

Technology  
实用技术

电 工 电 子 一 点 通

# 电工电子计算 一点通

黄海平 黄海明 编著

看得懂  
学得会  
用得巧

电工电子类畅销书作者  
最新力作

 科学出版社  
www.sciencep.com

TM11/7

2008

电工电子一点通

# 电工电子计算一点通

黄海平 黄海明 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是“电工电子一点通”丛书之一。全书共13章,内容包括电工、模拟和数字电子技术计算的内容。为便于读者理解,本书以图解的方式给出丰富的例题,并按照由浅入深、由易到难的原则安排章节结构,旨在培养读者分析和解决实际问题的能力。

本书既可供变配电、电气运行与控制、电子等行业的技术人员阅读,也可作为工科院校电工、电子类专业师生或岗位培训人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电工电子计算一点通/黄海平,黄海明编著. —北京:科学出版社, 2008

(电工电子一点通)

ISBN 978-7-03-021975-6

I. 电… II. ①黄…②黄… III. ①电工-计算②电子电路-计算  
IV. TM11 TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 068693 号

责任编辑:刘红梅 杨 凯/责任制作:魏 谨

责任印制:赵德静/封面设计:郝晓燕

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

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

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008年7月第 一 版 开本:A5(890×1240)

2008年7月第一次印刷 印张:10 1/4

印数:1—5 000 字数:257 000

定 价:25.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

# 前 言

随着科学技术的飞速发展,各种电工、电子设备不断应用于人类生产、生活的各个领域。计算对于每个电工、电子技术人员来说是一项必不可少的技能。经常会听到读者反映,由于电工、电气和电子技术理论的定律很多,有很多复杂的计算,因此很难掌握。其实,学习电工和电子技术理论就像俗语所说的“熟能生巧”那样,只要把握好考虑问题的思路,从基础到应用反复练习,就能够轻松掌握。

本书就是为了帮助读者轻松理解基本的电工、电子技术原理和计算方法而编写的。为增加实用性,本书以理论和实际相结合,尽量汇集实验和实用的内容,以达到巩固知识、运用知识并进行创新的目的。全书共 13 章,涵盖了电工和电子两部分。每一节首先给出解题要点,然后,列举大量的例题以说明解题方法,特别对于问题的变形、解题步骤,均有详细说明。在分析解题方法的过程中,还指出了计算过程中容易出现错误和错误原因。为了便于读者理解,解题要点和例题尽可能地采用图解的方法,并且按照从基础知识过渡到应用的原则,合理安排知识结构。

本书的使用方法如下:首先要充分理解解题要点中所列的内容,认真研究,然后理解例题,最后尝试在不看解题要点和例题答案的情况下,独立求解例题,以更深刻地领会其内容。只要读者利用本书进行充分的练习,就能培养分析和解决实际问题的能力,学到适用于复杂电工和电子电路的计算方法和技巧,这也是笔者所期望的。

# 目 录

## ➤ 第1章 直流电路

|                    |    |
|--------------------|----|
| 1.1 欧姆定律 .....     | 2  |
| 1.2 电阻的性质 .....    | 5  |
| 1.3 电阻的串联与并联 ..... | 8  |
| 1.4 直流电路的计算 .....  | 12 |
| 1.5 倍压器与分流器 .....  | 15 |
| 1.6 特殊电路 .....     | 19 |
| 1.7 焦耳定律 .....     | 24 |
| 1.8 功率与电能 .....    | 27 |

## ➤ 第2章 电与磁

|                     |    |
|---------------------|----|
| 2.1 磁铁与磁场 .....     | 32 |
| 2.2 磁路的构成 .....     | 35 |
| 2.3 楞次定律 .....      | 39 |
| 2.4 左手定则和右手定则 ..... | 42 |
| 2.5 互 感 .....       | 45 |
| 2.6 电磁能与磁化作用 .....  | 48 |

## ➤ 第3章 静 电

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 3.1 电荷之间的作用力与电场强度 ..... | 52 |
|-------------------------|----|

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 3.2 | 电容器储存的电荷 .....  | 55 |
| 3.3 | 电容器的并联与串联 ..... | 58 |
| 3.4 | 电容器的能量 .....    | 62 |

## ➤ 第4章 直流网络

|     |              |    |
|-----|--------------|----|
| 4.1 | 叠加原理 .....   | 68 |
| 4.2 | 基尔霍夫定律 ..... | 71 |
| 4.3 | 惠斯通电桥 .....  | 74 |

## ➤ 第5章 单相交流电路

|      |                               |     |
|------|-------------------------------|-----|
| 5.1  | 正弦交流电的产生 .....                | 80  |
| 5.2  | 正弦交流电的表示方法 .....              | 83  |
| 5.3  | 相 位 .....                     | 87  |
| 5.4  | 交流电的矢量和复数表示法 .....            | 90  |
| 5.5  | 阻碍电流的元件 $R$ 、 $L$ 、 $C$ ..... | 94  |
| 5.6  | 串联电路的基本计算 .....               | 96  |
| 5.7  | 并联电路的基本计算 .....               | 100 |
| 5.8  | 串联谐振与并联谐振 .....               | 103 |
| 5.9  | 交流电桥 .....                    | 108 |
| 5.10 | 用叠加原理的解法 .....                | 111 |
| 5.11 | 用基尔霍夫定律的解法 .....              | 114 |
| 5.12 | 交流功率和功率因数 .....               | 117 |

## ➤ 第6章 非正弦波交流电路及三相交流电路

|                  |     |
|------------------|-----|
| 6.1 非正弦波交流       | 124 |
| 6.2 过渡过程         | 129 |
| 6.3 三相交流电及接线的性质  | 135 |
| 6.4 三相交流电路的基本计算  | 139 |
| 6.5 三相交流电路的功率及测量 | 143 |
| 6.6 不对称三相电路      | 147 |

## ➤ 第7章 半导体器件

|              |     |
|--------------|-----|
| 7.1 二极管      | 154 |
| 7.2 晶体管      | 157 |
| 7.3 晶体管的静态特性 | 160 |
| 7.4 晶体管的放大作用 | 163 |

## ➤ 第8章 放大电路

|              |     |
|--------------|-----|
| 8.1 直流负载线    | 168 |
| 8.2 偏置电路     | 171 |
| 8.3 交流负载线的用法 | 176 |
| 8.4 小信号放大电路  | 179 |
| 8.5 功放电路     | 182 |
| 8.6 高频放大电路   | 185 |

## ➤ 第9章 振荡电路及脉冲电路

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 9.1 各种振荡电路 .....       | 190 |
| 9.2 CR 振荡电路 .....      | 193 |
| 9.3 RC 串联电路的过渡现象 ..... | 195 |
| 9.4 脉冲的性质 .....        | 198 |
| 9.5 微分电路与积分电路 .....    | 202 |
| 9.6 波形整形的原理 .....      | 206 |
| 9.7 触发电路 .....         | 209 |

## ➤ 第10章 调制、解调及电源电路

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 10.1 调制(把声音加载到电波上) ..... | 214 |
| 10.2 解调(从电波中复原出声音) ..... | 217 |
| 10.3 电源整流电路与滤波器 .....    | 220 |
| 10.4 稳压电源的电路原理 .....     | 223 |

## ➤ 第11章 逻辑代数

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 11.1 二进制数 .....        | 228 |
| 11.2 八进制数和十六进制数 .....  | 231 |
| 11.3 BCD 码和奇偶校验码 ..... | 234 |
| 11.4 二进制数的四则运算方法 ..... | 237 |
| 11.5 补数运算方法 .....      | 240 |
| 11.6 小数运算方法 .....      | 243 |
| 11.7 布尔代数的公理和文氏图 ..... | 246 |



|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 11.8  | 布尔代数的定理 .....     | 248 |
| 11.9  | 最小项形式和最大项形式 ..... | 250 |
| 11.10 | 卡诺图的基础 .....      | 253 |
| 11.11 | 四个变量的卡诺图 .....    | 256 |

## ➤ 第12章 逻辑电路

|       |                            |     |
|-------|----------------------------|-----|
| 12.1  | 基本逻辑门电路 .....              | 260 |
| 12.2  | 正、负逻辑和半导体电路 .....          | 265 |
| 12.3  | 组合逻辑电路 .....               | 271 |
| 12.4  | 用 NAND 和 NOR 进行变换 .....    | 274 |
| 12.5  | AND-OR 电路和 OR-AND 电路 ..... | 276 |
| 12.6  | 比较电路 .....                 | 279 |
| 12.7  | 选择电路 .....                 | 282 |
| 12.8  | 加法运算电路 .....               | 284 |
| 12.9  | 减法运算电路 .....               | 287 |
| 12.10 | 编码器 .....                  | 289 |
| 12.11 | 译码器 .....                  | 292 |
| 12.12 | 门集成电路 .....                | 294 |
| 12.13 | 逻辑电路的设计 .....              | 297 |

## ➤ 第13章 触发器、时序逻辑电路以及 A/D、D/A 转换器

|      |                      |     |
|------|----------------------|-----|
| 13.1 | RS 触发器和 JK 触发器 ..... | 302 |
| 13.2 | 其他的触发器 .....         | 305 |
| 13.3 | 二进制计数器和十进制计数器 .....  | 307 |

|      |                    |     |
|------|--------------------|-----|
| 13.4 | 同步式计数器和移位寄存器 ..... | 310 |
| 13.5 | A/D 转换器 .....      | 313 |
| 13.6 | D/A 转换器 .....      | 315 |

## 第12章 逻辑电路

|       |                            |     |
|-------|----------------------------|-----|
| 12.1  | 基本逻辑门电路 .....              | 320 |
| 12.2  | 正负逻辑和半导电路 .....            | 323 |
| 12.3  | 组合逻辑电路 .....               | 324 |
| 12.4  | 用 NAND 和 NOR 进行变换 .....    | 324 |
| 12.5  | AND-OR 电路和 OR-AND 电路 ..... | 326 |
| 12.6  | 比较电路 .....                 | 329 |
| 12.7  | 编码电路 .....                 | 333 |
| 12.8  | 加法运算电路 .....               | 334 |
| 12.9  | 减法器电路 .....                | 337 |
| 12.10 | 寄存器 .....                  | 339 |
| 12.11 | 计数器 .....                  | 340 |
| 12.12 | 门电路电路 .....                | 344 |
| 12.13 | 逻辑电路的设计 .....              | 345 |

## 第13章 触发器、时序逻辑电路以及 A/D、D/A 转换器

|      |                                  |     |
|------|----------------------------------|-----|
| 13.1 | R <sub>S</sub> 触发器和 JK 触发器 ..... | 305 |
| 13.2 | 其他触发器 .....                      | 305 |
| 13.3 | 计数器和十进制计数器 .....                 | 308 |

# 第1章

## 直流电路

### 学习目标

了解电流产生的原理；掌握用欧姆定律在直流电路计算中的应用；学会计算直流电路的热效应与功率。

# 1.1 欧姆定律

## 解题要点

### 1. 电路的构成

电路构成如图 1.1 所示。

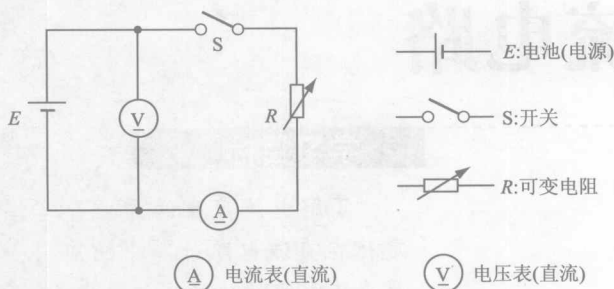


图 1.1

一般用  $E$  表示电动势,  $V$  表示端电压, 单位都用伏[特](V)表示。

将电压表与电路负载并联连接, 电流表与电路负载串联连接。另外, 电压表的内阻非常高, 电流表的内部电阻非常低。

### 2. 欧姆定律

电路中流过电流的大小  $I(A)$  与电压  $V(V)$  成正比, 与电阻  $R(\Omega)$  成反比。

$$V = IR \quad (V)$$

电压、电流、电阻的计算方法如图 1.2 所示。

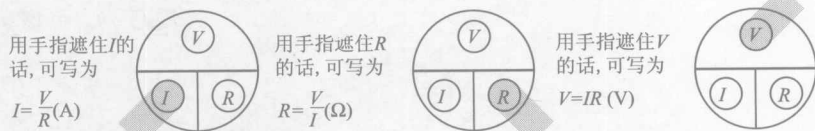
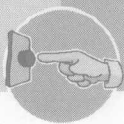


图 1.2



**【例题 1】** 选择合适的词语填入下列  
 [ ] 中。像图 1.3 那样,用导线把电池、  
 开关、电灯泡连接起来组成的电流路径,叫做  
 [ (1) ]。像电池那样能够提供持续电流的  
 装置,叫做 [ (2) ],像电灯泡那样,接受电  
 能进行工作的装置叫做 [ (3) ]。



图 1.3

答: (1) 电路 (2) 电源 (3) 负载

**【例题 2】** 用图 1.4 所示的电池、电表及电阻,构成测量流入电阻  
 的电流及电阻两端电压的电路图(电流回路用粗线,电压回路用细线  
 画)。并适当选择仪表的量程。

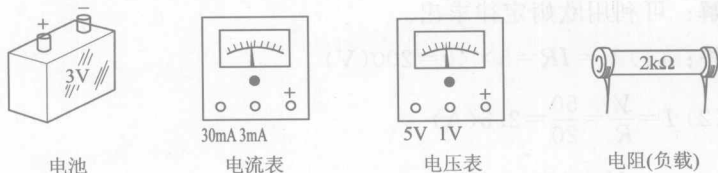


图 1.4

错误的解答: 见图 1.5。

错误原因: 在这一电路中,电压表的内部电阻非常高,电流无法  
 流入  $R$ 。另外,因电流表的内部电阻很低,故电流表立刻损坏,电池处  
 于短路状态。在接线时还要考虑仪表的量程和极性。

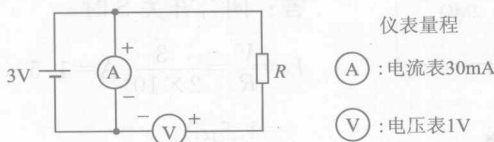


图 1.5

答: 计算出电流的大小为  $I = \frac{V}{R} = \frac{3}{2000} \text{ A} = 0.0015 \text{ A} = 1.5 \text{ mA}$ ,

所以,连接量程为 3mA 比较合适(图 1.6)。

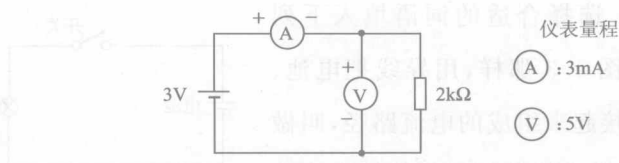


图 1.6

【例题 3】在图 1.7 所示的各电路的( )内填入合适的数字。

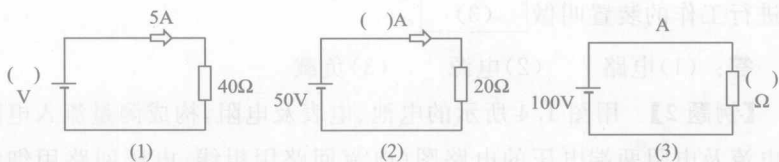


图 1.7

解：可利用欧姆定律求出。

答：(1)  $V = IR = 5 \times 40 = 200(\text{V})$

$$(2) I = \frac{V}{R} = \frac{50}{20} = 2.5(\text{A})$$

$$(3) R = \frac{V}{I} = \frac{100}{4} = 25(\Omega)$$

【例题 4】在图 1.8 中，求出闭合开关 S 时的电流强度  $I(\mu\text{A})$ 。

然后求出打开开关 S 时的电流强度  $I(\mu\text{A})$ 。

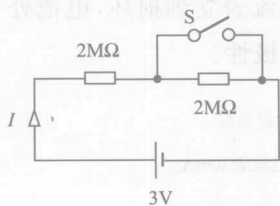


图 1.8

解：闭合开关 S 时，一个电阻  $2\text{M}\Omega$  处于短路状态，打开开关 S 时，电阻是原来的 2 倍。

答：闭合开关 S 时

$$I = \frac{V}{R} = \frac{3}{2 \times 10^6} \text{A} = 1.5 \times 10^{-6} \text{A} \\ = 1.5 \mu\text{A}$$

打开开关 S 时

$$I' = \frac{3}{2 \times 2 \times 10^6} \text{A} = 0.75 \times 10^{-6} \text{A} = 0.75 \mu\text{A}$$



## 1.2 电阻的性质

### 解题要点

#### 1. 电阻率

导体中的电阻  $R(\Omega)$  与其截面积  $A(\text{m}^2)$  成反比, 与导体的长度  $l(\text{m})$  成正比(图 1.9)。其比例系数为  $\rho$ 。

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (\Omega)$$

其中,  $\rho$  叫做电阻率(表 1.1), 单位为  $\Omega \cdot \text{m}$ 。电阻率  $\rho(\Omega \cdot \text{m})$  的值, 根据物质的不同由下式来决定:

$$\rho = R \frac{A}{l} \quad (\Omega \cdot \text{m})$$

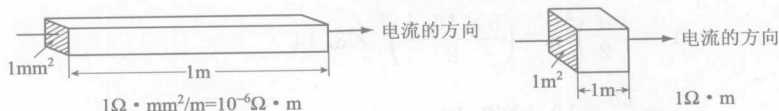


图 1.9

#### 2. 电导率

与电阻率相反, 表示电流容易通过的程度, 电阻率  $\rho$  的倒数叫做电导率  $\sigma$ 。

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (\text{S/m})$$

#### 3. 电阻的温度系数

温度每上升  $1^\circ\text{C}$ , 导体中的电阻变化的比率叫做温度系数, 用符号  $\alpha$  表示, 单位是  $^\circ\text{C}^{-1}$ 。 $0^\circ\text{C}$  时软铜线的电阻温度系数  $\alpha_0$  为:

$$\alpha_0 = \frac{1}{234.5} \quad (^\circ\text{C}^{-1})$$

表 1.1 各种物质的电阻率

| 物质  | 电阻率/ $(\Omega \cdot \text{m})$ |
|-----|--------------------------------|
| 金属  | 铜 $1.7241 \times 10^{-8}$      |
|     | 铁 $9.8 \times 10^{-8}$         |
|     | 银 $1.62 \times 10^{-8}$        |
| 绝缘物 | 陶瓷 $10^{10} \sim 10^{12}$      |
|     | 玻璃                             |



$t^{\circ}\text{C}$ 时的温度系数则为

$$\alpha_t = \frac{\alpha_0}{1 + \alpha_0 t} = \frac{1}{234.5 + t} \quad (^{\circ}\text{C}^{-1})$$

当温度是  $t(^{\circ}\text{C})$  时电阻为  $R_t(\Omega)$ , 温度是  $T(^{\circ}\text{C})$  时电阻为  $R_T(\Omega)$ 。

设电阻的温度系数为  $\alpha_t(^{\circ}\text{C}^{-1})$ , 可得出下式:

$$R_T = R_t[1 + \alpha_t(T - t)] \quad (\Omega)$$

**【例题 1】** 直径为 5mm、长度为 1km 的铜线的电阻是多少? 铜线的电阻率是  $1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ 。

**解:** 求铜线的截面积时, 要注意单位。直径  $d$ , 长度为  $l$  的铜线的电阻可根据公式  $R = \frac{\rho l}{A}$  求出。其中,  $(d/2)^2 \pi (\text{mm}^2) \rightarrow (d \times 10^{-3} \text{m}/2)^2 \pi = (d^2/4) \pi \times 10^{-6} \text{m}^2$ ,  $l = 1\text{km} = 1 \times 10^3 \text{m}$ 。

**答:** 直径为 5mm 的截面积  $A$  为:

$$\begin{aligned} A &= \left(\frac{d}{2}\right)^2 \pi = \left(\frac{5 \times 10^{-3}}{2}\right)^2 \times 3.14 \\ &= \frac{25}{4} \times 10^{-6} \times 3.14 \\ &\approx 19.6 \times 10^{-6} (\text{m}^2) \end{aligned}$$

铜的电阻  $R$  为:

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{1.72 \times 10^{-8} \times 10^3}{19.6 \times 10^{-6}} \approx 0.88 (\Omega)$$

**【例题 2】** 有一截面积为  $0.0314 \text{mm}^2$ 、长度为 500m、电阻为  $304 \Omega$  的聚乙烯铜线, 试求出该导体的电阻率。

$$\begin{aligned} \text{解: } 1 \text{m}^2 &= 10^3 \times 10^3 \text{mm}^2 = 10^6 \text{mm}^2 \\ 1 \Omega \cdot \text{m} &= 10^6 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} \end{aligned}$$

将  $R = 304 \Omega$ ,  $l = 500 \text{m}$ ,  $A = 0.0314 \text{mm}^2$  代入  $\rho = \frac{RA}{l}$  即可求出。

$$\text{答: } \rho = \frac{RA}{l} = \frac{304 \times 0.0314}{500} = 1.91 \times 10^{-2} (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$$

$$1.91 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} = 1.91 \times 10^{-2} \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$$





$$=1.91 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

**【例题 3】** 当某导体的直径是原来的  $1/2$ , 长度是原来的 2 倍时, 问电阻是原来的多少倍?

**错误的解答:** 设原来的电阻为  $R(\Omega)$ , 导体的截面积为  $A(\text{m}^2)$ , 长度为  $l(\text{m})$ , 电阻率为  $\rho(\Omega \cdot \text{m})$ , 可得出  $R = \rho l / A(\Omega)$ 。

因为直径为原来的  $1/2$ , 截面积也为原来的  $1/2$ 。又因为长度增加 2 倍, 所以变化后的电阻  $R'$  为:  $R' = \rho \frac{2l}{A/2} = 4R$ , 电阻变为原电阻的 4 倍。

**错误原因:** 直径为原来的  $1/2$ , 即半径也为原来的  $1/2$ , 因为截面积  $A = \pi \times (\text{半径})^2 = \pi \times \left(\frac{r}{2}\right)^2 = \frac{\pi r^2}{4}$ 。所以截面积是原来的  $1/4$ 。

**答:** 根据下式可知, 电阻变为原电阻的 8 倍。

$$R' = \rho \frac{2l}{A/4} = 8R$$

**【例题 4】** 温度为  $50^\circ\text{C}$  时, 软铜线的电阻温度系数是多少?

**答:** 软铜线的温度系数为

$$\alpha_t = \frac{1}{234.5 + t} = \frac{1}{234.5 + 50} \approx 3.5 \times 10^{-3} (^\circ\text{C}^{-1})$$

**【例题 5】** 有一铜线,  $20^\circ\text{C}$  时的电阻为  $2.5\Omega$ 。温度上升为  $75^\circ\text{C}$  时, 电阻为多少  $\Omega$ ? 在此,  $20^\circ\text{C}$  时铜线的电阻温度系数为  $0.00393^\circ\text{C}^{-1}$ 。

**解:** 如图 1.10 所示, 把温度上升部分的电阻增加量, 加在温度为  $20^\circ\text{C}$  时的电阻  $R_{20}(\Omega)$  上, 即  $R_{75}$  的电阻值。

**答:** 如果把  $T=75^\circ\text{C}$  时的电阻作为  $R_T$ , 则可用下式表示。

$$R_T = R_{20} [1 + \alpha_{20} (T - 20)]$$

$$R_{20} = 2.5\Omega$$

$$\alpha_{20} = 0.00393 = 3.93 \times 10^{-3} (^\circ\text{C}^{-1})$$

$$R_T = 2.5 [1 + 3.93 \times 10^{-3} (75 - 20)]$$

$$= 2.5 (1 + 216.15 \times 10^{-3}) \approx 3.04 (\Omega)$$