372例题解析

电工电路

上

全套书共1161例题

〔日〕山口胜也 井上文弘 佐藤和雅 西田允之 著

聂凤仁 译

秦晓平 校

科学出版社

www.sciencep.com

372 例题解析

电工电路

(上)

〔日〕山口胜也　井上文弘　佐藤和雅　西田允之　著
聂凤仁　译
秦晓平　校

科学出版社
北京

图字：01-2004-0884 号

内 容 简 介

本书共分上中下三册。本册作为上册，以例题详解的方式，结合相关的图示，通俗易懂、由浅入深地介绍直流电路、交流电路、复数矢量表示法及线性网络等。中册主要介绍电路网络及多相交流电；下册则主要介绍分布参数电路，并给出综合例题。

本书的特点是通过丰富的例题讲解相关的内容，不仅内容充实且例题丰富，全书共 11 章、例题 1161 个；本书的内容循序渐进、例题的编排由浅入深，可以满足不同层次的读者；各章均先简明扼要地归纳本章内容重点，然后给出从简单到复杂的例题，便于读者有针对性、有选择性地学习。

本书可作为大专院校电工、电子、通信等专业的参考用书，或者相关专业的工程技术人员及工程硕士的参考用书；特别是对报考电工、电子、通信等专业研究生的学生来说，是一本难得的好书。

图书在版编目(CIP)数据

372 例题解析电工电路(上)/(日)山口胜也等著；聂凤仁译，秦晓平校. 一北京：科学出版社，2004

ISBN 7-03-013309-9

Ⅰ. 3… Ⅱ. ①山… ②聂… ③秦… Ⅲ. 电路-高等学校-解题 Ⅳ. TM13-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 042073 号

责任编辑：王 炜 崔炳哲 / 责任制作：魏 谨

责任印制：刘士平 / 封面设计：李 力

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

http://www.sciencep.com

源海印刷有限责任公司印刷

北京东方科龙图文有限公司 制作

http://www.okbook.com.cn

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 9 月第 一 版 开本：A5(890×1240)

2004 年 9 月第一次印刷 印张：12

印数：1—4 000 字数：355 000

定 价：24.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换(新欣))

序　　言

本书是为大学本科电工、电子、通信工程专业的学生，或短期大学、大专同类专业学生而编写的电工电路习题集。

本册收集了从直流电路到线性网络的相关内容，各章首先都简明扼要地提示出要点，然后举出许多典型例题并进行详细地解答。为了使初学者也能充分理解各例题的内容，所以在解题的过程中特别留意不产生太大的内容跳跃，力求给出简明易懂的解说。因此，本书不仅适用于大学或大专的学生，而且对于中专的相关专业学生来说，也是一本很好的参考书。同时，对于参加电工上岗考级、无线通信技师、无线电技师国家统考的各位考生培养实力来说，本书也是一本难得的好书。

“会”是指能解决给出的问题。希望各位读者通过阅读本书，能彻底地理解并掌握解决问题的思路和方法。

最后，对日本电气学会通信教育会的巽良知先生表示深深的谢意，感谢他承允将电气学会大学讲座“电路理论”的各章末习题作为本书的例题；同时，对为出版本书而付出许多努力的 CORONA 社各位同仁深表谢意。

山口胜也

目　　录

第 1 章　直流电路

第 2 章　交流电压及电流

第 3 章　复数矢量表示法

第4章 交流电路

第5章 线性网络

附 录

第 1 章　直流电路

1.1　欧姆定律

在阻值为 $R(\Omega)$ 的电阻两端加上数值为 $E(\mathrm{V})$ 的电动势时，流过电阻的电流 $I(\mathrm{A})$ 可由下式求得：

$$I = \frac{E}{R}\ (\mathrm{A}) \tag{1.1}$$

1.2　反电动势

如图 1.1 所示，当电阻 R 上流过电流 I 时，在电阻 R 的两端就产生一个与 E 方向相反、大小等于 IR 的反电动势，这可看作是和电池的电动势平衡。如同力学中的作用力和反作用力一样，这一点在所有的电路上都成立。

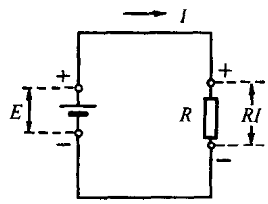

图 1.1

1.3　基尔霍夫定律

(1) **基尔霍夫第一定律**　流入电路中任一接点的电流的代数和为零。

如图 1.2 所示，I_1 和 I_2 是流入 P 点的电流，I_3 是从 P 点流出的电流，所以

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \tag{1.2}$$

把它写成一般式，即

$$\sum_{i=1}^{n} I_i = 0 \tag{1.3}$$

(2) **基尔霍夫第二定律** 任一闭合回路中,沿同一方向的所有电动势及反电动势(电压降)之和为零。

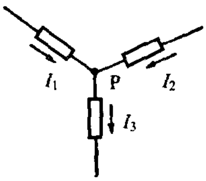

图 1.2 电流在接点的流入和流出

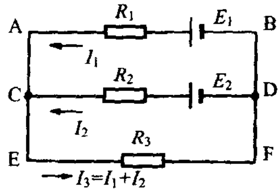

图 1.3 闭合回路的电动势和反电动势

假设图 1.3 中向左为正方向,对于闭合回路 ABFE 适用基尔霍夫第二定律,则

$$E_1 - I_1R_1 - (I_1 + I_2)R_3 = 0 \tag{1.4}$$

同样对于闭合回路 CDFE 基尔霍夫第二定律也适用,则

$$E_2 - I_2R_2 - (I_1 + I_2)R_3 = 0 \tag{1.5}$$

把它写成一般式,则有

$$\sum_{i=1}^{n} E_i - \sum_{i=1}^{n} I_iR_i = 0 \tag{1.6}$$

结果是

$$\sum_{i=1}^{n} E_i = \sum_{i=1}^{n} I_iR_i \tag{1.7}$$

1.4 电阻的连接

(1) **串联** 如图 1.4 所示,把电阻串联连接时,其总电阻 R 的值为

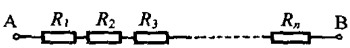

图 1.4 串联连接

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n = \sum_{i=1}^{n} R_i \quad (\Omega) \tag{1.8}$$

(2) **并联**　如图 1.5 所示，把电阻并联连接时，其总电阻 R 的值为：

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\cdots+\frac{1}{R_n}=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{R_i} \tag{1.9}$$

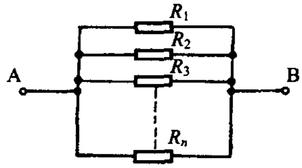

图 1.5　并联连接

即

$$R=\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{R_i}}\quad(\Omega) \tag{1.10}$$

1.5　电池的连接

(1) **串联**　如图 1.6 所示，把电动势及内阻分别为 $E_1,E_2,E_3,\cdots,E_n;r_1,r_2,r_3,\cdots,r_n$ 的电池和外部电阻 r_0 串联连接时，在外部电阻 r_0 上流过的电流 i 为：

$$i=\frac{E_1+E_2+E_3+\cdots+E_n}{r_0+r_1+r_2+r_3+\cdots+r_n}=\frac{\sum_{i=1}^{n}E_i}{r_0+\sum_{i=1}^{n}r_i}\quad(\mathrm{A}) \tag{1.11}$$

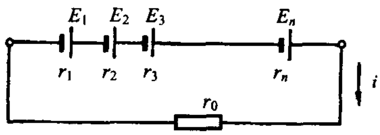

图 1.6　电池的串联连接

(2) **并联**　如图 1.7 所示，把电动势及内阻分别为 $E_1,E_2,E_3,\cdots,E_n;r_1,r_2,r_3,\cdots,r_n$ 的电池并联连接时，在外部电阻 r_0 上流过的电流 i 为：

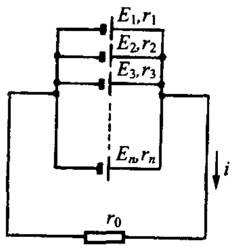

图 1.7　电池的并联连接

$$i=\frac{\frac{E_1}{r_1}+\frac{E_2}{r_2}+\frac{E_3}{r_3}+\cdots+\frac{E_n}{r_n}}{1+\frac{r_0}{r_1}+\frac{r_0}{r_2}+\frac{r_0}{r_3}+\cdots+\frac{r_0}{r_n}}=\frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{E_i}{r_i}}{1+\sum_{i=1}^{n}\frac{r_0}{r_i}} \tag{1.12}$$

特别是当所有电池都相同时，则

$$i = \frac{E}{r_0 + \frac{r}{n}} \text{ (A)} \tag{1.13}$$

1.6 功 率

对于图1.8所示的电路，电池 E 提供给负载 R 的功率为

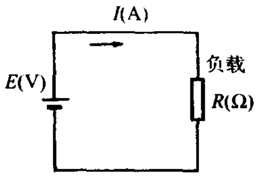

图 1.8

$$P = EI \text{ (W)} \tag{1.14}$$

E 的单位是伏[特](V)，I 的单位是安[培](A)，此时 P 的单位是瓦[特](W)。

式(1.14)又可以写成

$$P = EI = \frac{E^2}{R} = RI^2 \text{ (W)} \tag{1.15}$$

因为 P 表示的是每秒消耗的电能，所以在 t 秒间所消耗的电能若为 W_t，则有

$$W_t = Pt \text{ (J)} \tag{1.16}$$

若令 P 的单位为瓦(W)，t 的单位为秒(s)，则 W_t 的单位即为焦[耳](J)。又由于1卡(cal)约为4.18焦(J)，若将电能换算成热量 Q(cal)，则

$$Q = \frac{W_t}{4.18} = \frac{RI^2}{4.18}t \text{ (cal)} \tag{1.17}$$

例 题

【1.1】 求图1.9所示电路的总电阻 R。其中 $R_1 = 10\Omega$，$R_2 = 20\Omega$，$R_3 = 25\Omega$。

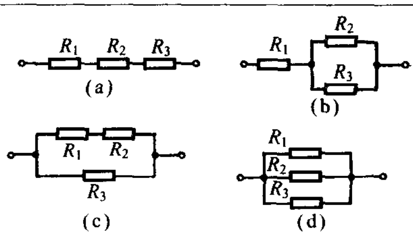

图 1.9

［解］　(a) $R = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 20 + 25 = 55\ (\Omega)$

(b) $R = R_1 + \dfrac{R_2R_3}{R_2 + R_3} = 10 + \dfrac{20 \times 25}{20 + 25} = 21.1\ (\Omega)$

(c) $R = \dfrac{(R_1 + R_2) \times R_3}{(R_1 + R_2) + R_3} = \dfrac{(10 + 20) \times 25}{(10 + 20) + 25} = 13.6\ (\Omega)$

(d) $R = \dfrac{R_1R_2R_3}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1} = \dfrac{10 \times 20 \times 25}{10 \times 20 + 20 \times 25 + 25 \times 10}$

$= 5.26\ (\Omega)$

【1.2】　如图 1.10 那样连接的 4 个电阻 R_1,R_2,R_3 及 R_4,ab 间的电压为定值 200V,且不论开关 S 闭合还是断开,其总电流都是一定的,请问 R_3,R_4 应取多少欧?其中总电流 $= 25\text{A}$,$R_1 = 16\Omega$,$R_2 = 8\Omega$。

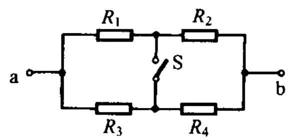

图 1.10

［解］　不论开关S断开还是闭合,总电流都是一定的,则电桥电路必为平衡,且平衡条件为 $R_1R_4 = R_2R_3$,所以

$$16R_4 = 8R_3, \quad R_3 = 2R_4$$

而总电阻 R 为

$$R = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2) + (R_3 + R_4)} = \frac{24R_4}{8 + R_4}$$

从 $V = IR$,知

$$R = \frac{V}{I} = \frac{200}{25} = 8\ (\Omega), \quad \frac{24R_4}{8 + R_4} = 8$$

所以

$$R_4 = 4\ (\Omega) \quad R_3 = 8\ (\Omega)$$

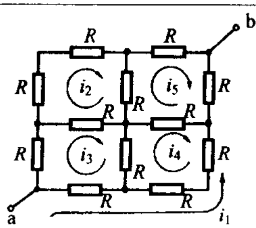

图 1.11

【1.3】　在图 1.11 的电路中,求从端子 ab 所看到的电路的等效电阻。

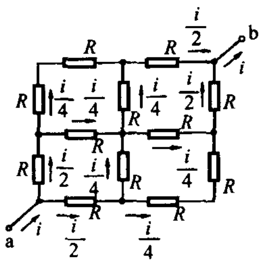

图 1.12

［解］　考虑图1.12所示电路。由于是左右对称（相对于对角线），所以电流的流动如图1.12所示。根据基尔霍夫定律，有

$$\frac{i}{2}R+\frac{i}{4}(R+R)+\frac{i}{2}R=V$$

整理后得

$$\frac{3}{2}iR=V$$

若令总电阻为 R_0，则

$$R_0=\frac{V}{i}=\frac{\frac{3}{2}iR}{i}=\frac{3}{2}R=1.5R$$

【1.4】　如图1.13所示，在最大刻度 $I=10\text{mA}$ 的电流计（设内阻为零）上串联一 $R=50\text{k}\Omega$ 的电阻作成电压表。问，该电压表能测到多少伏？

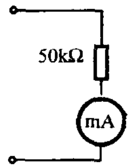

图 1.13

［解］　最大电流是10mA，若它流过的电阻为 R，则可取得的最大电压为

$$V=R\times 10\times 10^{-3}(\text{V})$$

又

$$R=50\text{k}\Omega=50\times 10^{3}(\Omega)$$

所以

$$V=50\times 10^{3}\times 10\times 10^{-3}=500\ (\text{V})$$

【1.5】　有一100V用的直流电压表。其阻抗是20kΩ。现欲将此电压表作直流600V用，还要串联多少欧的电阻？

［解］　设电压表能流过的电流为 I，则

$$I=\frac{100}{20\times 10^{3}}=5\times 10^{-3}(\text{A})$$

不能流过更大的电流。如欲加600V时流过的电流不超过5×10^{-3}A，则串联一个电阻，设为R，则

$$\frac{600}{R+20\times10^{3}}=5\times10^{-3}$$

$$5R\times10^{-3}+100=600,\quad 5R\times10^{-3}=500$$

所以

$$R=100\times10^{3}\Omega=100\text{k}\Omega$$

【1.6】 把两个200V用的电压表串联起来测量直流250V的电压，若两个电压表的内阻分别为20kΩ和15kΩ，请问各电压表的读数是多少？

［解］ 设流过电路的电流为i，则

$$i=\frac{250}{15+20}\times10^{-3}(\text{A})$$

所以内阻为20kΩ，15kΩ的电压表读数V_1，V_2为：

$$V_1=i\times20\times10^{3}=\frac{250}{15+20}\times20=143(\text{V})$$

$$V_2=i\times15\times10^{3}=\frac{250}{15+20}\times15=107(\text{V})$$

【1.7】 把最大刻度为10mA的电流表(内阻设为10Ω)并联一电阻，想得到能测量到30mA的电流表。并联多少欧的电阻合适？

［解］ 把电阻R并联到电流表上时，总电流设为i_0，而流过电流表的电流是10mA，设内阻为r，则

$$\frac{R}{R+r}=\frac{10}{20+10}=\frac{1}{3}$$

因为$r=10\Omega$，所以

$$\frac{R}{R+10}=\frac{1}{3}$$

$$3R=R+10,\ 2R=10$$

所以

$$R=\frac{10}{2}=5(\Omega)$$

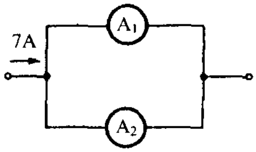

图 1.14

【1.8】 把最大刻度为5A的两个直流电流表 A_1 及 A_2 如图1.14那样连接并导通7A的电流。问此时各电流计的读数分别是多少安培?设各电流计最大刻度时的电压降 A_1 为20mV,A_2 为15mV。

[解] 设 A_1,A_2 的内阻分别为 r_1,r_2,流过的电流分别为 i_1,i_2,则

$$r_1=\frac{20}{5}\times10^{-3}=4\times10^{-3}(\Omega)$$

$$r_2=\frac{15}{5}\times10^{-3}=3\times10^{-3}(\Omega)$$

$$i_1=7\times\frac{r_2}{r_1+r_2}=7\times\frac{3}{7}=3(\mathrm{A})$$

$$i_2=7-i_1=4(\mathrm{A})$$

【1.9】 如图1.15所示的电路,ab端子间加24V电压时,流过3A的电流。若 R_1,R_2 上流过的电流为2∶3时,则 R_1,R_2 各自为多少欧?

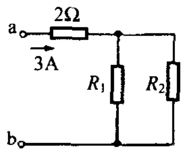

图 1.15

[解] 由于并联电阻 R_1,R_2 上流过的电流与其电阻值成反比,所以有

$$\frac{1}{R_1}:\frac{1}{R_2}=2:3,\quad 2R_1=3R_2$$

又,电路的总电阻为 $\left(2+\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\right)$,流过电路的总电流 I 为:

$$I=\frac{V}{\left(2+\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\right)}=\frac{120}{10+3R_2}=3$$

所以

$$10 + 3R_2 = 40 \quad R_2 = 10(\Omega)$$

从 $R_2 = 10\Omega$ 可得

$$R_1 = \frac{3}{2}R_2 = \frac{3}{2} \times 10 = 15(\Omega)$$

【1.10】 在图 1.16 所示的电路中，ab 端子间的总电阻为 R，流过终端电阻 R 的电流是总电流的 $1/\alpha$，问 r_1，r_2 的值各为多少？

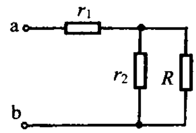

图 1.16

[**解**]　设电路的总电阻为 R_0，则

$$R_0 = r_1 + \frac{r_2 R}{r_2 + R}$$

又令总电流为 i，R 上流过的电流为 i_R，则

$$i_R = i\frac{r_2}{R + r_2}$$

根据题意

$$R_0 = R,\ i_R = \frac{1}{\alpha}i$$

所以

$$r_1 + \frac{r_2 R}{r_2 + R} = R \qquad ①$$

$$\frac{r_2}{r_2 + R} = \frac{1}{\alpha} \qquad ②$$

将式 ① 与式 ② 联立，求出 r_1，r_2。

从式 ① 有

$$\frac{r_2 R}{r_2 + R} = R - r_1$$

所以

$$\frac{r_2}{r_2 + R} = 1 - \frac{r_1}{R} = \frac{1}{\alpha}, \quad \frac{r_1}{R} = 1 - \frac{1}{\alpha}$$

所以

$$r_1 = R\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right)$$

从式②有

$$\alpha r_2 = r_2 + R, \quad (\alpha - 1) r_2 = R$$

所以

$$r_2 = \frac{R}{\alpha - 1}$$

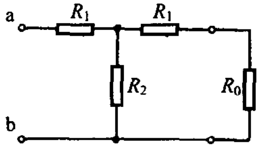

图 1.17

【1.11】 如图 1.17 所示的电路，从 ab 端子看去，总电阻为 600Ω，且流过 R_0 的电流是总电流的 1/100，问 R_1，R_2 各为多少欧才行？$R_0 = 600\Omega$。

［解］ 总电阻 R 为：

$$R = R_1 + \frac{R_2(R_1 + R_0)}{R_2 + (R_1 + R_0)} = 600 \qquad ①$$

根据题意 R_0 上流过的电流是总电流的 1/100，故

$$\frac{R_2}{R_2 + R_1 + R_0} = \frac{1}{100} \qquad ②$$

将式①和式②联立，求 R_1，R_2，并利用 $R_0 = 600\Omega$，则从式②得

$$100R_2 = R_1 + R_2 + 600, \quad 99R_2 = R_1 + 600$$

所以

$$R_1 = 99R_2 - 600$$

将 R_1 代入式①，则

$$99R_2 - 600 + \frac{R_2(99R_2 - 600 + 600)}{R_2 + (99R_2 - 600 + 600)} = 600$$

$$99R_2 - 600 + \frac{99R_2^2}{R_2 + 99R_2} = 600$$

$$R_2\left(99 + \frac{99}{100}\right) = 1200$$

所以

$$R_2=\frac{120\ 000}{9999}\approx 12(\Omega),\ R_1=99\times 12-600=588(\Omega)$$

【1.12】 图 1.18 所示电路中，从 ab 端子看到的总电阻等于终端电阻 R_0，若流过终端电阻 R_0 的电流是总电流的 $1/\alpha$，问 R_1，R_2 应取多少合适呢？

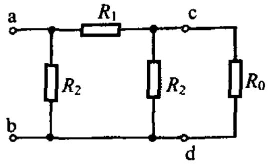

图 1.18

［解］ 设总电阻为 R，则

$$R=\frac{R_2\left(R_1+\dfrac{R_2R_0}{R_2+R_0}\right)}{R_2+R_1+\dfrac{R_2R_0}{R_2+R_0}}=\frac{R_2[R_1(R_2+R_0)+R_2R_0]}{(R_2+R_1)(R_2+R_0)+R_2R_0}$$

又设总电流为 i，R_0 上流过的电流为 i_0，则

$$i_0=i\times\frac{R_2}{R_2+R_1+\dfrac{R_2R_0}{R_2+R_0}}\times\frac{R_2}{R_2+R_0}$$

$$=i\times\frac{R_2^2}{(R_2+R_1)(R_2+R_0)+R_2R_0}$$

根据题意

$$R=R_0,\ i_0=i\frac{1}{\alpha}$$

所以

$$\frac{R_2[R_1(R_2+R_0)+R_2R_0]}{(R_2+R_1)(R_2+R_0)+R_2R_0}=R_0 \qquad ①$$

又因为

$$\frac{R_2^2}{(R_2+R_1)(R_2+R_0)+R_2R_0}=\frac{1}{\alpha} \qquad ②$$

将式 ① 和式 ② 联立，求 R_1，R_2。

从式 ① 得

$$R_2(R_1R_2+R_1R_0+R_2R_0)$$
$$=R_0(R_2^2+R_1R_2+R_1R_0+R_2R_0+R_2R_0)$$