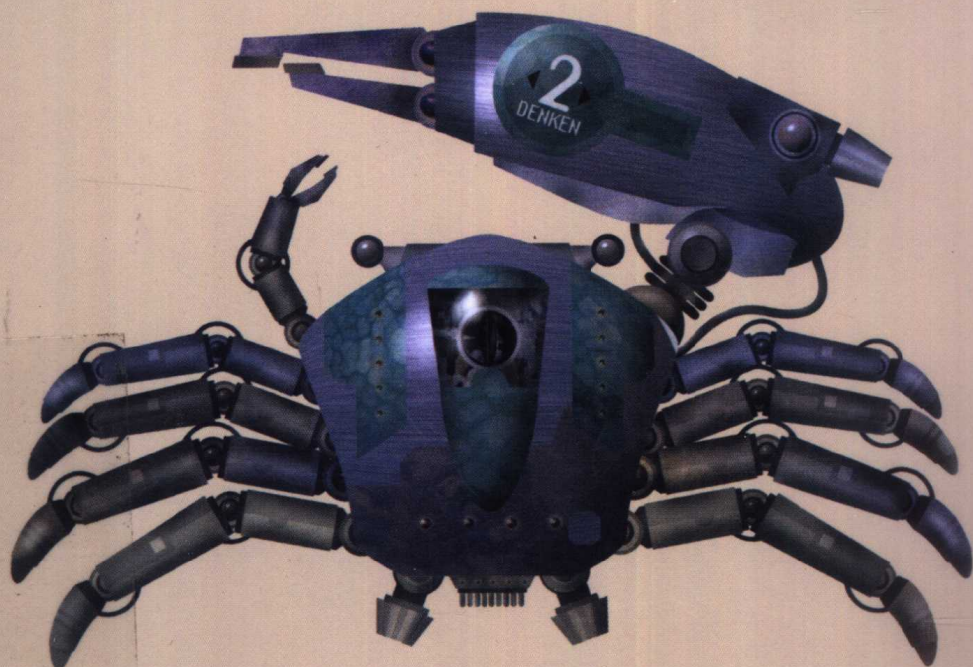


OHM 电子电气习题集系列

实用电工电子学 习题详解 下

〔日〕半田 进 著



科学出版社

www.sciencep.com

OHM 电子电气习题集系列

实用电工电子学 习题详解

下

〔日〕半田 进 著
吕砚山 译
洪纯一 校

科学出版社
北 京

图字:01-2002-1667 号

Original Japanese language edition

Denken Nishu Jissen Kouryaku Riron

By Susumu Handa

Copyright © 1999 by Susumu Handa

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese version published by Science Press, Beijing

Under license from Ohmsha, Ltd.

Copyright © 2002

All rights reserved

電験二種実戦攻略 理論

半田 達 オーム社 2000 第1版第2刷

图书在版编目(CIP)数据

实用电工电子学习题详解(下)/(日)半田 进著;吕砚山译,洪纯一校.

—北京:科学出版社,2003

(OHM 电子电气习题集系列)

ISBN 7 03-010555-9

I. 电… II. ①半… ②吕…③洪… III. ①电工学-习题②电子学-习题 IV. TM1-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 048669 号

责任编辑 崔炳哲 樊友民 **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>

源海印刷厂 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

2003 年 2 月第 一 版 开本: A5(890×1240)

2003 年 2 月第一次印刷 印张: 11 3/4

印数: 1—5 000 字数: 362 000

定 价: 23.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

译者序

本书是日本国内每年一度举行的电工技术人员考试的试题选编之一。该考试分为高级(即“电验一种”)、中级(即“电验二种”)和初级(即“电验三种”)。分别通过上述考试的人员,可具有不同的工作职责和权力范围。例如,就电气安全监督的权力范围而言,达到高级合格的人员,其工作范围可涉及全部电气设备;达到中级合格的人员,其工作范围为在管区内电压未满 170kV 的电气设备,在管区外电压未满 100kV 的电气设备;达到初级合格的人员,其工作范围为在管区内电压未满 50kV 的电气设备,在管区外电压未满 25kV 的电气设备(功率 5 000kW 以上的发电厂除外)。

从 1995 年开始,他们又将上述高级和中级考试统一安排为分两次同时进行。第一次考试通常在 8 月下旬,第二次考试在 11 月下旬。考试的科目是:第一次考试为电工基础理论、电力、电机、电气法规四门;第二次考试为电力与管理、电机与控制两门。本书内容即为中级第一次考试的电工基础理论的历年试题及题解的选编。

本书的特点是通过丰富的例题和详细的题解,全面地介绍了电工基础理论知识。其内容重点突出,理论联系实际。全书内容分为电路、电磁、电子电路及电工、电子测量等 4 章共 40 个专题,每一专题下设若干例题。这些例题是从历年考题及作者认为将来可能会有的考题中选编的,形式以选答题为主。在对每道题进行详尽的解答之前,先给出“解法要点”,借以启发、引导思路,以便使读者积极主动地理解下文。在每个专题之后,还安排有“本专题小结”,以求巩固所学,牢记要点。

在日本,对于从事电气工作的人员,该书是一本非常实用的应试必备参考书。在我国,虽然目前还没有相同的考试安排,但对从事电气技术工作和学习电工技术的人员而言,本书仍具有较高的参考价值。因此,根据科学出版社的安排将本书翻译出来,献给我国读者。

需要说明的是,在翻译中根据我国情况对原书的一些文字符号作了改动,以便符合我国读者的阅读习惯。如电流、电压、电动势的相量或复

译者序

数符号采用 $\dot{I}$ 、 $\dot{V}$ 、 $\dot{E}$ ，其大小为 I 、 V 、 E ；复数阻抗、复数导纳分别采用 Z 、 Y ，其大小为 $|Z|$ 、 $|Y|$ 等。另外，对原书中的笔误或印刷错误等也作了改正，但为简便计，除个别必要处外，一般不加译者注。

本书译稿承北京化工大学洪纯一教授校阅。在出版过程中，得到科学出版社及有关人士的大力帮助，译者在此谨致以衷心的感谢。限于水平，疏漏或错误之处难免，敬请读者批评指正。



前 言

近年来,由于技术进步提高了电气设备的可靠性,使供电质量与可靠性都得到了很大改善,发生事故的次数不断减少。另一方面,供电自由化要求的高潮到来,与此相关,日本于1995年12月对“电气事业法”进行了大幅度修改,在放宽要求的同时,有关人员在电气安全方面的责任也加大了,其中包括,对电气专业的主任技术员的社会责任和要求日益提高。

电气专业主任技术员的考试,从1995年开始,高级、中级的第一次考试与第二次考试分别在同一天进行,一般第一次考试安排在8月下旬,第二次考试在11月下旬。考试的科目是,第一次考试为电工基础理论、电力、电机、电气法规四门;第二次考试为电力与管理、电机与控制两门。考题的形式是,第一次考试为选答方式,第二次考试为叙述方式。1995年后,由于进行了考试科目合格,成绩可以保留等制度的改革,与以前相比,考试合格的人员增多了。

本书是以通过中级电气主任技术员的考试为目标,内容包括第一次考试科目所包括的电工基础理论、电力、电机、电气法规四门课程的考试题解,力求其内容与第二次考试很好地衔接。

本书在编写中作了如下考虑和安排:

(1) 对以往30年的试题进行了仔细的分析,选择出题频度高的题目以及将来可能出的题目作为例题,并对其进行通俗易懂的解答。

(2) 对与1995年以来增加的新规定有关的内容进行了补充。

(3) 在物理量的单位方面,采用诸如热或功用焦[耳](J)、压力用帕[斯卡](Pa)等SI单位制。

(4) 在各章之末均附有练习题,希望在提高能力的同时,尽可能获得应有的学习成果。

(5) 例题按专题分类,给出解法要点、解等。

(6) 在“解”中,尽量采用了一些图表或插图,以求更为通俗易懂。

关于本书的使用,建议可先以较快速度通读一遍(即使有不懂的地方),然后再读第二遍和第三遍。这样,就会对最初不懂的地方,也能理解

前 言

了。如果读者对全书内容的80%以上都能理解和掌握,那么具备中级电气测验合格的实力就不成问题了。

衷心地希望读者能够通过本书的学习,摘取“中级电气测验”合格的桂冠。最后,向给予本书编辑出版很多帮助的欧姆社出版部各位先生表示衷心的感谢!



目 录

1 章 交流电路

1	交流电路的基础	2
2	等效变换	10
3	相量图	19
4	戴维宁定理, 叠加定理, 补偿定理	27
5	条件电路(与频率无关的条件)	40
6	条件电路(相位差、电流一定的条件)	46
7	含互感 M 的电路	56
8	最大、最小问题	65
9	非正弦波	74
10	二端口网络参数	83
11	多相交流	90
12	过渡过程	101
13	分布参数电路与行波	116
14	对称分量法	124
	练习题	133

2 章 电 磁

1	电荷与库仑定律	140
2	高斯定理与电场强度	147
3	绝缘击穿与耐压	160
4	极间电容与电阻	168
5	解静电场的镜象法	182
6	电位系数、自感应系数与互感应系数	190
7	安培环路积分定律	196
8	毕奥·萨伐尔定律	205

9	磁场与电流的作用力	211
10	电感与磁路	217
11	磁通与电磁感应	228
12	各种效应	234
	练习题	240

3 章 电子电路

1	电子理论	246
2	晶体管与晶闸管	251
3	基极、发射极、集电极的接地电路与放大倍数	259
4	h 参数与等效电路	265
5	直流偏置	271
6	放大电路	278
7	运算放大器	284
8	振荡电路	291
9	调制、解调电路	297
	练习题	302

4 章 电工、电子测量

1	电阻、电压、电流的测量	306
2	功率的测量	312
3	测量仪表的种类与特性	320
4	各种波形的测量	326
5	电子测量装置(示波器)	332
	练习题	336

练习题解答	339
-------------	-----

常用的数学公式	363
---------------	-----

1章

交流电路

【答案】

- (A) $R \cdot \sqrt{2}$ (B) 瞬时功率 (C) $\frac{1}{\omega C}$ (D) 阻抗模
- (E) $\frac{1}{\omega C}$ (F) 电压有效值 (G) 电压有效值 (H) 电压有效值



本题是有关电路元件阻抗测量原理的问题。试从下列提供的答案中选择正确的填入题内的□内。

在图 1.1 所示电路中,有效值为 E 、角频率为 ω 的电压源与待测阻抗的线圈 ab 串联接。当调节可变电容 C 使其值为 C_0

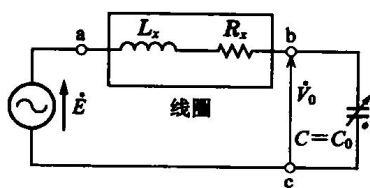


图 1.1

时, bc 间的端电压 V_0 有大小 V_0 (有效值) 为最大¹⁾。此时电路为 (1) 状态, 线圈的电感 $L_x =$ (2), 电阻 $R_x =$ (3)。 V_0 与 E 之比称为 (4), 其值若用 L_x 、 R_x 及 C_0 来表示, 则可表示为 (5)。

【答案】

- (A) $\frac{1}{R_x} \sqrt{\frac{C_0}{L_x}}$ (B) 峰值系数 (C) $\frac{1}{\omega C_0}$ (D) 并联谐振
 (E) $\frac{1}{C_0}$ (F) $\frac{1}{R_x} \sqrt{\frac{L_x}{C_0}}$ (G) 串联谐振 (H) 饱和度
 (I) $\frac{1}{\omega^2 C_0}$ (J) $\frac{V_0}{\omega C_0 E}$ (K) 半功率点宽度 (L) $\frac{E}{\omega C_0 V_0}$
 (M) $\frac{\omega C_0 E}{V_0}$ (N) 品质因数 (O) $R_x \sqrt{\frac{C_0}{L_x}}$

答案

(1) (G) (2) (I) (3) (L) (4) (N) (5) (F)

1) 图中电势方向表示由低电势指向高电势, 与我国规定相反。本书系采用原图, 未予改动, 请读者注意。下同。——译者注

?

解法要点

(1) 当电容 C 的电压 V_0 为最大时, R, L, C 串联电路发生谐振。

(2) 此时 $j\omega L_x = \frac{1}{j\omega C}$, 电路的总阻抗 $Z = R$ 。

(3) V_0 与电源电压 E 之比为 $\frac{V_0}{E} = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega CR}$ 。

【解答】

(1) 电路的复数阻抗 Z 为

$$Z = R_x + j\left(\omega L_x - \frac{1}{\omega C}\right)$$

当 Z 的虚部为 0, 即

$$\omega L_x = \frac{1}{\omega C}, \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{L_x C}} \quad \text{..... ①}$$

此时发生串联谐振。令 C 为 C_0 , 则 L_x 为

$$L_x = \frac{1}{\omega^2 C_0} \quad \text{..... ②}$$

(2) 在串联谐振时, 电路的阻抗 $Z = R_x$, 电流 $I = \frac{E}{R_x}$ (一定)。因此, 电容 C_0 的电压 V_0 为

$$V_0 = I \left(\frac{1}{j\omega C_0} \right) = \frac{E}{R_x} \cdot \frac{1}{\omega C_0}$$

因而

$$R_x = \frac{E}{\omega C_0 V_0} \quad \text{..... ③}$$

(3) 这里将

$$\frac{V_0}{E} = \frac{\omega L_x}{R_x} = \frac{1}{R_x \omega C_0} \quad \text{..... ④}$$

称为品质因数。由于 ωL 或 $\frac{1}{\omega C_0}$ 较大, 故产生了比电源电压 E 大的电压 V_0 。

(4) 将式①代入式④中, 就有

$$\frac{V_0}{E} = \frac{\sqrt{L_x C_0}}{R_x C_0} = \frac{1}{R_x} \sqrt{\frac{L_x}{C_0}} \dots\dots\dots (5)$$

例题 2

本题是有关单相交流电路的问题。试从下列提供的答案中选择正确的填入题内的□内。

在图 1.2 所示电路中,在 ab 端施加 100V 的单相交流电压,当开关 S 打开时,电容中的电流 I_1 为□(1) (A),由电源供给的电流 I 为□(2) (A)。cd 端的电压 V_{cd} 为□(3) (V)。

今若将开关 S 闭合,则电流 I_1 为□(4) (A),电流 I 为□(5) (A)。

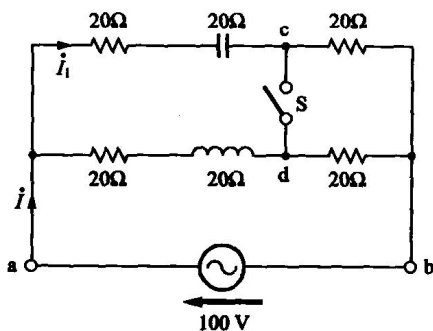


图 1.2

【答案】

- | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| (A) 80 | (B) $4+j2$ | (C) $\frac{5}{3}+j\frac{5}{3}$ | (D) $\frac{6}{5}+j\frac{4}{25}$ |
| (E) $2+j$ | (F) $40\sqrt{2}$ | (G) 4 | (H) $\frac{2}{3}+j\frac{2}{15}$ |
| (I) $\frac{6}{15}+j\frac{4}{15}$ | (J) $2-j$ | (K) $4.4+j4$ | (L) 40 |
| (M) $\frac{17}{25}+j\frac{13}{25}$ | (N) $\frac{10}{3}$ | (O) $4-j2$ | |

答案

- (1) (E) (2) (G) (3) (L) (4) (C) (5) (N)



解法要点

当 S 打开时由于是并联电路,故可分别求出 C 中的电流 $\dot{I}_1$ 与 L 中的电流 $\dot{I}_2$,其合成即为 $\dot{I}$ 。当 S 闭合时,电路还具有串联形式,故应按此特点进行计算。

【解答】

- (1) 当 S 打开时在 C 中的电流 $\dot{I}_1$ 为

$$\dot{I}_1 = \frac{100}{40 - j20} = \frac{5}{2 - j} = \frac{5(2 + j)}{(2 - j)(2 + j)} = \frac{5(2 + j)}{4 + 1} = 2 + j(\text{A})$$

- (2) 同时,在 L 中的电流 $\dot{I}_2$ 为

$$\dot{I}_2 = \frac{100}{40 + j20} = \frac{5}{2 + j} = \frac{5(2 - j)}{(2 + j)(2 - j)} = \frac{5(2 - j)}{4 + 1} = 2 - j(\text{A})$$

- (3) 因 $\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2$,故

$$\dot{I} = (2 + j) + (2 - j) = 4(\text{A})$$

- (4) 因 $\dot{V}_{cd}$ 等于 c 点电位 $\dot{V}_c$ 与 d 点电位 $\dot{V}_d$ 之差,故

$$\dot{V}_{cd} = \dot{V}_c - \dot{V}_d = 20(2 + j) - 20(2 - j) = j40(\text{V}), \text{所以 } V_{cd} = 40(\text{V})$$

- (5) 当 S 闭合时,整个电路的复数阻抗为

$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{\frac{1}{20 - j20} + \frac{1}{20 + j20}} + 10 = \frac{20^2 + 20^2}{(20 + j20) + (20 - j20)} + 10 \\ &= \frac{800}{40} + 10 = 30(\Omega) \end{aligned}$$

$$\text{因此, } \dot{I} = \frac{100}{30} = \frac{10}{3}(\text{A}).$$

$$(6) \dot{I}_1 = \frac{20 + j20}{(20 - j20) + (20 + j20)} \dot{I} = \frac{1 + j}{2} \dot{I} = \frac{5}{3}(1 + j)(\text{A})$$



本题是有关交流电路的问题。试从下列提供的答案中选择正确的填入题内的 内。

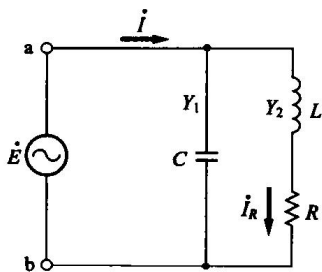


图 1.3

在图 1.3 所示电路中,当在 a、b 端施加电压 E 时,电容 C 支路的复数导纳 $Y_1 = \boxed{(1)}$, R 、 L 串联支路的复数导纳 $Y_2 = \boxed{(2)}$ 。当电流 i 与电源电压 E 同相时, $\omega = \boxed{(3)}$, 此时电流 $i_R = \boxed{(4)}$, 电路消耗的功率 $P = \boxed{(5)}$ 。

【答案】

- | | | |
|---|---------------------------|--|
| (A) $R + j\omega L$ | (B) $R^2 + \omega^2 L^2$ | (C) $\frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega C}$ |
| (D) $\frac{1}{R + j\omega L}$ | (E) $j\omega C$ | (F) $\frac{1}{j\omega C}$ |
| (G) $E\sqrt{\frac{L}{C}}$ | (H) $E\sqrt{\frac{C}{L}}$ | (I) $E\sqrt{\frac{LR}{C}}$ |
| (J) $\frac{E^2 CR}{L}$ | (K) $\frac{E^2 L}{C}$ | (L) $\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2}$ |
| (M) $\sqrt{\frac{R}{L} - \frac{1}{LC}}$ | (N) $\sqrt{LC}$ | (O) $E^2 R \frac{L}{C}$ |

答案 (1) (E) (2) (D) (3) (L) (4) (H) (5) (J)



解法要点

复数导纳 Y 为复数阻抗 Z 的倒数。由于是并联电路,故使用导纳较为方便,整个电路的复数导纳 $Y = Y_1 + Y_2$ 。

【例题】

(1) 电容 C 支路的复数导纳 Y_1 为

$$Y_1 = j\omega C$$

(2) R 、 L 串联支路的复数导纳 Y_2 为

$$Y_2 = \frac{1}{R + j\omega L}$$

(3) 总的复数导纳 Y 为

$$\begin{aligned} Y &= Y_1 + Y_2 = j\omega C + \frac{1}{R + j\omega L} = j\omega C + \frac{R - j\omega L}{R^2 + (\omega L)^2} \\ &= \frac{R - j\{\omega L - \omega C[R^2 + (\omega L)^2]\}}{R^2 + (\omega L)^2} \end{aligned} \quad \text{①}$$

因 $I = YE$, 若 I 与 E 同相, 则应使式①的分子中虚部为 0, 即

$$L = C[R^2 + (\omega L)^2]$$

$$\frac{L}{C} - R^2 = (\omega L)^2 \quad \text{②}$$

$$\text{故 } \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2} \quad \text{③}$$

(4) 在 R 中的电流 I_R 为

$$I_R = Y_2 E = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \quad \text{④}$$

将式②代入式④中, 则有

$$I_R = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \frac{L}{C} - R^2}} = E \sqrt{\frac{C}{L}}$$

(5) 电路所消耗的功率全为 R 所消耗, 故

$$P = I_R^2 R = \left(E \sqrt{\frac{C}{L}}\right)^2 R = E^2 \frac{CR}{L}$$



本题是有关单相交流电路的问题。试从下列提供的答案中选择正确的填入题内的 内。

在图 1.4 所示电

路中, 电流 $I = \frac{E}{\text{①}}$, 当 $\omega_0 =$

② 时, 电流 I 最大, $I = \text{③}$ 。

电路所消耗的平均功率等于串联谐振时平均功率的 $1/2$ 时的半功率点的角频率 ω 若用 ω_0 表示, 则为

$$\omega = \pm \text{④} + \text{⑤}$$

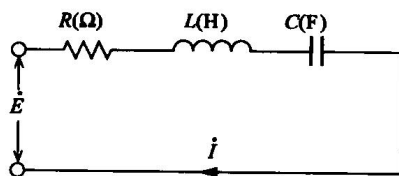


图 1.4

【答案】

$$(A) R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2 \quad (B) \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} \quad (C) R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$$

$$(D) \sqrt{LC} \quad (E) \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (F) \frac{C}{L}$$

$$(G) \frac{L}{C} \quad (H) \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (I) \frac{E}{R}$$

$$(J) \frac{E}{\sqrt{R^2 + LC}} \quad (K) \frac{R}{2L} \quad (L) \sqrt{\left(\frac{\omega_0}{R}\right)^2 + \left(\frac{L}{C}\right)^2}$$

$$(M) \sqrt{\left(\frac{L}{R}\right)^2 + \omega_0^2} \quad (N) \sqrt{\left(\frac{R}{L}\right)^2 + \omega_0^2} \quad (O) \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \omega_0^2}$$

答案 (1) (B) (2) (E) (3) (I) (4) (K) (5) (O)



解法要点

RLC 串联电路中谐振角频率为 $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, 消耗的功率等于谐振时所耗功率 1/2 时的电流为谐振时电流 $I = \frac{E}{R}$ 的 $1/\sqrt{2}$ 。

【解法】

(1) 电路的复数阻抗 Z 为

$$Z = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$$

(2) 电流

$$I = \frac{E}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}, \quad I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

(3) 由于 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ 时 Z 最小, 故 I 最大。此时串联谐振的角频率 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, 因为 Z 的虚部为 0, 故 $Z_0 = R$, 谐振时的电流 $I_0 = \frac{E}{R}$ 。