

电路分析

(上册)



国防工业出版社

目 录

第一章 简单直流电路

§ 1-1 欧姆定律	(1)
§ 1-2 电阻的功耗	(2)
§ 1-3 电源	(3)
§ 1-4 全电路欧姆定律	(3)
§ 1-5 电源的输出特性	(5)
§ 1-6 电源的电路模型	(6)
§ 1-7 回路中的功率传输	(8)

第二章 电阻的串并联

§ 2-1 串联电路	(12)
§ 2-2 并联电路	(14)
§ 2-3 串并联电路	(17)

第三章 简单的直流非线性电路

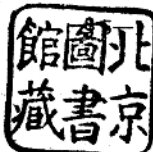
§ 3-1 非线性电阻的伏安特性	(25)
§ 3-2 静态电阻和动态电阻	(27)
§ 3-3 简单非线性直流电路的图解法	(29)
§ 3-4 简单非线性直流电路的解析法	(34)

第四章 线性直流网络的分析方法

§ 4-1 直流网络的基本概念	(42)
§ 4-2 基尔霍夫定律	(43)
§ 4-3 用基尔霍夫定律计算电路的例子	(45)
§ 4-4 支路电流法	(47)
§ 4-5 回路(电流)法	(49)
§ 4-6 节点(电压)法	(55)
§ 4-7 迭加原理	(60)
§ 4-8 二端网络——等效电源定理	(64)
§ 4-9 互易原理	(71)
§ 4-10 电路分析的例子	(72)
§ 4-11 含有受控(不独立)电源的电路	(77)

第五章 交流电路的基本概念

时变电压和电流	(106)
---------	-------



828127

A644084

§ 5—2 电容	(107)
§ 5—3 电感	(112)
§ 5—4 交流电路和基尔霍夫定律	(114)

第六章 正弦电路的基本概念

§ 6—1 正弦电压	(116)
§ 6—2 正弦量的相量模型	(119)
§ 6—3 正弦量的复数运算法	(120)
§ 6—4 电阻中正弦电压和电流的关系	(126)
§ 6—5 正弦电压和电流的有效值	(128)
§ 6—6 电容中正弦电压和电流的关系	(128)
§ 6—7 电感上正弦电压和电流的关系	(133)
§ 6—8 电路的正弦稳态和基尔霍夫定律的复数形式	(134)

第七章 简单电路的正弦稳态分析

§ 7—1 RC 串联电路	(141)
§ 7—2 RC 并联电路	(146)
§ 7—3 RC 串联和并联的等效变换	(148)
§ 7—4 RL 电路	(152)
§ 7—5 RLC 串联电路	(154)
§ 7—6 RLC 并联电路	(158)
§ 7—7 复数形式的欧姆定律	(161)

第八章 正弦稳态分析的一般理论

§ 8—1 正弦稳态分析的一般方法	(168)
§ 8—2 阻抗的串联和并联	(171)
§ 8—3 回路电流法和节点电压法	(175)
§ 8—4 二端网络	(176)
§ 8—5 网络函数的概念(频域)	(179)
§ 8—6 对偶原理	(182)
§ 8—7 正弦电路的功率	(185)

第九章 三相电路

§ 9—1 三相电路	(200)
§ 9—2 相电压和线电压	(203)
§ 9—3 基本三相电路的分析	(204)

第十章 有互感的电路

§ 10—1 互感的基本概念	(213)
§ 10—2 互感方程式	(216)
§ 10—3 互感等效电路	(217)

§10—4	有互感电路的一般计算方法·····	(221)
§10—5	空芯变压器·····	(223)
§10—6	理想变压器·····	(225)

第十一章 谐振电路

§11—1	串联谐振·····	(237)
§11—2	RLC 串联电路的谐振曲线·····	(238)
§11—3	RLC 串联电路作为带通滤波器·····	(242)
§11—4	并联谐振·····	(244)
§11—5	加载并联回路·····	(247)
§11—6	并联回路的变形·····	(248)
§11—7	复杂的并联谐振电路·····	(253)
§11—8	互感耦合的双调谐电路·····	(257)
§11—9	电容耦合的双调谐电路·····	(261)
§11—10	LC 滤波器的概念·····	(262)

第一章 简单直流电路

把一个直流电源和一个电阻用导线联接成一个闭合回路，如图 1-1 那样，就构成一个简单直流电路。其中电阻相对于电源称为负载。这是最简单、最基本的电路形式，我们就由此开始我们对于电路的分析。

下面我们先简略地复习物理学中的欧姆定律以及电势等概念，然后再作进一步的分析。

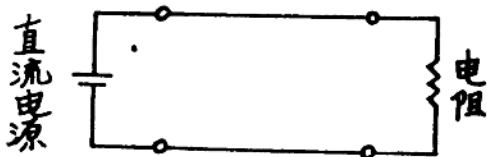


图 1-1

§ 1—1 欧姆定律

实验证明，对于大多数电阻来说，流过电阻的电流是和它两端的电压成正比的，即

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-1)$$

或

$$U = RI \quad (1-2)$$

式中， U ——电阻两端的电压； I ——流过电阻的电流，其方向是从高电位流向低电位，如图 1-2 所示； R ——比例系数，称为电阻的阻值。这就是欧姆定律。

欧姆定律也可以写作

$$I = GU \quad (1-3)$$

或

$$U = \frac{I}{G} \quad (1-4)$$

当然

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-5)$$

G 称为电阻的电导。

通常，电压以伏 (V) 为单位；电流以安 (A) 为单位；电阻以欧 (Ω —伏/安) 为单位；电导以姆欧 (G — Ω^{-1}) 为单位。对于较大的电阻，可用千欧 ($K\Omega$) 或兆欧 ($M\Omega$) 为单位：

$$1K\Omega = 10^3\Omega$$

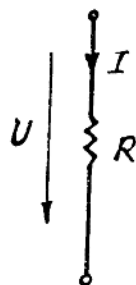


图 1-2

$$1M\Omega = 10^6\Omega$$

对于较小的电阻，可以毫欧 ($m\Omega$) 或微欧 ($\mu\Omega$) 为单位：

$$1m\Omega = 10^{-3}\Omega$$

$$1\mu\Omega = 10^{-6}\Omega$$

对于电导，也是一样(即可以 $m\Omega$ 、 $\mu\Omega$ 等单位)。

欧姆定律主要适用于金属导体电阻。对于电真空器件，半导体器件以及用某些特殊材料制成的电阻，欧姆定律失效。

我们可以把电阻上电压和电流的关系在 $U-I$ 坐标里画成曲线，这叫做电阻的伏安特性，服从欧姆定律的电阻，其伏安特性是一条通过原点的直线，如图 1—3 所示。所以凡服从欧姆定律的电阻叫做线性电阻。不服从欧姆定律的电阻，其伏安特性是各种形状的曲线，所以称它们为非线性电阻。在第三章中我们将讲到非线性电阻。

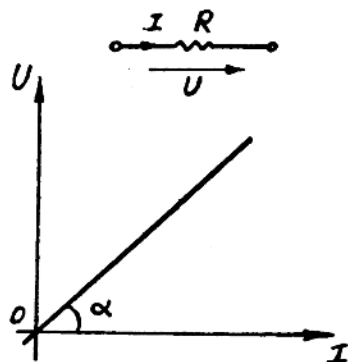


图 1—3

§1—2 电阻的功耗

如果电阻上的电压是 U ，电流是 I ，则电源供给电阻的功率(即电场力对于电阻中运动电荷作功的速率)为

$$P = UI \quad (1-6)$$

根据能量守恒和转化定律，这也就是电阻向其周围介质放出热量的速率，即电阻的功耗。

对于线性电阻 R ，以式 (1—2) 代入 (1—6)，得

$$P = RI^2 \quad (1-7)$$

或者，以式 (1—1) 代入 (1—6)，得

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (1-8)$$

考虑到式 (1—5)，式 (1—7) 和 (1—8) 又可变为

$$P = \frac{I^2}{G} \quad (1-9)$$

和

$$P = GU^2 \quad (1-10)$$

功率的单位是瓦 (W —伏·安)。实际上，根据被量度功率的大小，可用微瓦 (μW)、毫瓦 (mW)、千瓦 (KW)、兆瓦 (MW) 等单位。

思 考 题

1. 一只 $220V$ 、 $100W$ 的灯泡和一只 $220V$ 、 $60W$ 的灯泡，那个电阻大些？各为多少？
2. 实际电阻都有一定的容许功耗，功耗过大，温升过高，会致烧毁。一只 100Ω ，容许功耗为 $1W$ 的电阻，容许通多大的电流，加多大的电压？

§ 1—3 电 源

任何一个电源都具有一定的电势，而且，从电源负极经过电源内部到电源正极的电势即等于从电源正极到其负极的开路电压。所谓“开路”，就是电源两极断开的意见。

依照惯例，电势用图1—4—(a)的符号来表示。那里， E 是电势之值，圆圈中的箭头表示电势的方向——箭头所指那一端为正极。我们还可以在边上画一个箭头来表示与此电势相当的电压，箭头的指向表示电压降落的方向（即由高电位指向低电位点），如图所示。在这样表示的时候，我们有

$$E = U \quad (1-11)$$

或者，不标箭头，而注以字母或数字下标，如图1—4—(b)那样。这时我们有

$$E_{21} = U_{12} \quad (1-12)$$

这样，下标的顺序代替了箭头。

除了电势之外，电源一般还具有内阻。考虑到内阻，我们以电势和内阻的串联来表示电源，如图1—5所示。

在物理学中，电势和电压这两个概念是有严格区分的，但在电路分析中，由于它们对于外部电路的效应一样，因此不作严格的区分，说“一个电势作用于电路”和说“一个电压作用于电路”意义相同。

如果一个电势为 E 的电源通过电流 I ，并且电流的方向和电势一致，则电源发生的电功率为

$$P = EI \quad (1-13)$$

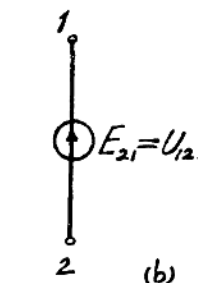


图 1—4

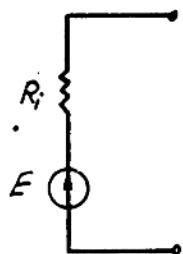


图 1—5

§ 1—4 全电路欧姆定律

在由电势为 E ，内阻为 R_i 的电源以及负载电阻 R_L 构成的回路（图1—6）中，电流为

$$I = \frac{E}{R_i + R_L} \quad (1-14)$$

这个公式就是全电路或闭合回路的欧姆定律。

负载电阻 R_L 上的电压，也就是电源的输出电压，根据欧姆定律，是

$$U = R_L I$$

以此代入 (1-14)，可得

$$U = E - R_i I \quad (1-15)$$

以上二式都表示负载上的电压或电源输出电压，不过前一式是从负载一侧来看的，后一式是从电源一侧来看的。以式 (1-14) 代入这两个式子，便一致地得出

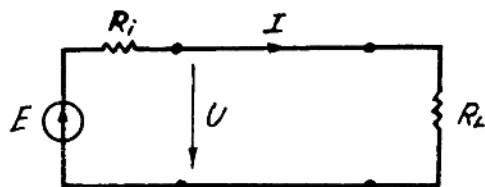


图 1-6

$$U = \frac{R_L}{R_i + R_L} E \quad (1-16)$$

由此可见，负载电压即电源输出电压是电源电势的一部分，此部分的大小取决于 R_L 和 R_i 之比。显然，为了从一个电源取得尽可能大的电压，应当使 $R_L > R_i$ 。

以 I 同乘式 (1-15) 的两边，得

$$UI = EI - I^2 R_i$$

可是我们知道：

$UI = R_L$ ——负载得到的功率，亦即电源输出的功率；

EI ——电源产生的电功率；

$I^2 R_i$ ——电源内阻消耗的功率。

可见上面这个式子就是回路中的功率平衡关系式：电源产生的功率减去内阻消耗的功率等于负载获得的功率。这说明，全电路欧姆定律是和能量守恒定律一致的。

例1-4-1 一付干电池，开路电压为 $6V$ ，内阻为 20Ω ，若接上 $R_L = 130\Omega$ ，求其电流，电压和功率。

解：电路如图 1-7。其中

$$I = \frac{E}{R_i + R_L} = \frac{6}{20 + 130}$$

$$= 0.04A = 40mA$$

$$U = R_L I = 130 \times 0.04$$

$$= 5.2V$$

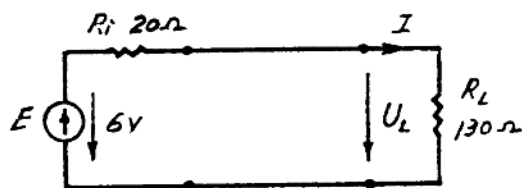


图 1-7

或

$$U = E - R_i I = 6 - 20 \times 0.04 = 5.2V$$

$$P_L = UI = 5.2 \times 0.04 = 0.208W = 208mW$$

例1-4-2 一付供晶体管收音机用的电池，开路电压为 $5.8V$ ；当收音机接收电台时，量得其输出电压为 $5.6V$ ，输出电流为 $40mA$ ，求电池内阻。

解：由式 (1-15) 得

$$R_i = \frac{E - U}{I}$$

以 $E=5.8V$, $U=5.6V$, $I=40mA$ 代入上式, 便得

$$R_i = \frac{5.8 - 5.6}{40 \times 10^{-3}} = 5\Omega$$

§ 1-5 电源的输出特性

从方程式 (1-15)

$$U = E - R_i I$$

可以看出, 当负载电阻变化, 因而电流 I 变化时, 电源输出电压 U 是随电流的增加而直线下降的。实际上, 该式是一条直线的方程式。为了画出此直线, 只要确定其上任意两点就行了。特别是, 可由下列两点确定此直线:

开路点——电源两极断开, 此时 $I=0$ 而 $U=E=U_0$, U_0 表示电源的开路电压。由此就确定了所求直线在 U 轴上的截距, 如图 1-8 所示:

短路点——电源两极短路, 此时 $U=0$ 而

$$I = \frac{E}{R_i} = I_s$$

I_s 表示电源的短路电流。由此就确定了所求直线在 I 轴上的截距, 如图 1-8 所示。

联接开路点和短路点的直线就是方程式 (1-15) 所表示的直线, 如图 1-8 所示。这条直线表示电源输出端上电压和电流的关系, 叫做电源的输出特性或外特性。

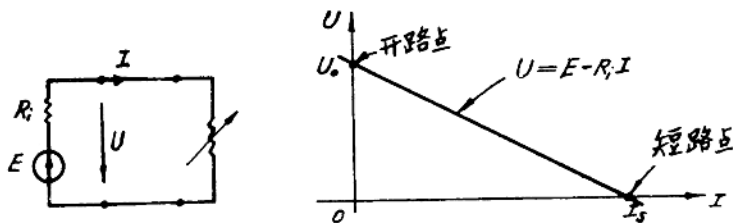


图 1-8

电源的输出特性是被电源本身的两个参数——电势 (开路电压) 和内阻——完全地决定了, 和所接负载的特性无关。就是说, 不管负载的特性如何, 电源的输出电压和电流总对应于输出特性上的一个点, 决不能跑到输出特性以外的地方去。

例1-5-1 设一电源的开路电压为 $24V$, 内阻为 4Ω , 则其输出特性为

$$U = 24 - 4I$$

当 $I=0$ 时, $U=24V$; 当 $U=0$ 时, $I=24/4=6A$ 。所以可画出输出特性如图 1-9 所

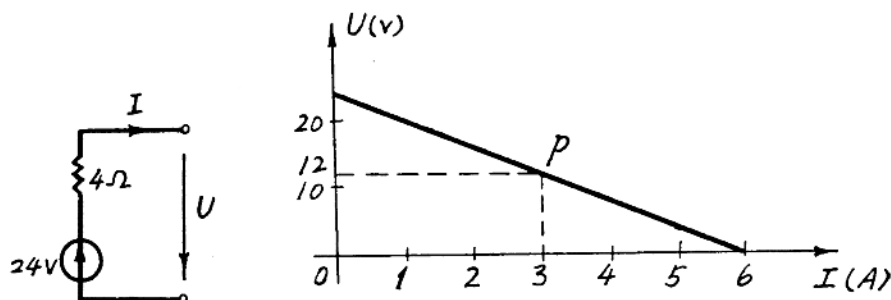


图 1-9

示。假如接负载电阻 $R_L = 4\Omega$ ，则

$$I = \frac{24}{4+4} = 3A, \quad U = 3 \times 4 = 12V$$

这对应于输出特性上的 P 点。

实际电源的输出特性可用实验方法测取（对于各种不同类型的电源，输出特性的测取是一些具体的技术问题）。

实际电源的输出特性未必是严格的直线。这是因为，电势或内阻可能随电流的变化而有所变化。但是大多数电源在其正常工作范围内输出特性是很近于直线的。在我们的讨论中将不考虑输出特性是非直线的情况。

§ 1-6 电源的电路模型

在电路分析中，我们并不关心电源内部的物理或化学特性，而只关心其输出特性，因为不管其内部的物理或化学特性若何，只要输出特性一样，对于外部电路的效应便是一样的。

一个电源，不管其内部的物理或化学特性若何，只要具有图 1-8 那样的输出特性，就可以用图 1-5 那样一个电路来表示。因此这个电路叫做电源的电路模型或等效电路。其中电势叫做电势源，或电压源，或电压发生器。电源的这个形式的电路模型叫做电压源模型。

电压源模型并非是电源电路模型的唯一形式。我们可从方程式 (1-15) 导出电源的另一种电路模型。为此，以 R_i 遍除式 (1-15) 的各项，得

$$I = \frac{E}{R_i} - \frac{U}{R_i} \quad (1-17)$$

或

$$I = G_i E - G_i U \quad (1-18)$$

式中

$$G_i = \frac{1}{R_i} \quad (1-19)$$

方程式 (1-18) 仍是电源输出特性的表示式，不过变换了形式。其中， I 是输出电流，

EG_i 是电源的短路电流； UG_i 是输出电压 U 加于内阻 R_i 上时产生的电流。因此，依照物理学中所讲的基尔霍夫电流定律，对此式可作如下的理解：一个电流 $J = EG_i$ 从一个“电流发生器”（我们设想有这么一种发生器）流出，通过两个并联分支——一是电阻 R_i 分支，一是负载分支——而流回电流发生器，如图 1—10 所示。这就是电源的另一种电路模型——电流源模型。其中的电流发生器也叫电流源，而 G_i 叫内导。

反过来，如果根据基尔霍夫电流定律列写图 1—10 电路在其分岔处的电流关系，就得出方程式 (1—18)。这就说明，只要我们确认了电流源这一概念，图 1—10 的电路就是电源的电路模型。

应当指出，电流源是我们为着表示电源对外部电路的作用而引进的一个概念。除此以外，我们不能也不需要对它作任何物理的解释（例如，如同物理学中对于电池的电势所作的解释那样）。

这样，在往后的电路分析中，电源可以用两种形式的电路模型来代替。

电源的两种形式的电路模型是互相等效的。因此，如果已给一个电源的一种电路模型，就可将其变换为另一种。这种等效变换的关系示于图 1—11。

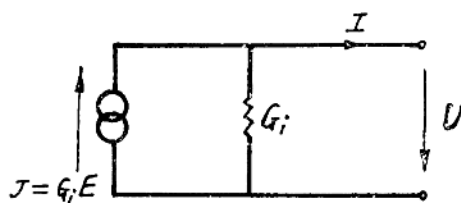


图 1—10

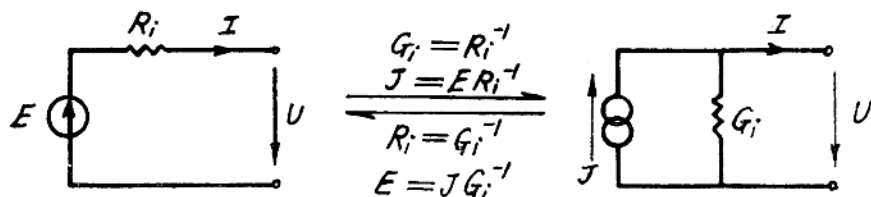


图 1—11

例 1—6—1 设已测得一电源的输出特性如图 1—12 所示，则

$$E = U_0 = 1V$$

$$J = I_s = 1A$$

又

$$R_i = \frac{E}{I_s} = \frac{1}{1} = 1\Omega$$

$$G_i = \frac{1}{R_i} = 1\mathcal{O}$$

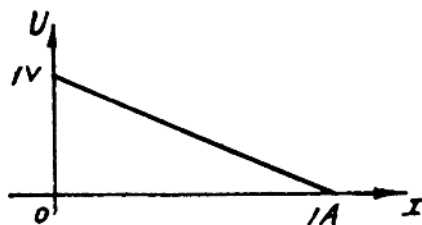


图 1—12

因此可得此电源的两种电路模型如图 1—13(a) 和 (b) 所示。

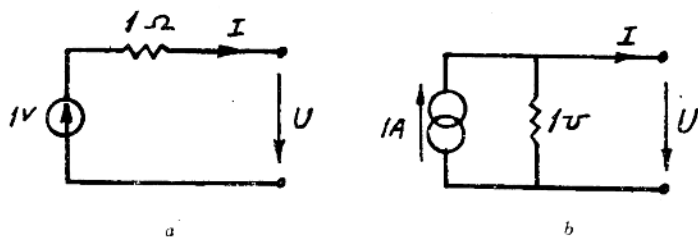


图 1—13

若将 $R_L = 1\Omega$ 接于此电源，从电压源模型得

$$I = \frac{E}{R_i + R_L} = \frac{1}{1+1} = \frac{1}{2} \text{ A}$$

$$U = IR_L = \frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{2} \text{ V}$$

从电流源模型来看，因为 R_i 和 R_L 并联，总电阻为

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_L} = 1 + 1 = 2 \text{ } \Omega$$

$$R' = \frac{1}{2} \text{ } \Omega$$

所以

$$U = JR' = 1 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \text{ V}$$

$$I = \frac{U}{R_L} = \frac{1/2}{1} = \frac{1}{2} \text{ A}$$

两个结果一致。

从电源的电路模型看来，电源是电压源或电流源以及电阻的组合。因此在一般电路理论中认为，电压源和电流源属于电路的基本组成元件之列。

思考题

1. 电压源和电流源作为电路的基本组成元件，具有什么特性？画出它们的输出特性来看一看。

2. 假定电势为 E ，内阻为 R_i 的电源接于电阻 R_L ，如果 $R_i \ll R_L$ ，则电源近似于电势为 E 的电压源，对吗？如果 $R_i \gg R_L$ ，则电源近似于电流为 $J = E/R_i$ 的电流源，对吗？

§ 1—7 回路中的功率传输

简单回路是一个电能传输系统：电能由电源传输给负载。

在回路中，电源输出的功率，也即负载获得的功率是

$$P = UI = I^2 R_L$$

以式 (1-14) 代入上式, 得

$$P = \left(\frac{E}{R_i + R_L} \right)^2 R_L \quad (1-20)$$

可见在 E 和 R_i 一定的条件下, 电源输出功率是负载电阻 R_L 的函数。我们来分析这个函数。

当 $R_L = \infty$ 即开路时, $U = E$, $I = 0$; 当 $R_L = 0$ 即短路时, $I = E/R_i$, $U = 0$, 所以在开路和短路这两种极端状态下, $P = 0$ 。在这两个极端状态之间的任何工作状态下, $U \neq 0$, $I \neq 0$, 所以 $P \neq 0$, 但 P 的大小依 R_L 而变化。那么, 当 R_L 取何值时 P 最大? 令

$$\frac{dP}{dR_L} = \frac{d}{dR_L} \left[\left(\frac{E}{R_i + R_L} \right)^2 R_L \right] = 0$$

得

$$\left(1 - \frac{2R_L}{R_i + R_L} \right) \left(\frac{1}{R_i + R_L} \right)^2 = 0$$

即

$$1 - \frac{2R_L}{R_i + R_L} = 0$$

由此得

$$R_L = R_i \quad (1-21)$$

就是说, 当负载电阻等于电源内阻时, 电源输出功率最大。这个条件叫做匹配条件。

很明显, 匹配时电源的输出电压和电流各为

$$U = \frac{E}{2} \quad I = \frac{E}{2R_i}$$

(电源的工作点恰好是其输出特性的中点), 因此电源的最大输出功率是

$$P_{max} = \frac{E^2}{4R_i} \quad (1-22)$$

以上, 匹配条件以及最大功率公式是用电源的电压源模型的参数表示的。当用电流源模型时, 以

$$R_i = \frac{1}{G_i} \quad E = \frac{J}{G_i}$$

代入式 (1-21) 和 (1-22), 得匹配条件

$$G_L = G_i \quad (1-23)$$

和

$$P_{max} = \frac{J^2}{4G_i} \quad (1-24)$$

匹配对于信号传输具有重要的意义。

例1—7—1 设一电源, $E=10V$, $R_i=600\Omega$, 计算 R_L 取下列各值时电源之输出功率:

$$R_L=0, 200, 400, 600, 800, 1200, 1600, 2000\Omega$$

解: 计算列表如下:

$R_L (\Omega)$	0	200	400	600	800	1200	1600	2000
$I = \frac{10 \times 10^{-3}}{600 + R_L}$ (mA)	16.7	12.5	10.0	8.3	7.15	5.55	4.55	3.85
$P_L = I^2 R_L$ (mW)	0	31.2	40.0	41.7	40.8	37	33	29.6

图1—14根据计算的数据绘出了 $P \sim R_L$ 曲线。可以看出, $R_L = R_i = 600\Omega$ 时, $P = P_{max} = 41.7mW$; 但在 $R_L > R_i$ 而失配时, P 的减小是很缓慢的。

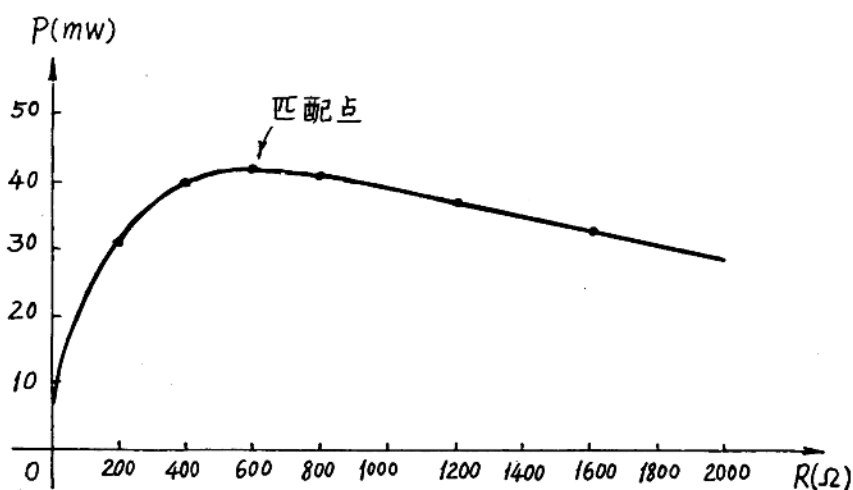


图1—14

习 题

1—1 一只 $4.7K\Omega$ 的电阻, 通过 $5mA$ 的电流, 它的电压是多少? 功耗是多少?

1—2 一只 $5.6K\Omega$ 的电阻, 加上 $100V$ 的电压时, 电流是多少? 功耗是多少?

1—3 一只用于某一电路中的电阻, 阻值为 750Ω , 预计流过电流不超过 $45mA$, 选择此电阻的容许功耗。

1—4 一只电阻的伏安特性如图所示, 求其电阻和电导。

1—5 一把 $220V$, $45W$ 的电烙铁的电阻是多少? 电流是多少? 如果所加电压为 $220 \pm 20\%V$ 功率的变化是多少? 电流的变化是多少?

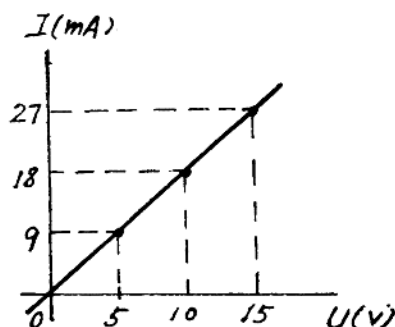
1—6 一个直流电源, 它的两个输出端 a 和 b 之间的开路电压为 $24V$, 内阻为 1Ω , 作出其两种形式的电路模型。

1—7 上题中的电源接上负载电阻 R 如图所示, 求 R 取下列各值时的 I , U 以及电源输出功率 P : $R = \infty, 100, 10, 1, 0.1, 0\Omega$ 。绘出 $U-I$ 关系曲线和 $P-I$ 关系曲线。观察一下 $R = ?$ 时 P 最大。

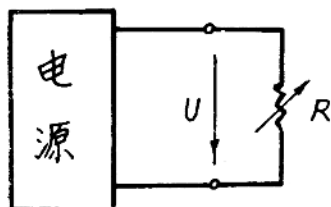
1—8 一电源, 开路电压 $U_0 = 12V$, 接 $R = 1K\Omega$ 时, 电压 $U = 8V$, 求其内阻。

1—9 一电源, 接 $R = 1K\Omega$ 时, $U = 10V$; 接 $R = 2K\Omega$ 时, $U = 11.4V$ 。试作出其两种形式的电路模型。

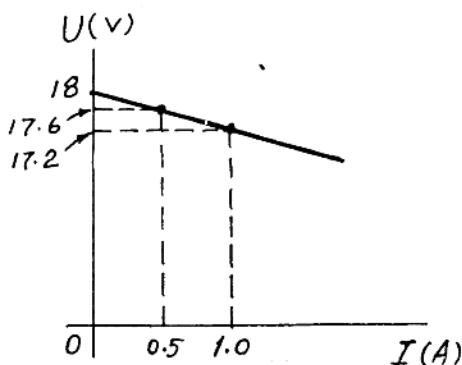
1—10 设一电源实测输出特性如图所示, 试作出其两种形式的电路模型。



习题 1—4



习题 1—7



习题 1—10

答 案

1—1 $23.5V$ $1.175W$ 。

1—2 $17.9mA$ $1.79W$

1—3 $> 1.51W$, 取 $2W$ 。

1—4 $R = 556\Omega$, $G = 1.8 \times 10^{-3}S$

1—5 $R = 1076\Omega$, 电流变化 $\pm 20\%$, 功率变化 $+44\%$, -36%

1—7 $R = 1\Omega$ 时功率最大, $P_{max} = 144W$

1—8 $R_i = 500\Omega$

1—9 $E = 13.25V$, $R_i = 325\Omega$

* 答案未及仔细校核, 可能错误较多, 仅供参考。以下所有章节也是如此。

第二章 电阻的串并联

串联和并联是电路的两种基本联接方式。

在物理学中已经讲过电阻的串、并联，所以这里实际上是复习，但重于应用。

§2—1 串联电路

把电阻一个接一个地联接起来，中间没有分岔，如图2—1那样，就叫串联。

我们来看两个电阻串联的电路（图2—2）。

假定在电路的端子上加有电压 U ，那么电路里就有电流。因为电路没有分岔，所以两个电阻 R_1 和 R_2 中的电流是一样的。设这个电流是 I ，那么根据欧姆定律，电阻 R_1 和 R_2 上的电压各为

$$U_1 = R_1 I \quad U_2 = R_2 I$$

根据物理学中所讲的基尔霍夫电压定律，这两个电压之和就是电路端子上的电压：

$$U_1 + U_2 = U \quad (2-1)$$

从而得

$$U = (R_1 + R_2) I \quad (2-2)$$

或

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} \quad (2-3)$$

由此可见， R_1 和 R_2 串联，好比一个 $R = R_1 + R_2$ 的电阻。所以说，它的等效电阻是 $R = R_1 + R_2$ 。

两个分电压 U_1 和 U_2 与总电压 U 的关系显然是

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U, \quad U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \quad (2-4)$$

两个串联电阻所耗的功率，等于两个电阻各自消耗的功率之和。

例2—1—1 在图2—3电路中，欲使 $U_2 = 0.2V$ ，应取 $R_1 = ?$ 电路功耗是多少？

解：由分压公式（2—4）有

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_1 = U_2$$

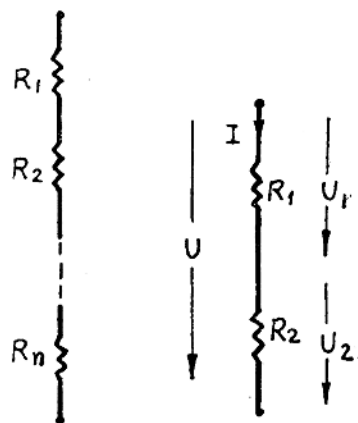


图2—1

图2—2

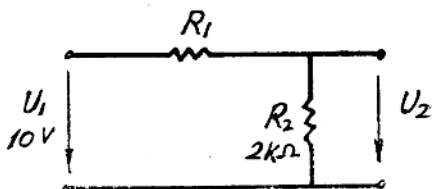


图2—3

以所给数值代入:

$$\frac{2}{R_1 + 2} 10 = 0.2$$

由此解出

$$R_1 = 98 K \Omega$$

电路功耗为

$$P = \frac{U_1^2}{R_1 + R_2} = \frac{10^2}{(98 + 2) 10^3} = 1 \text{ mW}$$

上面讲了两个电阻的串联, 更多个电阻串联可以相仿地来分析。图 2—4 表示 n 个电阻的串联。对此, 我们可以导出: 等效电阻为

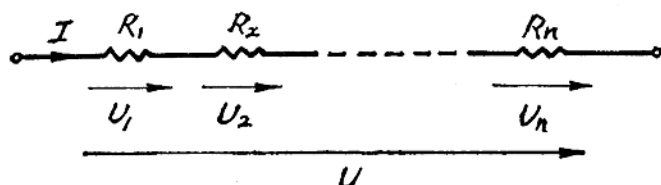


图 2—4

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum R \quad (2-5)$$

分压关系为

$$U_K = \frac{R_K}{\sum R} U \quad (K=1, 2, \dots, n) \quad (2-6)$$

例2—1—2 求图 2—5 分压器的分压比 (输出端开路) 和功耗。

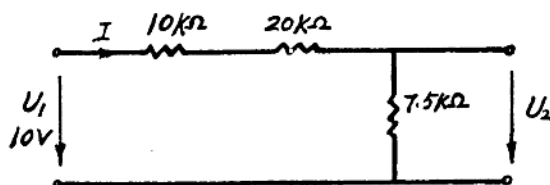


图 2—5

解: 开路分压比为

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{7.5}{10 + 20 + 7.5} = 0.2$$

功耗为

$$P = UI = 10 \times \frac{10}{10 + 20 + 7.5} = 2.67 \text{ mW}$$