| <b>第二十四章 其他</b> .....   |                     | <b>915</b> |
| 24-1                    | 蓄电池和干电池 .....       | 915        |
| 24-2                    | 电加热、电炉 .....        | 925        |
| 24-3                    | 电焊设备和电焊 .....       | 930        |
| 24-4                    | 导线连接 .....          | 937        |
| 24-5                    | 汽车、电车等电器 .....      | 939        |
| 24-6                    | 电钻 .....            | 944        |

# 第一章 电工基础知识

## 1-1 基本概念

### 1-1-1

【问】交流电力系统为什么采用正弦波形而不用其他波形？

【答】各种电机和电器组成电力系统后，要正常运行须保证电力系统有统一的波形，这样电机与电器的设计和制造才有共同的依据。因为在电容  $C$  上电流  $i = C \cdot du/dt$  (式中  $du/dt$  为电压变化率)；在电感  $L$  上电压  $u = L \cdot di/dt$  (式中  $di/dt$  为电流变化率)；从数学上来说，只有正弦函数经过微分或积分后，函数图形(波形)不变。同时，电路中常会遇到几个电压和电流相加，唯有正弦函数相加波形不会发生畸变，而别的任何波形都没有这样的性质。

### 1-1-2

【问】交流电是按照正弦曲线变化的，我们通常所指的电流和电压是以什么为标准？

【答】在交流电路中我们是用“有效值”来作为测量标准。即交流通过电阻在一周期内所发的热量和直流通过同一电阻在相同时间内发出的热量相等。这样的交流的值叫做有效值。

### 1-1-3

【问】交流电工频为何定为每秒 50 或 60 周？

【答】交流电频率高或低，各有利弊。频率高，可使电机及变压器的用铜及用铁量减少，所以，重量亦轻，成本也低，电灯因电流交变而产生的闪烁也不易为人的肉眼所感觉。然而，它会使输电线路和电气设备的电抗压降、能量损耗增大，造成电压调整率及效率变坏。频率过低，会使电机及变压器的重量增加，成本增高，也会使电灯的闪烁显著。考虑上述各种因素，所以，工频定为每秒 50 或 60 周波较为合适。

### 1-1-4

【问】何谓视在功率？有功功率？无功功率？

【答】电路中电压和电流的有效值的乘积叫做视在功率，即  $S = UI$ 。视在功率乘以电流和电压间相角差的余弦（功率因数）叫有功功率，即  $P = UI\cos\varphi$ 。视在功率乘以电流和电压间相角差的正弦（ $\sin\varphi$ ）叫无功功率，即  $Q = UI\sin\varphi$ 。

三者之间的关系  $S^2 = P^2 + Q^2$

或

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

### 1-1-5

【问】电压降落和电压损失有什么不同？

【答】在直流网络里，电压降落和电压损失是完全一样的。但在交流网络里，由于电流和电压的相位不同，及由线路电抗所引起的电压降落等关系，两者是不同的。线路始末两端电压的几何差叫做电压降落；其两端电压的代数差叫做电压损失。在交流网络里，电压降落的绝对值较电压损失为大。

### 1-1-6

【问】交流发电机上的总电流表指示的数值，为什么小于各分路电流表指示的数值之和？

【答】总电流表读出的电流是各分路电流的相量和,只有当各分路功率因数相同时,总电流才等于各分路电流的代数和,但一般各分路电流的功率因数不相同,所以总电流表的指示电流总小于各分路电流之和。

### 1-1-7

【问】同一根导线的交流电阻和直流电阻为什么不一样?

【答】当交流电通过导线时,导线截面内的电流分布密度是不相同的,越接近导体中心电流密度越小,在导体表面附近电流密度则较大。这种现象叫做集肤效应。当频率越高,这种现象表现得越突出。由于这种集肤效应的结果,使导线有效截面减小,而电阻增大。当直流电流流过导线时,却没有这种现象。所以同一根导线的交流电阻大于直流电阻。

### 1-1-8

【问】电容器接到交流电路里有电流流过,而为什么接到直流电路却没有电流流过?

【答】电容器接到交流电路里时,由于交流电压大小和方向周期性的变化,使电容器极板进行周期性充电、放电。这种充电和放电电流就是通过电容器的交流电流。

把电容器接到直流电路时,因直流电压的方向不作周期变化,仅在接上瞬间有充电电流,但为时很短。充电完毕后,就不再有电流流过。所以,直流电流不能流过电容器。

### 1-1-9

【问】用一节 1.5V 和一节 1.2V 干电池并联后,外电路断开,经过一段时间为什么发现一节 1.5V 的电池电压很快就降低?

【答】当两并联电池的电势不等时,电池之间就有环流(如图 1-1-9 所示)。如电势  $E_1$  高于  $E_2$ ,虽然外电路断开,在两



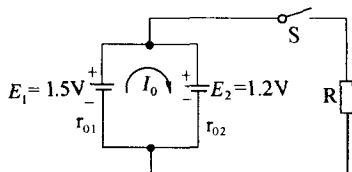


图 1-1-9

电池间仍会产生一个环流

$$I_0 = \frac{E_1 - E_2}{r_{01} + r_{02}}$$

$r_{01}$ 、 $r_{02}$ 为电池的内电阻,环流  $I_0$  流过电阻  $r_{01}$ 、 $r_{02}$ 时,就消耗电势较高的电池电能,直到电势  $E_1$  等于  $E_2$  时,环流  $I_0$  方可等于零。所以,两个电势不等的电池是不能并联的。

### 1-1-10

【问】设电源电压为 220V, 现有 110V、25W 和 110V、100W 的两只白炽灯, 是否可以把这两只灯串联接到电源上去? 这样接上去以后, 其结果又如何?

【答】不可以。功率不同的白炽灯是不允许串联起来的, 否则 25W 的这只灯将烧毁。

$$25\text{W 白炽灯的额定电流为 } \frac{25}{110} = 0.23\text{A}$$

$$\text{电阻为 } \frac{25}{(0.23)^2} = 473\Omega$$

$$100\text{W 白炽灯的额定电流为 } \frac{100}{110} = 0.91\text{A}$$

$$\text{电阻为 } \frac{100}{(0.91)^2} = 121\Omega$$

当两只白炽灯串联接到 220V 的电源上时, 流过的电流约为

$$\frac{220}{473 + 121} = 0.37\text{A}$$