

电 路 实 验

电工教研室



TM1/118-2
↓
2

TM13-33/

南京航空学院

1981.7.

TM 13 / 0125

江南大学图书馆



91089186

045222

电路实验

目录

实验一	直流电阻的测量	1
实验二	电压源输出特性	4
实验三	戴维南定理	8
实验四	阻抗的串联	13
实验五	电容、电感的频率特性	16
实验六	串联谐振(RLC)	18
实验七	RC移相电路的研究	21
实验八	RC选频电路的研究	25
实验九	互感电路	29
实验十	三相电路	33
实验十一	一阶电路的各种响应	39
实验十二	二阶电路的各种响应	44
实验十三	无畸变衰减四电路的研究	46
实验十四	双口网络的研究 (一) —— 测定 参数	51
实验十五	双口网络的研究 (二) —— 功率特性	54
实验十六	回转口的研究 (一) —— 特性	57
实验十七	回转口的研究 (二) —— 并联谐振	60

实验一 直流电阻的测量

一. 实验目的:

1. 熟悉三用表、惠斯登电桥(测电阻)使用方法。
2. 熟悉测量电阻的伏安法。
3. 学习测定元件的电压电流关系(伏-安特性)。

二. 概述:

1. 测量直流电阻最简单的方法是用三用表的几档去测,但其准确度很低;用电桥测得的准确较高,但需要专用的电桥。除此还有一种比较常用的方法是伏特表、安培表法。简称“伏安法”,由欧姆定律可知

$$R_x' = \frac{U}{I}$$

可决定被测电阻数值。式中 U 、 I 分别为伏特表、安培表读数。

测方时,接线方法有两种,如图 1-1、1-2 所示。由于仪表本身存在电阻,不论采用那种方法,均会造成误差。

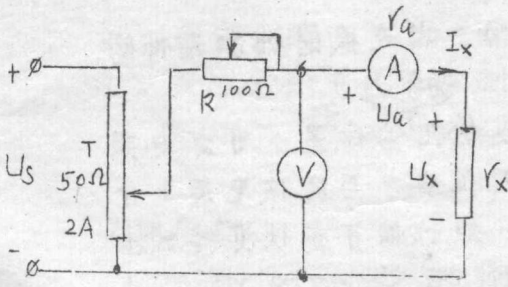


图 1-1

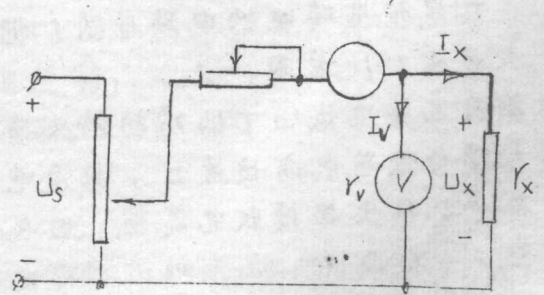


图 1-2

图中: R_x 是被测电阻、 R_v 是伏特表内阻、 R_a 是安培表内阻。

在图 1-1 中,由于伏特表接在安培表之前,则伏特表读数除包括被测电阻 R_x 的两端电压 U_x 外,还包括安培表两端电压 U_a ,因此有

$$R_x' = \frac{U_x + U_a}{I_x} = \frac{U_x}{I_x} + \frac{U_a}{I_x} = R_x + R_a$$

这时引起的相对误差为：

$$\gamma = \frac{R'_x - R_x}{R_x} = \frac{R_a}{R_x} \times 100\%$$

再看图 1-2，由于安培表接在伏特表之前，则安培表读故除包括 R_x 中的电流 I_x 外，还包括电压表中的电流 I_V ，因此有

$$R'_x = \frac{U_x}{I_x + I_V} = \frac{1}{\frac{I_x}{U_x} + \frac{I_V}{U_x}} = \frac{1}{\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_V}} = \frac{R_x \cdot R_V}{R_x + R_V}$$

这时的相对误差为：

$$\gamma = \frac{R'_x - R_x}{R_x} = \frac{-R_x^2}{R_x(R_x + R_V)} = -\frac{R_x}{R_x + R_V} \times 100\%$$

由上可见，因为实际的伏特表内阻不是无限大，而电流表的内阻也不可能为零，所以用“伏安法”测电阻时，无论采用那种接法均会出现误差，这种由测量方法造成的误差，称为方法误差。通常为了减少方法误差，在测大电阻时用图 1-1 的线路，测小电阻时用图 1-2 的线路。

2. 测定伏安特性的电路与图 1 相同，也应根据被测元件的阻值大小选图 1-1 或图 1-2。

实验前先将电位器 T 的滑动触头移至输出的位置，可变电阻 R 的滑动触头放在中间位置上，接通电源调节 T 与 R 使电压上升，对应于每一个电压值读取电流值，由这一组数据可在伏安特性坐标上找到一个对应点，在元件的额定电压（或额定电流）范围内选取 5~6 组数据，便可在伏安特性坐标上得到 5~6 个点，将这几个点（包括原点在内）连成一条曲线，就是伏安特性。对于线性电阻元件将是一条过原点的直线；对于非线性元件则是一条曲线。

三、实验内容：

1. 先用三用表电阻档测量两个被测电阻 R_{x1} , R_{x2} 的阻值，
2. 再用惠斯登电桥测 R_{x1} , R_{x2} 的阻值。
3. 分别按图 1-1 和图 1-2 线路接线，测量 R_{x1} 的阻值。每

种线路最少测两次，即取不同的电压值，最后取两次阻值的平均值。

4. 同上测另 R_{x2} 的阻值。

5. 测定 R_{x1} 、 R_{x2} 的伏安特性。(可与步骤 3、4 合并进行)

6. 利用三用表电阻档判断二极管的“+”“-”端。

7. 测定二极管的伏安特性。(正向时阻值小采用图 1-2 的线路，反向时电阻很大应采用图 1-1 的线路，因为电流很小可换用微安表测量)。

四. 实验设备:

- | | |
|--|----|
| 1. 直流稳压电源 | 一台 |
| 2. MF-9 型三用表 | 一只 |
| 3. QJ-23 型惠斯登电桥 | 一只 |
| 4. 直流电压表 (0-3-7.5-15-30V) | 一只 |
| 5. 直流电流表 (0-7.5mA) | 一只 |
| 6. 直流微安表 (0-100 μ A) | 一只 |
| 7. 滑线变阻器 (50 Ω , 2A) | 一只 |
| 8. 滑线变阻器 (100 Ω , 2A) | 一只 |
| 9. 电阻实验板 (包括被测电阻 R_{x1} 、 R_{x2} 和一只二极管) | 一块 |

五. 实验报告:

1. 根据“伏安法”测得的数据，计算出电阻值 R_{x1}' 与 R_{x2}' 及 R_{x1}'' 、 R_{x2}'' 。

2. 以电桥测得的阻值为准，分析比较各种方法的精确度。

3. 作 R_{x1} 、 R_{x2} 的伏安特性

4. 作二极管的伏安特性。(第一象限即正向与第三象限即反向应取不同的座标比例尺。)

实验二 电位器的输出特性

一. 实验目的:

学习了解电位器的输出特性。

二. 概述:

1. 电位器实际上是一只可变电阻器，只是接线方式不同而已。它有旋转式与滑线式两种，在无线电设备及各种电子仪器上应用极为广泛。它在电路图中的符号如图2-1所示。当旋转转柄（或移动滑臂）时，与电阻接触的簧片即随着转动（或移动），即C与任一固定端（a或b）的电阻发生变化。

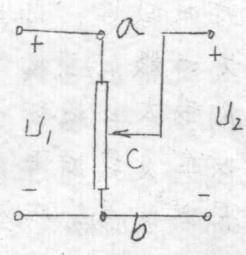


图 2-1

电位器有线绕电位器及碳膜电位器两类；前者适用于低阻大功率，后者适用于高阻小功率。有些电位器还附有开关。

电位器在电路中的联接方式如图

2-1. 两固定端a及b接输入电压 U_1 ，滑动触头C及一个固定端b接负载，C、b间的电压 U_2 为输出电压。当移动滑动触头C时，输出电压 U_2 可在0与 U_1 之间均匀调节。

实验室中的滑线变阻器也可当作电位器使用，藉此可以调节电压的大小。（一般用在直流电源上，因为交流电压的调节是用调压变压器进行的）。

2. 图2-2所示为R接成电位器使用时的电路。空载时(K断开)， U_2 的大小与滑动触头的位置成线性关系，如图2-3中的曲线①。

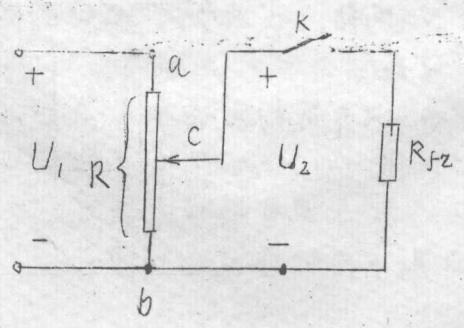


图 2-2

带负载时(K闭合)，若 $R_{f2} = 3R$ 时， U_2 大小与滑动触头位置的关系如曲线②。

若 $R_{fz} = \frac{1}{6} R$ 时，上述关系就如图中曲线③那样弯曲了。

上述曲线随着 R_{fz} 的减小而变弯曲，请读者予以解释。（我们权且称这些曲线为电位器的输出特性）

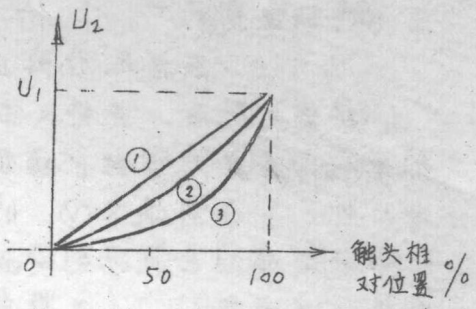


图 2-3

从上述曲线来看，曲线①、②输出特性较好，而曲线③则较差，因为在前半段上，滑动触头移动很长一段 U_2 变化较少；而在后半段，滑动触头移动很小一段， U_2 变化又较大。这种情况在很多场合是不希望发生的。

所以在负载电阻 R_{fz} 一定时，电位器的阻值不宜选得过大，一般在 $R \approx \frac{1}{3} R_{fz}$ 左右较为合适，因为 R 过小，功耗增加，经济效果不好。

3. 根据不同的特殊需要，电位器的空载输出特性还要特地做成指数曲线型或反对数曲线型。

三. 实验内容：

测定输出特性，建议采用图 2-4 所示的实验线路。电位器 $R = 300 \Omega$ ，两个负载电阻分别为 1000Ω 和 100Ω 。

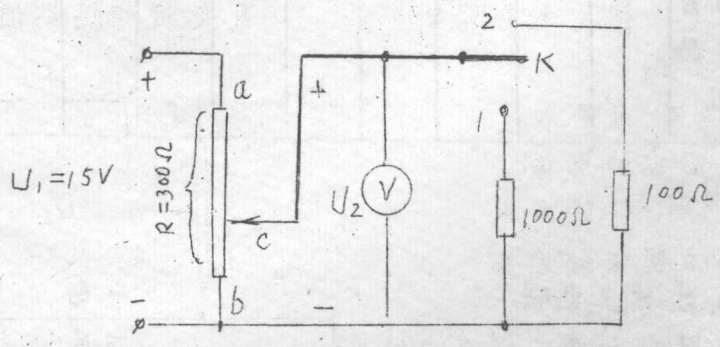


图 2-4

在实验开始前，将电位器的滑动触头 C 移到 b 端，即输出电

压为零的位置。

$U_1 = 15V$ 取自五流稳压电源。

接通电流后，先将K断开，即空载，这时移动C至使⑤的读数为1.5V为止，这时C的位置即为全程的10%，然后将K分别打向1与2；分别读下⑤的读数，填入表中。

然后移动C使⑤的读数为3V，即C的位置为全程的20%重复上述过程。

直至C移至a端为止。

由此便可作出空载、及负载分别为1000Ω与100Ω的输出特性。

$U_1 = 15V, R = 300\Omega$

表 2-1

C点相对于 全程的位置	0	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
空载时的输出 电压(V)	0	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0	13.5	15.0
负载电阻为 1000Ω时的 输出电压											
负载电阻为 100Ω时的 输出电压											

四. 实验设备:

- 1. 直流稳压电源 一台
- 2. 直流电压表 (0-15V) 一只
- 3. 滑线变阻器 (300Ω, 1A) 一只
- 4. 电阻器 (1000Ω 作负载) 一只
- 5. 电阻器 (100Ω 作负载) 一只

6. 单刀双掷开关

一只

五. 实验报告:

1. 根据实验结果, 作出电位器在空载及两种负载情况下的输出特性。

2. 为什么负载电阻 R_{f2} 越小输出特性越弯曲 (即 C 在同样位置上, 输出电压与空载时相比较下降越多)? 从理论上分析其原因。

3. 在带负载情况下, 若要输出特性为一直线, 试设想采取什么措施?

实验三 戴维南定理

一. 实验目的:

1. 学习测定有源二端网络的等效电势与等效电阻的方法。
2. 验证戴维南定理。

二. 概述:

1. 戴维南定理指出, 任何线性有源二端网络(图3-1)都可用一个等效电势与一等效电阻串联(图3-2)来代替。

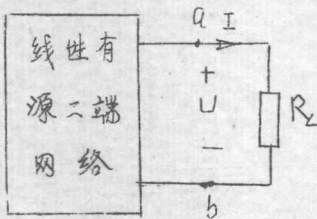


图 3-1 原电路

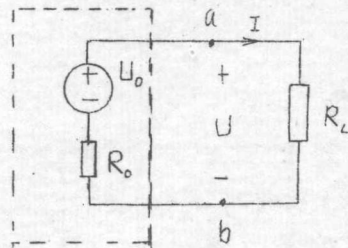


图 3-2 等效电路

设图3-2是图3-1的等效电路, 若在 ab 间接一负载 R_L , 则不论是原电路还是等效电路, ab 间的电压 U_{ab} 与输出电流 I 是一致的。

从图3-2知等效的有源二端网络的外特性(输出电压 U 与输出电流 I 的关系)为 $U = U_0 - R_0 I$ 。它是一条直线, 如图3-3, 图3-1原二端网络也应有同样的关系。

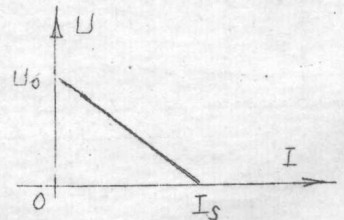


图 3-3

2. U_0 和 R_0 可以由计算求得。也可用实验的方法测定, 最简单的方法是对待测参数的有源二端网络进行开路和短路实验。开路实验测出开路电压 U_0 ; 短路实验测出短路电流 I_S 。则:

$$R_o = \frac{U_o}{I_s} \quad (3-1)$$

本实验电路设计时考虑到可以短路，但某些有源二端网络是不允许短路的，（因 I_s 太大，会损坏内部元件）这时可间接地进行测定。首先测出开路电压 U_o ，然后接上一个负载电阻 R ，测定 U 及 I ，如图 3-4。根据电路基本定律有

$$U = U_o - R_o I$$

因为式中 U 、 U_o 、 I 均已测出，故可标出 R_o 的数值。

$$R_o = \frac{U_o - U}{I} \quad (3-2)$$

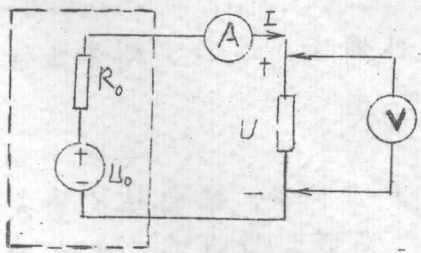


图 3-4

式(3-1)实际上是式(3-2)的

特殊情况，因短路时 $U=0$ ， $I=I_s$ ，

式(3-2)就成了 (3-1)。

3. 测开路电压最简单的方法是用电表直接测量，但因实际的电压表内阻不是无限大，接入电路后，要吸取一个小电流 I_V 如图 3-5，这电流流过电阻 R_o 要产生压降，故这时 V 的读数 $U_V \neq U_o$ 。

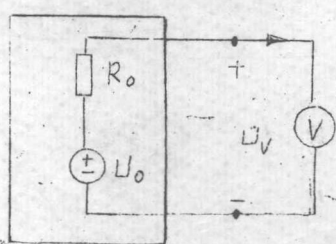


图 3-5

只有在 $R_V \gg R_o$ 时两者方可认为近似相等 $U_V \approx U_o$ 。所以用 V 计测出的电压 U_V 作为 U_o 代入式(3-1)计算的等效电阻 R_o 会造成一定误差。

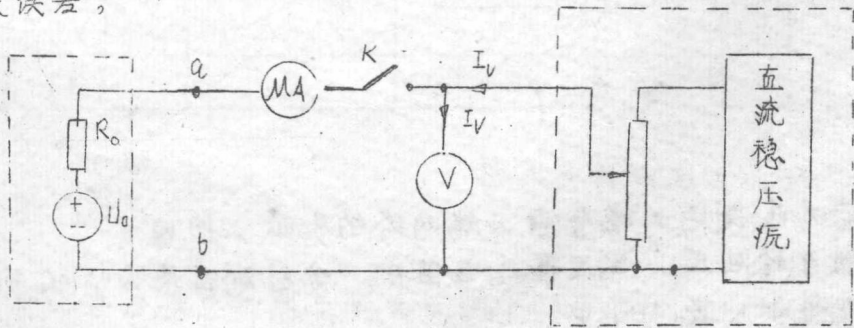


图 3-6

补偿电流

为消除这方法误差，可采用补偿法测电压，方法如下：先用三用表的直流电压档，测出 ab 间电压的大致数值，然后将补偿电流的电压调至这数值，再接通 K ，一且观察 $(4A)$ 的读数，一旦调节补偿电流的电压，直至 $(4A)$ 的读数为 0 ，则这时 (V) 的读数就是 U_0 的数值。这时 (V) 的电流是取自补偿电流，所以对被测电路无影响。

上述补偿法，适用于测量任何电路中的电压，

三. 实验内容：

如图3-7所示，将电阻 R 拿去，从 a 、 b 两点向虚线框内看进去，是一有源二端网络，本实验任务是测定该网络的等效参数并用等效电源代替，从而证明戴维南定理的正确性。

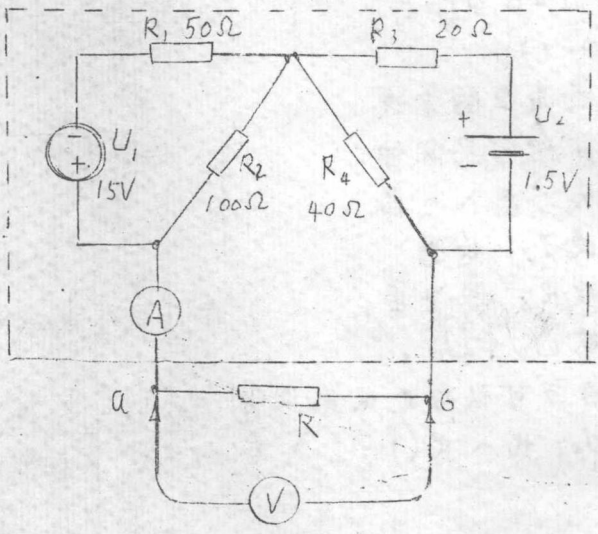


图 3-7

1. 用实验方法测定上述有源二端网络的参数。按图3-7接好电路。先测开路电压，然后接上电阻 R ，分别测出 R 为 150Ω 、 300Ω 、 0 时的电压及电流列入表3-1中。
各电压按前述的补偿法测量。

表 3-1

$R (\Omega)$	∞ (开路)	150	30	0 (短路)
$U_{ab} (V)$				0
$I (mA)$	0			

步 2. 用上步测得的等效电阻组成等效电源, 如图 3-8.

(U_0 用可调电压稳压源, R'_0 用电阻箱.)

$$R'_0 = R_0 - R_a$$

这里 R_0 是等效内阻, 根据表 3-1 的读数由式 (3-1) 算出.

R_a 是毫安表的内阻, 为测量电流从一开始就作为有源二端网络的一部分).

重复上述步骤, 数据列入表 3-2 中. 各电压仍用补偿法测量.

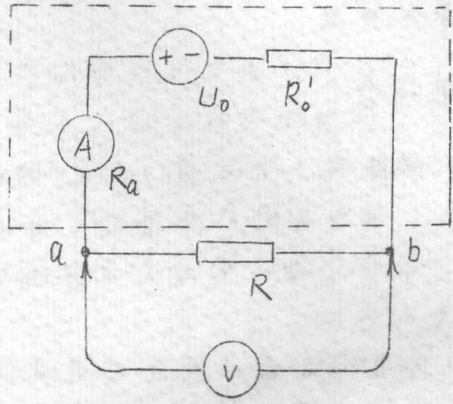


图 3-8

表 3-2

$R (\Omega)$	∞ (开路)	150	30	0 (短路)
$U_{ab} (V)$				0
$I (mA)$	0			

四. 实验设备:

1. 直流稳压电源 (电压可调)

两台. (一台用作 U_0 或 U_0 ; 另一台用作补偿电源).

- | | |
|--|-----|
| 2. 甲电池 | 一只 |
| 3. 直流电压表(0-15V) | 一只 |
| 4. 直流毫安表() | 一只 |
| 5. 直流微安表(0-100 μ A) | 一只 |
| 6. 电阻箱 | 一只 |
| 7. 电阻 50Ω , 100Ω , 20Ω , 40Ω (分别作 R_1, R_2, R_3, R_4) | |
| 150Ω , 30Ω (作负载电阻 R) | 各一只 |
| 8. 滑线变阻器($100\Omega, 2A$) | 一只 |
| 9. 单刀开关 | 一只 |

五. 实验报告:

1. 根据表 3-1 和表 3-2 的数据, 在同一座标上作两者的外特性。(两者应该非常接近, 如果没有误差, 两者应重合。)

2. 有源二端网络内含有非线性元件时, 能否用等效电源代替?

3. 只有电压表而没有电流表测另有源二端网络输出电流的情况下, 试拟出确定该有源二端网络的等效内阻的方法。

4. 当有源二端网络的输出电压等于其等效电势的一半时, 其负载电阻与等效内阻有什么关系?

实验四 阻抗的串联

一. 实验目的:

1. 研究阻抗串联电路中电压、电流及功率之间的关系。
2. 熟悉三表法测定交流参数。
3. 巩固交流电路基尔霍夫定律。

二. 概述:

1. 交流电路元件的参数可用直读式仪表间接测出, 例如对于电阻 R , 测出其电压 U 及电流 I , 即可称出电阻 $R = \frac{U}{I}$,

对于电感、电容也是这样。 $X_L = \frac{U_L}{I}$, $X_C = \frac{U_C}{I}$ 。

但对电感线圈而言, 既有电阻又有电感, 相当于电阻、电感串联, 而且无法分别测出电阻电压与电感电压。测出的是其总电压 U 、电流 I , 故只能称出它的阻抗 $Z = \frac{U}{I}$ 。欲求出它的电阻 R 及电感 L , 还需测出其功率 P 。因为 $P = I^2 R$, 所以

$$R = \frac{P}{I^2}, \text{ 则 } X_L = \omega L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

由电压表、电流表、功率表测出 U, I, P 从而称出 $Z, X_L (= \omega L), R$, 这种方法称为测参的三表法。

2. 对于交流串联电路, 总电压有效值不等于各部分电压有效值之和, 而是相量和。

本实验是用电阻 R 、电感线圈、电容 C 串联作为实验电路。因为是串联电路, 流入各元件的电流是相等的, 在作相量图时以电流 I 作参考相量比较方便, 电阻上的电压与电流同相, 电容上的电压落后于电流 90° , 电感线圈的电压超前于电流 90° 。(读者在预习时列出计算 ϕ 角的式子)。这样各电压的相量即可作出, 按矢量相加法则可得到总电压相量。

三. 实验内容:

1. 按图 4-1 联接实验电路。电阻 R 用标称值为 50Ω 变阻的

器



四. 实验设备:

- | | |
|------------------------------------|----|
| 1. 调压变压器 (2KVA, 220/0-250V) | 一只 |
| 2. 交流电压表 (0-150-300V) | 一只 |
| 3. 交流电流表 (0-1-2A) | 一只 |
| 4. 低功率因数功率表 (0-2.5-5A, 0-150-300V) | 一只 |
| 5. 滑线变阻器 (50Ω, 2A) | 一只 |
| 6. 电容箱 | 一只 |
| 7. 电感线圈 | 一只 |

五. 实验报告:

1. 根据测量结果, 计算出各段电路及全电路的参数列于表中.
2. 作相量图, 从相量图中求出总电压以及总电压与电流的夹角. 与测量结果进行比较.