

DIAN GONG YUAN LI
XI TI JI JIE DA

电工原理习题及 解答



中国铁道出版社

73.1055

115

电工原理习题及 解答

上海铁道学院电信系 编

2000/04



内 容 简 介

本书由中国铁道出版社出版的《电工原理习题集(上、下册)》和《电工原理习题集解答》合编而成,与新出版的《电工原理》(增订本)配套。内容除包括1977年北京电视台举办的电视教育讲座教材《电工原理》所述范围(电路的基本概念、直流电路、电容、磁场和磁路、电磁感应、交流电路、谐振、互感、三相电路、非正弦周期信号、过渡过程等)外,增加了电场的基本概念、信号的频谱分析、电路的频率特性、非线性元件及电路等。

为了便于读者自学,文字力求通俗易懂,理论联系实际,对于可以应用几种解法的习题,还作了必要的分析、比较。

本书可供具有初中文化程度的工人、技术人员和广大电工爱好者自学,亦可供中等专业学校师生参考。

电工原理习题及解答

上海铁道学院电信系 编

中国铁道出版社出版

责任编辑 张冲

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 毫米 $\frac{1}{32}$ 印张: 218.5 字数: 426 千

1985年3月第1版第1次印刷

印数: 0001—100,000 册 定价: 2.30 元

前 言

自从1977年《电工原理》(人民铁道出版社1974年版)被北京电视台作为电视教育讲座教材后,我们曾先后编写了与之配套的《电工原理习题集(上、下册)》和《电工原理习题集解答》。随着科学技术的发展,广大读者又提出了新的要求。目前,《电工原理》(增订本)已由中国铁道出版社出版,为此我们把原《电工原理习题集(上、下册)》和《电工原理习题集解答》合编成本书,并在原书的基础上进行了修订和增补。

本书保持了原书通俗易懂、便于读者学习的特点。每章前写有简明的内容提要,再按章节顺序,编入思考题以帮助读者复习基本概念,然后配有较多的习题。在修订中,对原书的错漏和叙述不清之处,都作了必要的修改。为了有助于读者自学,本书将每题的解答紧接在题目之后,对于可用几种方法求解的题,还作了必要的分析比较。

与原书相比,本书增添了如下内容:

(1) 第一章中增加了“电场的基本概念”,第十四章中增加了“算子法”。

(2) 新编了“线性电路的频率特性”和“非线性元件及电路”两章。

(3) “非正弦周期信号”一章改为“非正弦周期信号及频谱分析”,并补充了较多的思考题与习题。

本书由上海铁道学院电信系周大纲、吴汶麒、朱培钧、邱文敏、张升平等同志编写,错漏之处请读者批评指正。

编 者

电工习题解答注意事项

《电工原理(增订本)》是一本电工技术自学基础读物,它主要讨论各种电工设备中共同发生的电磁现象、所进行的电磁过程和计算这些过程的基本方法。正确地运用基本概念和熟练掌握计算技能是一个很重要的问题,而这些能力的培养,主要又必须通过做习题来达到,所以学好这门课,必须解决如何做好电工习题的问题。

一、解 题 步 骤

1. 复习好书中的有关内容,搞清基本概念,记熟基本公式。
2. 审明题意,找出已知量、已知条件及待求量。
3. 迅速判断出要应用的定理、定律、概念和公式,将已知和未知量联系起来。
4. 根据已考虑好的最简捷的解法,写出公式,将已知量代入公式进行计算,并注意所用单位制是否符合公式要求。
5. 验证答案的正确性:
 - ① 检查所用公式及公式的应用范围;
 - ② 检查公式中各物理量单位和计算结果的单位;
 - ③ 检查答数是否正确,是否符合实际;
 - ④ 如问题中有正负号时,要检查符号是否正确、有无遗漏;
 - ⑤ 如问题中要求画相量图时,要检查相量图作法是否正确。

二、对解题的要求

1. 正确使用“+”、“-”号。电工中有些物理量的正、负具有明显的物理意义，如电荷 Q 的正、负表示电荷的性质；电流 I 的正、负表示标定方向与实际方向是否符合等。因此，必须注意，不能弄错。

2. 正确使用电工单位制。电工学用国际制（SI），就是说用米、千克、秒、安培、开尔文、摩尔、坎德拉等作为基本单位。

3. 计算结果如果是近似值时，应取三位有效数字，第四位数字四舍五入。这是因为对于大多数工程问题来说，三位有效数字的精确度已经够了。

4. 解题中作图要用圆规、直尺等绘图工具，按比例正确作出，图面应清楚、整洁、美观，图中坐标的符号、刻度及单位要仔细标明，不能遗漏。

目 录

电工习题解答注意事项	1
一、解题步骤	1
二、对解题的要求	2
第一章 电场和电路的基本概念	1
提 要	1
思 考 题	3
习 题	8
第二章 简单直流电路的计算	22
提 要	22
思 考 题	23
习 题	32
第三章 复杂直流电路的分析方法	78
提 要	78
思 考 题	81
习 题	85
第四章 电容器	136
提 要	136
思 考 题	137
习 题	140
第五章 磁场和磁路	158
提 要	158
思 考 题	160
习 题	169
第六章 电磁感应	187
提 要	187
思 考 题	189
习 题	195
第七章 正弦交流电路的基本概念	215

提 要	215
思 考 题	217
习 题	224
第八章 正弦电路的符号算法	251
提 要	251
思 考 题	255
习 题	266
第九章 谐振	311
提 要	311
思 考 题	313
习 题	319
第十章 互感耦合电路及变压器	359
提 要	359
思 考 题	362
习 题	368
第十一章 三相电路	408
提 要	408
思 考 题	409
习 题	416
第十二章 非正弦周期信号及频谱分析	447
提 要	447
思 考 题	451
习 题	463
第十三章 线性电路的频率特性	496
提 要	496
思 考 题	498
习 题	503
第十四章 电路的过渡过程	517
提 要	517
思 考 题	520
习 题	525
第十五章 非线性元件及非线性电路	559
提 要	559
思 考 题	562
习 题	569

第一章 电场和电路的基本概念

提 要

※ 当带电物体的几何尺寸远小于所考虑的空间时，可近似认为它所带的电荷是集中在空间的一个点上，这种理想的带电体称为点电荷。

※ 两个点电荷之间存在着电场力的作用，这个力的大小为

$$F = \frac{Q \cdot q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r \cdot r^2} \quad \text{单位：牛顿（简称“牛”，N）}$$

式中 Q 、 q —— 两个点电荷所带的电荷量，简称为“电量”，单位：库仑（简称“库”，C）；

r —— 点电荷之间的距离，单位：米（m）；

ϵ_0 —— 真空介电系数，在上述指定单位的条件下 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ 法/米；

ϵ_r —— 相对介电系数，它随电介质的不同而异，在真空中 $\epsilon_r = 1$ 。

这个计算点电荷之间作用力的公式称为库仑定律。

当 Q 与 q 带有同号电荷时， $F > 0$ ，表示两点电荷之间具有排斥力；反之， $F < 0$ ，表示两点电荷之间具有吸引力。电场力的方向线（即电力线）与两点电荷之间的直线相重合，当 $F > 0$ 时，其指向彼此相互背离；当 $F < 0$ 时，其指向彼此相互对准。

※ 电场强度是描述电场内任意一点受力特征的物理量。在数值上，它等于单位正电荷（1库）在电场中某点所

受到的电场力。若电场是由点电荷 Q 所产生的，那么在距 Q 为 r 米处的点上的电场强度为

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2} \quad \text{单位：牛/库}$$

电场中，任意一点电场强度的方向与该点单位正电荷所受电场力的方向相同。

※ 电场中电场力的特征可用电力线来描述，电力线具有下述三条规定的性质：

(1) 电力线起于正电荷而止于负电荷。

(2) 电力线上每一点的切线方向代表该点电场强度的方向。

(3) 在与电力线垂直的单位面积上，穿过它的电力线数与该点的电场强度成正比。

※ 电荷有规则的运动形成电流，电流的大小等于单位时间内通过导体中任意一个截面上的电荷量。

一般情况 $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

单位：安培（简称“安”，A）

直流 $I = \frac{Q}{t}$

电流的正方向规定为正电荷流动的方向。

※ 电阻表示导体对电流的阻力，均匀截面的线状导体的电阻计算公式为

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad \text{单位：欧姆（简称“欧”，}\Omega\text{）}$$

导体的电阻与温度有关，常温下（ $0 \sim 100^\circ\text{C}$ ），电阻与温度的关系表示为

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

※ 欧姆定律 在一段电路中，流过电路的电流与电路

两端的电压成正比，与该段电路的电阻成反比。它是线性电路的基本定律，用公式表示为

$$I = \frac{U}{R}$$

或 $U = IR$ 单位：伏特（简称“伏”，V）

※ 电功表示电流所做的功，或者叫电能，表示电流做功的能力。它用通过电路的电荷量和这段电路的电压的乘积来计算，公式为

$$A = QU \quad \text{单位：焦耳（简称“焦”，J）}$$

1 焦 = 1 瓦秒。有时电功的计算单位用“千瓦时”。

$$\begin{aligned} 1 \text{ 千瓦时} &= 1000 \text{ 瓦时} = 1000 \times 3600 \text{ 瓦秒} \\ &= 3.6 \times 10^6 \text{ 焦} \end{aligned}$$

通常 1 千瓦时又称为 1 度电。

※ 电功率表示单位时间内电流所做的功，它等于电流与电压的乘积，公式为

$$P = \frac{A}{t} = UI \quad \text{单位：瓦（W）}$$

或
$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

※ 电流的热效应 电流 I 通过具有电阻 R 的导体会发热，其热功率为

$$P = 0.24 I^2 R \quad \text{单位：卡每秒（cal/s）}$$

它在时间 t 内所产生的热能（热量）为

$$Q = 0.24 I^2 R t \quad \text{单位：卡（cal）}$$

$$1 \text{ 卡} = 4.1868 \text{ 焦}$$

这个关系又称为焦耳-楞次定律。

思 考 题

1-1 设 Q 和 q 为两个带电量不同的点电荷，试问它们所受到的电场力是否相等？为什么？

答 两个点电荷所受电场力是相等的。因为由库仑定律指出，二者所受到的电场力是用同样公式

$$F = \frac{Q \cdot q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2}$$

来计算的。

1-2 若将两个点电荷之间的距离缩小1/2或增加1倍，试问它们之间的电场力是否改变？是增加还是减少？

答 由于两点电荷之间的电场力是与二者距离平方成反比的，因此当距离缩小1/2时，电场力将增至4倍。同理，当距离增加1倍时，电场力将减至1/4倍。

1-3 设有一个空间电场是由点电荷Q产生的，当Q所带电量增加1倍时，在该电场中任意一点的电场强度是增加还是减少？为什么？

答 因为电场中任意一点的电场强度与Q所带电量成正比，所以当Q增加1倍时，电场中任意一点的电场强度也将增加1倍。

1-4 当电场是由正点电荷产生的，试确定该电场中任意一点电场强度的方向。反之，当电场是由负点电荷产生的，试确定电场中任意一点电场强度的方向。

答 已知电场强度的定义是电场中任意一点单位正电荷所受到的电场力，当电场的源点电荷为正时，单位正电荷在电场中将受到排斥力，故电场中任意一点电场强度（即电力线）的方向在两点荷之间的直线上，并背离场源。反之，当电场的源点电荷为负时，单位正电荷在电场中将受到吸引力，故电场中任意一点电场强度（即电力线）的方向在两点荷之间的直线上，并指向场源。

1-5 电路主要是由哪些基本部分所组成的？它们的主要功能是什么？

答 电路主要是由电源、负载和连接导线组成的。电源供给电能，例如蓄电池、发电机等；负载把电能转换为其它形式能量，例如电阻器、电动机等；导线则将电源和负载连接起来组成电路，把电能输送给负载。

1-6 电路在电力系统和电信系统中的主要作用是什么？

答 电路在电力系统中所起的主要作用是传输与转换电能；在电信系统中的主要作用是传输、处理和存贮信息。

1-7 电子管灯丝通电加热后，由阴极 k 发射出电子，并从阴极表面奔向屏极 a 形成了电流，试用箭头标明电阻 R 中的电流方向。

答 电子管灯丝通电加热以后，阴极 k 发射的电子被屏极 a 吸收，形成电子流。但电流的方向是正电荷移动的方向，它与电子运动的方向相反，因此在 R 上的电流 I 的方向如图 1-1 所示。

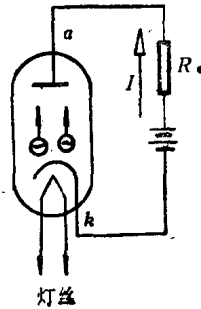


图 1-1

1-8 什么是电阻？导体电阻与温度有什么关系？为什么金属导体的温度升高时，它的电阻会增加？

答 导体内的带电质点在运动过程中不断地相互碰撞，并且还和导体的分子相碰撞。因此，导体对于所通过的电流呈现出一定的阻力，这种阻力称为导体的电阻。

导体电阻的数值是随着温度的变化而改变的。这是由于构成导体物质的分子的热运动发生了变化的缘故。当金属导体的温度升高时，组成导体物质的分子接受热能加速了热运动，使自由电子在传导过程中与分子碰撞的次数增多，受到的阻力增加。因此，金属导体的电阻随温度的升高而增大。

1-9 欧姆定律的内容是什么？并指出它的使用范围。

答 欧姆定律是用来说明导体的电压、电流及电阻值之间所具有的基本关系的。欧姆定律指出：导体中的电流 I 与导体两端电压 U 成正比，与导体的电阻 R 成反比。用公式表示为

$$I = \frac{U}{R}$$

式中 R 是常数，它与外加电压和通过电流的大小和方向无关。这种电阻称为线性电阻，由线性元件组成的电路称为线性电路。欧姆定律仅适用于线性电路。

1-10 什么叫电功、电功率？它们有哪些常用单位？不同单位之间如何进行换算？

答 电流所做的功叫做电功，又叫电能（电流做功的本领）。单位时间内电流所做的功叫做电功率。

电功率 P 的数值等于电压 U 与电流 I 的乘积

$$P = UI$$

如果电压 U 的单位为伏 (V)，电流 I 的单位为安 (A)，则电功率 P 的单位为瓦 (W)。在电力工程中，电功率 P 的单位常用千瓦来表示，在电信工程中，常用瓦或毫瓦来表示。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ 千瓦 (kW)} = 10^3 \text{ 瓦 (W)}$$

$$1 \text{ 毫瓦 (mW)} = 10^{-3} \text{ 瓦 (W)}$$

电功 A 的数值等于电荷量 Q 与电压 U 的乘积，即

$$A = QU$$

工程中电功的单位为焦 (J)。在日常生活中通用千瓦小时 (kW·h，俗称“度”) 作为电功的单位。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ 千瓦小时 (kW·h)} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦 (J)}$$

1-11 在电功率的公式 $P = I^2 R$ 中, P 是与 R 成正比的。然而, 在电功率的另一个公式 $P = U^2 / R$ 中, P 又是与 R 成反比的, 如何解释这个问题?

答 公式 $P = I^2 R$ 和 $P = U^2 / R$ 是用来计算电路处于不同情况下, 在电阻 R 上所消耗的电功率 P 。前者说明, 当通过电阻 R 的电流 I 一定时, 电功率 P 与电阻 R 成正比, 此时电阻 R 越大, 消耗的电功率 P 越多; 后者说明, 当加在电阻 R 两端的电压 U 一定时, 电功率 P 与电阻 R 成反比, 此时电阻 R 越大, 消耗的电功率 P 越少。

1-12 常用直流电灯泡额定电压都是相同的, 试问功率大的灯泡与功率小的灯泡之间, 哪个的电阻大?

答 在灯泡额定电压相同的条件下, 由电功率计算公式 $P = U^2 / R$ 可以看出, 功率小的灯泡电阻大而功率大的灯泡电阻小。

1-13 在一台额定输出电压为30伏、额定输出功率为1千瓦的稳压电源上, 接入一台额定电流为10安、额定功率为300瓦的电子设备, 试问此时稳压电源和电子设备是否会被烧坏?

答 由公式 $P = UI$ 可以算得稳压电源的额定电流为

$$I_{\text{稳}} = \frac{1000}{30} = 33.33 \text{ 安}$$

已知电子设备的额定电流为 $I_{\text{设}} = 10$ 安, 并由公式 $P = I^2 R$ 算得其电阻为

$$R = \frac{300}{10^2} = 3 \text{ 欧}$$

当电子设备接入稳压电源后, 电路中通过的电流为

$$I = \frac{30}{3} = 10 \text{ 安}$$

由此可见, 因为 $I < I_{\text{稳}}$ 、 $I = I_{\text{设}}$, 所以稳压电源和

电子设备都不会被烧坏。

1-14 什么叫短路？当电路被短路后，采取什么措施才能防止电源、导线和设备不被烧坏。

答 在电路中，当电源或负载两端由于某种原因，忽然被一根导线（电阻趋近于零）连接起来，致使电路中电流立即增至甚大的现象称为短路。由于短路电流大大超过电源及负载的额定电流，致使它们被烧坏，因此必须加以防止。防止短路造成损失的措施是在电路及负载设备中串接一个熔断器，通常又称为“保险丝”。保险丝的熔断点很低，当有较大电流通过时，它便迅速熔断，对电路中电源及负载设备起到了保护作用。

习 题

1-1 在真空中，有两个相距为 r 的点电荷 Q 及 q ，如图 1-2 所示。已知 $r = 0.3$ 米， $Q = 40$ 微库，试求 $q = 30$ 微库及 $q = -30$ 微库时，两个点电荷之间的电场力，并标出力的方向。

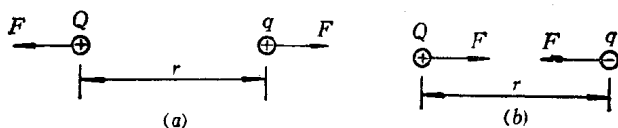


图 1-2

解 由库仑定律可以求得两个点电荷的电场力。

当 $q = 30$ 微库时，

$$F = \frac{40 \times 30 \times 10^{-12}}{4\pi \times 8.854 \times 10^{-12} \times 0.3^2} = 120 \text{ 牛}$$

由于 $F > 0$ ，它表明两个点电荷之间具有排斥力，电场力的方向如图 1-2 (a) 所示。

当 $q = -30$ 微库时，

$$F = \frac{40 \times (-30) \times 10^{-12}}{4\pi \times 8.854 \times 10^{-12} \times 0.3^2} = -120 \text{ 牛}$$

由于 $F < 0$ ，它表明两个点电荷之间具有吸引力，电场力的方向如图 1—2 (b) 所示。

1-2 在真空中，有两个相距为 r 的点电荷 Q 及 q ，如图 1—3 所示。已知 $r = 0.2$ 米， $Q = -40$ 微库，试求 $q = 20$ 微库及 $q = -20$ 微库时，两个点电荷之间的电场力，并标出力的方向。

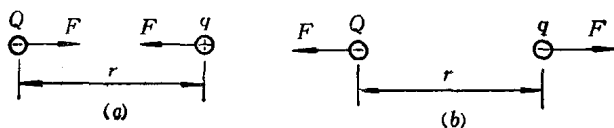


图 1—3

解 由库仑定律可以求得两个点电荷的电场力。

当 $q = 20$ 微库时，

$$F = \frac{(-40) \times 20 \times 10^{-12}}{4\pi \times 8.854 \times 10^{-12} \times 0.2^2} = -180 \text{ 牛}$$

由于 $F < 0$ ，它表明两个点电荷之间具有吸引力，电场力的方向如图 1—3 (a) 所示。

当 $q = -20$ 微库时，

$$F = \frac{(-40) \times (-20) \times 10^{-12}}{4\pi \times 8.854 \times 10^{-12} \times 0.2^2} = 180 \text{ 牛}$$

由于 $F > 0$ ，它表明两个点电荷之间具有排斥力，电场力的方向如图 1—3 (b) 所示。

1-3 在真空中，设有点电荷 $Q = 200$ 微库所产生的电场，如图 1—4 所示。试求与 Q 距离为 $r_1 = 0.1$ 米的点“1”处的电场强度 E_1 及 $r_2 = 0.2$ 米的点“2”

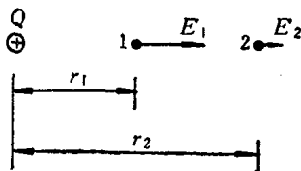


图 1—4