



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI PEITAO JIAOCAI

DIANQI GONGCHENG JIQI ZIDONGHUA
ZHUANYE YINGYU XUEXI ZHIDAO

电气工程及其自动化 专业英语学习指导

顾雪平 王玲桃 主编
苏小林 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI PEITAO JIAOICAI

DIANQI GONGCHENG JIQI ZIDONGHUA
ZHUANYE YINGYU XUEXI ZHIDAO

电气工程及其自动化 专业英语学习指导



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

Electrical Engineering

内 容 提 要

本书为《普通高等教育“十一五”国家级规划教材 电气工程及其自动化专业英语》的配套学习指导书,内容为其各章节课文的译文和课后习题的答案。本书内容严格按照《电气工程及其自动化专业英语》教材的章节安排,内容覆盖了电工基础、电子技术、电力电子技术、电机学、计算机、电力系统、继电保护、发电厂、自动化等,每章节由课文译文和习题答案两大部分组成。

本书可为普通高等院校、高职高专电气类专业学生以及相关工程技术人员自学《电气工程及其自动化专业英语》提供有效的指导和帮助,进一步提高电气工程及其自动化专业英语的教学效果。

图书在版编目(CIP)数据

电气工程及其自动化专业英语学习指导 / 顾雪平, 王玲桃
主编. —北京: 中国电力出版社, 2010

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材
ISBN 978-7-5123-0080-4

I. ①电… II. ①顾… ②王… III. ①电气工程—英语—高等学校—教学参考资料②自动化技术—英语—高等学校—教学参考资料 IV. ①H31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 017708 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 3 月第一版 2010 年 3 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 6.75 印张 156 千字
定价 12.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

电气工程及其自动化专业是一个宽口径专业,它包含了多个专业方向,涉及较多专业领域。专业英语教学是本科院校人才培养中的一个重要方面,在当今国际化与全球化的交流环境下,学生专业英语能力的高低成为人才素质的重要标准之一,专业英语的教学工作已经引起国内高等院校的高度重视。

专业英语着重培养学生对英文专业资料、文献和信息的阅读、理解和翻译能力,同时兼顾培养学生的专业英语写作及听说能力。通过专业英语学习,达到扩充学生的专业词汇量,熟练运用科技英语和专业英语的教学目标。

为了满足电气工程及其自动化专业的专业英语教学需要,中国电力出版社于2008年出版了《电气工程及其自动化专业英语》教材。教材出版后,在各相关高校受到广泛欢迎,取得了良好的使用效果。由于目前多数高等学校的专业英语课程教学时间有限,不能在课堂上讲授教材的全部内容,有很大一部分内容需要学生课后自学,各高校普遍反映为了帮助学生自学,迫切需要一本专业英语的学习指导书。为此,我们编写了《电气工程及其自动化专业英语学习指导》一书,内容为《电气工程及其自动化专业英语》各章节课文的译文和课后习题的参考答案。本书的编写可为高校学生和其他读者自学《电气工程及其自动化专业英语》提供有效的指导和帮助,将进一步提高电气工程及其自动化专业英语的教学效果。

在本书内容安排上,严格按照《电气工程及其自动化专业英语》教材的章节安排,内容覆盖了电工基础、电子技术、电力电子技术、电机学、计算机、电力系统、继电保护、发电厂、自动化等,每章节由课文译文和习题答案两大部分组成。在课文翻译上,我们遵从忠于原文但不拘泥于原文的翻译原则,尽量做到技术概念确切、逻辑关系正确和语句通顺易读。

本书共有九章,第一、二、三章由山西大学工程学院王玲桃编写,第四、九章由王新编写,第五、六、七、八章由华北电力大学顾雪平编写,全书由顾雪平统稿。山西大学工程学院苏小林教授审阅了本教材,并提出很多宝贵意见。

由于编者的水平有限,书中难免存在不妥或错误之处,殷切希望广大读者批评指正。请将你的宝贵意见和建议寄往:河北省保定市华北电力大学电力工程系(071003);或山西大学工程学院电力工程系(030013)。

编 者

2009年11月

目 录

前言

Chapter 1 Fundamentals of Electric Circuits 第一章 电路基本原理	1
Section 1 Current and Voltage 第一节 电流和电压	1
习题答案	3
Section 2 Circuit Elements 第二节 电路元件	3
习题答案	5
Section 3 Ohm's Law 第三节 欧姆定律	5
习题答案	7
Section 4 Kirchhoff's Laws 第四节 基尔霍夫定律	7
习题答案	9
Section 5 Basic Analysis Methods 第五节 基本分析方法	9
习题答案	11
Section 6 Sinusoidal AC Circuit Analysis and Three-Phase circuits	
第六节 正弦交流电路分析和三相交流电路	12
习题答案	15
Chapter 2 Electronics 第二章 电子学	16
Section 1 Introduction 第一节 引言	16
习题答案	17
Section 2 Boolean Algebra for Digital Systems 第二节 数字系统的布尔代数	18
习题答案	20
Section 3 Analog—Digital Conversion 第三节 模数转换	21
习题答案	22
Section 4 Operational Amplifiers 第四节 运算放大器	23
习题答案	24
Chapter 3 Power Electronic Technology 第三章 电力电子技术	26
Section 1 Semiconductor Switches 第一节 半导体开关	26
习题答案	27
Section 2 The DC-DC Converters 第二节 直流变换器	28
习题答案	30
Section 3 DC-AC Converters 第三节 直流—交流变换器	30
习题答案	32
Chapter 4 Electric Machinery 第四章 电机	34
Section 1 Principle of Operation of an Inductive machine	
第一节 感应电机的工作原理	34
习题答案	35

Section 2 Performance Characteristics of Induction Motors	
第二节 感应电动机的工作特性	36
习题答案	37
Section 3 Synchronous machines 第三节 同步电机	37
习题答案	38
Section 4 Transformer 第四节 变压器	39
习题答案	41
Chapter 5 Computer 第五章 计算机	42
Section 1 Computer Basics 第一节 计算机基础	42
习题答案	44
Section 2 Microprocessor and Memory 第二节 微处理器和内存	45
习题答案	47
Section 3 Input and Output Devices 第三节 输入和输出设备	48
习题答案	50
Section 4 Software Basics 第四节 软件基础	51
习题答案	53
Section 5 Computer Network Basics 第五节 计算机网络基础	54
习题答案	55
Chapter 6 Electric Power Systems 第六章 电力系统	57
Section 1 Introduction 第一节 引言	57
习题答案	58
Section 2 Components of Power Systems 第二节 电力系统的组成	59
习题答案	60
Section 3 Operation and Control of Power Systems 第三节 电力系统运行与控制	61
习题答案	63
Section 4 Power System Stability 第四节 电力系统稳定	64
习题答案	66
Chapter 7 Power System Protections 第七章 电力系统保护	68
Section 1 Introduction 第一节 引言	68
习题答案	69
Section 2 Faults and Their Damages on Power Systems	
第二节 故障和其对电力系统的危害	70
习题答案	72
Section 3 Circuit Breakers 第三节 断路器	72
习题答案	74
Section 4 Distance Protection 第四节 距离保护	75
习题答案	76
Section 5 Lightning Arresters 第五节 避雷器	77
习题答案	78
Chapter 8 Electric Power Generation 第八章 发电	80

Section 1 Coal-Fired Power Plants 第一节 燃煤发电厂	80
习题答案	81
Section 2 Hydropower Plants 第二节 水力发电厂	82
习题答案	83
Section 3 Nuclear Power Plants 第三节 核电厂	84
习题答案	86
Chapter 9 Automation Control System 第九章 自动控制系统	87
Section 1 Introduction 第一节 引言	87
习题答案	89
Section 2 Determination of the Overall Transfer Function	
第二节 系统传递函数的确定	90
习题答案	91
Section 3 Control-System Characteristics 第三节 控制系统特性	92
习题答案	94
Section 4 Frequency Response 第四节 频率响应	96
习题答案	98

Chapter 1 Fundamentals of Electric Circuits

第一章 电路基本原理

Section 1 Current and Voltage

第一节 电流和电压



(译文)

变量 $u(t)$ 和 $i(t)$ 是电路中的两个最基本的概念，它们描述了电路中的各种关系。



电荷和电流

电荷是解释所有电现象的基本概念。电荷也是电路中最基本的物理量。电荷是构成物质的原子的电气属性，其单位为库仑 (C)。

由基础物理我们知道，所有物质都是由原子组成的，而且每个原子包括电子、质子和中子。我们也知道一个电子的电荷 e 是负的，其量值为 $1.60210 \times 10^{-19} \text{C}$ ，而一个质子的电荷为正的，其量值与电子的电荷是相等的。质子和电子数量相同，使得原子呈现电中性。

我们认为电荷是流动的。电荷或电的特点是它具有流动性；即它可以从一个地方转移到另一个地方，在转移的过程中电荷或电转变为另一种形式的能量。

当一个电池（电源）与导线相连时，电荷被迫移动：正电荷朝一个方向运动而负电荷向相反的方向运动。电荷的运动产生了电流。习惯上规定电流的方向为正电荷的运动方向，即负电荷运动的相反方向，如图 1-1 所示。这个规定是由美国科学家和发明家本杰明·富兰克林 (1706—1790) 首先提出的。尽管现在我们知道金属导体中的电流是由带负电的电子产生的，我们依然遵循电流是正电荷的流动这个普遍公认的约定。因此，电流是电荷对时间的变化率，单位是安培 (A)。电流 i 、电荷 q 和时间 t 三者之间关系的数学表达式为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

对式 (1-1) 两边同时积分，则从时间 t_0 到时间 t 传送的电荷为

$$q = \int_{t_0}^t i dt \quad (1-2)$$

由电流的定义式 (1-1) 可知电流不一定是恒定不变的，电荷是随时间变化的，可以用不同的数学函数形式加以表示。



电压、电能和功率

要使导体中的电子沿着一个特定的方向运动需要做功或者能量的转换。这是由外电动势提供的，典型的外电动势可以用图 1-1 中的电池表示。电动势又被称为电压或电位差。电路中 a、b 两点间电压 u_{ab} 等于从 a 到 b 移动单位电荷所需能量（或所需做的功）。数学表达式为

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1-3)$$

式中, 能量 w 的单位是焦耳 (J), 电荷 q 的单位为库仑 (C)。电压 u_{ab} 的单位是伏特 (V), 是为了纪念发明伏特电池的意大利物理学家亚历山大·安东尼奥·伏特 (1745—1827) 而命名的。因此, 电压 (或电位差) 是移动单位电荷通过一个元件所需要的能量, 单位为伏特 (V)。

图 1-2 表示连接于 a、b 两点间元件的电压 (用矩形表示)。正号 (+) 和负号 (-) 表示电压的参考方向或极性。电压 u_{ab} 有两种解释方法: ① a 点电位比 b 点电位高 u_{ab} 伏特; ② a 点和 b 点之间的电压为 u_{ab} 。从逻辑上讲, 一般有

$$u_{ab} = -u_{ba} \quad (1-4)$$

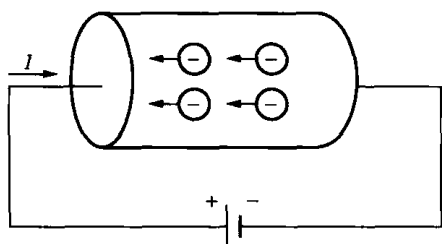


图 1-1 导体中电流的形成

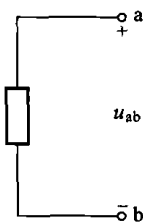


图 1-2 电压 u_{ab} 的极性

虽然电压和电流是电路中的两个基本量, 但仅有这两个量是不够的。从实际情况考虑, 还需要知道功率和能量。为了表示功率和能量与电压和电流的关系, 回顾物理学可知, 功率是所消耗或吸收的能量对时间的变化率, 单位为瓦特 (W)。我们描述这种关系为

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (1-5)$$

式中, p 为功率, 单位是瓦特 (W); w 为能量, 单位是焦耳 (J); t 是时间, 单位为秒 (s)。由式 (1-1)、式 (1-3) 和式 (1-5), 可得

$$p = ui \quad (1-6)$$

因为 u 和 i 一般情况下是时间的函数, 式 (1-6) 中功率 p 是随时间变化的量, 被称为瞬时功率。一个元件吸收或者发出的功率是元件两端的电压和通过该元件的电流的乘积。如果功率是正号的, 则表示功率传递给该元件或该元件吸收了功率。相反地, 如果功率是负号的, 则表示功率由该元件提供。但是我们如何知道功率何时为正号或负号呢?

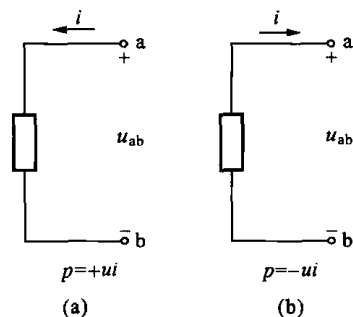


图 1-3 在耗能符号约定下功率的参考极性
(a) 吸收功率; (b) 释放功率

电流方向和电压极性决定功率的符号。因此需要关注图 1-3 (a) 中的电压 u 与电流 i 之间的关系。当电压极性和电流方向与图 1-3 (a) 所示方向一致时, 功率为正号, 这被称作耗能符号约定。在耗能符号约定下, 电流从电压的正极流入。在这种情况下, $p=ui$ 或 $ui>0$ 表示元件吸收功率。相反地, 如果 $p=-ui$ 或 $ui<0$, 如图 1-3 (b) 所示, 表示元件释放或发出功率。

实际上, 任何电路必须遵守能量守恒定律。因此, 在任意瞬间电路中功率的代数和恒为零。

$$\sum p = 0 \quad (1-7)$$

这再次证明了电路中释放的总功率与吸收的总功率必须是平衡的这一事实。由式 (1-7) 可知, 从时间 t_0 到时间 t 元件吸收或释放的能量为

$$w = \int_{t_0}^t p dt \quad (1-8)$$

习 题 答 案

I. Choose the best answer into the blank

1. B 2. D 3. C 4. A 5. B

II. Answer the following questions according to the text

1. No. The current need not be a constant-valued function because charge can vary with time.

2. The current increases when the time rate of charges is greater.

3. The $u_{ab} = -1V$ can be interpreted in two ways: ① point b is 1 V higher than point a; ② the potential at point a with respect to point b is $-1V$.

4. $w = \int p dt$.

5. Because by the passive sign convention, current enters through the positive polarity of the voltage, $p = ui > 0$ implies that the element is absorbing power and $p = ui < 0$ implies that the element is releasing or supplying power.

Section 2 Circuit Elements

第二节 电 路 元 件



(译文)

简单地说, 电路就是由一些元件相互连接而成的。在电路中常用的有两种类型的电路元件: 无源元件和有源元件。有源元件能够产生能量, 而无源元件只能吸收能量。无源元件有电阻、电容和电感。最重要的有源元件是电压源或电流源, 它们通常将功率传递给与之相连的电路。



独立源

理想的独立源是一个能提供特定电压或电流的有源元件, 该电压或电流与电路中其他变量无关。

独立电压源是一个能在其两端保持特定电压的二端元件, 如电池或发电机。该电压与通过该元件的电流无关。两端电压为 u 的电压源的电路符号如图 1-4 (a) 所示。图中的极性说明 a 端高比 b 端高 u 伏特。如果 $u > 0$, 这时 a 端比 b 端电位高。如果 $u < 0$, 反之也成立。

图 1-4 (a) 中, 电压 u 可能是随时间变化的, 也可能是恒定的, 在恒定的情况下电压应标记为 U 。恒压源常用另一种符号表示, 如两端电压为 U 伏特的电池, 如图 1-4 (b) 所示。在恒

压源的情况下, 可以任意使用图 1-4 (a) 和图 1-4 (b) 表示的两种符号。

大家或许注意到, 图 1-4 (b) 所标注的极性是多余的, 因为恒压源的极性可以用长线、短线来定义。

独立电流源是通过某一特定电流的二端元件, 该电流与元件两端电压无关。独立电流源的符号如图 1-5 所示, 其中 i 是特定电流。电流方向用箭头表示。

独立源通常只给外电路提供功率而不吸收功率。因此, 如果 u 为电源两端电压且通过它的电流 i 是从电压的正极性端流出的, 这时该电源以 $p=ui$ 向外电路提供功率。反之为吸收功率。例如, 图 1-6 (a) 中电池向外电路提供 24W 的功率; 而图 1-6 (b) 中电池吸收 24W 的功率, 就像电池处于充电状态那样。

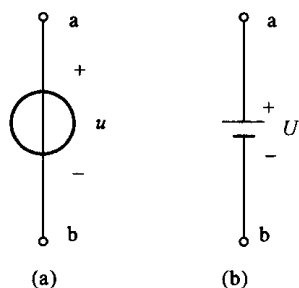


图 1-4 独立电压源符号

(a) 用于恒压源或随时间变化的电源;

(b) 用于恒压源

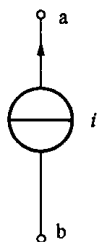


图 1-5 独立电流源符号

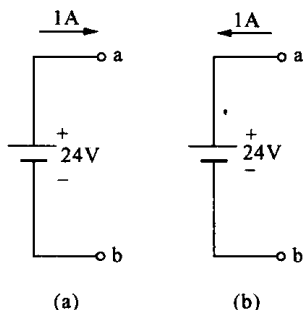


图 1-6 独立源符号

(a) 发出功率的电源;

(b) 吸收功率的电源

受控源

理想的受控源是由另一个电压或电流控制其电源量的有源元件。

受控源常用菱形符号表示, 如图 1-7 所示。由于受控源受电路中某个元件的电压或电流控制, 而且可以是电压源或电流源, 因此有以下四种形式的受控源:

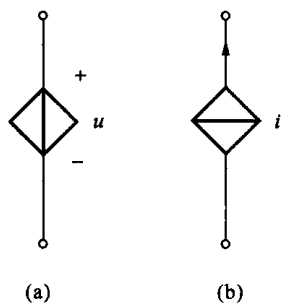


图 1-7 受控源的符号

(a) 受控电压源; (b) 受控电流源

(1) 电压控制的电压源 (VCVS)。

(2) 电流控制的电压源 (CCVS)。

(3) 电压控制的电流源 (VCCS)。

(4) 电流控制的电流源 (CCCS)。

受控源主要用于如晶体管、运算放大器和集成电路等元件的建模。

应该注意: 一个理想电压源 (独立或受控) 可向电路提供任意电流以保证其端电压为规定值, 而理想电流源可向电路提供任意电压以保证其规定电流。因此, 理论上, 理想电源能够提供无限大的能量。还应该注意到, 电源不仅给电路提供功率, 也可以从电路中吸收功率。对于电压源, 我们所知道的是它的电压而不是它提供或吸收的电流。同理, 对于电流源我们所知道的是它提供的电流, 而不是加在它两端的电压。

习 题 答 案

I. Choose the best answer into the blank

1. B 2. A 3. B 4. C 5. B

II. Answer the following questions according to the text

1. The difference between an independent source and a dependent source is: the source quantity of a dependent source is controlled by another voltage or current, but the source quantity of an independent source maintains a specified value.

2. An ideal independent source is an active element that provides a specified voltage or current that is completely independent of other circuit variables.

3. No. The current through an independent voltage source can be calculated by the external circuit.

4. A voltage-controlled voltage source (VCVS), A current-controlled voltage source (CCVS), A voltage-controlled current source (VCCS), A current-controlled current source (CCCS).

5. No, it isn't.

III. Translate the following into Chinese



在随后内容中提及的所有简单电路元件，根据通过它的电流和其两端电压之间的关系进行分类。例如，如果元件两端电压与通过元件的电流成正比，即 $u = ki$ ，则该元件称为电阻。其他类型电路元件的端电压与电流对时间的导数或积分成正比。也有电压与电流无关或电流与电压无关的元件，这些元件称为独立源。此外，我们需要定义特殊类型的电源，这种电源的电压或电流依赖于电路其他部分的某一个电流或电压，称为受控源或非独立源。

Section 3 Ohm's Law

第三节 欧 姆 定 律



常用于模拟材料对电流阻碍作用的电路元件是电阻。电阻是最简单的无源元件。

德国物理学家乔治·西蒙·欧姆 (1787—1854)，1826 年通过实验提出了电阻的电压电流关系，为此而享誉世界。这个关系称为欧姆定律。

欧姆定律阐述了电阻两端的电压正比于通过它的电流。这个比例系数就是电阻的电阻值，单位是欧姆。电阻的电路符号如图 1-8 所示。对于图示的电压和电流，欧姆定律表示为

$$u(t) = Ri(t) \quad (1-9)$$

式中， $R \geq 0$ 为电阻，单位是欧姆。

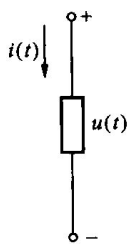


图 1-8 电阻器的电路模型

整理式 (1-9) 为 $R=u(t)/i(t)$ 形式, 可以看出

$$1\text{ohm}=1\text{V/A}$$

用来表示欧姆的符号是大写的希腊字母 Ω 。

因为 R 是常数, 式 (1-9) 是一条直线的方程。因此, 该电阻称为线性电阻。 $u(t)$ 与 $i(t)$ 的关系曲线如图 1-9 所示, 是一条斜率为 R 过原点的直线。显然, 对于所有的电流 $i(t)$, $u(t)$ 与 $i(t)$ 的比值为常数时, 直线是唯一的图形。

在不同的电流下电阻值不保持为常数的电阻称为非线性电阻。对于这样的电阻, 其电阻值是通过该元件电流的函数。白炽灯是非线性电阻的一个简单例子, 这类元件典型的伏安特性如图 1-10 所示, 我们可以看到, 其图形不再是一条直线。由于 R 不是常数, 所以对含有非线性电阻的电路进行分析就更为困难。

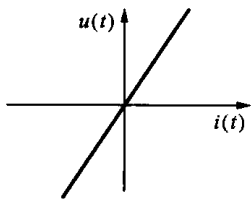


图 1-9 线性电阻的伏安特性

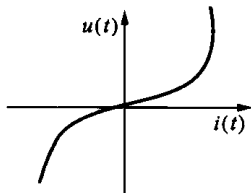


图 1-10 非线性电阻的伏安特性

因为所有导体的电气特性都受如温度等环境因素的影响, 实际上, 所有实际电阻都是非线性的。然而, 许多材料在规定的工作范围内非常接近理想线性电阻元件。我们将着重讨论此类元件, 并简称其为电阻。

因为 R 可以在零到无穷大范围内取值, 所以考虑 R 的两个极值情况是很重要的。 $R=0$ 的元件被称为短路, 如图 1-11 (a) 所示。对于短路, 有

$$u = Ri = 0 \tag{1-10}$$

表明电压为零, 但电流可能为任意值。实际上, 短路通常假设为理想导体的连接导线。因此, 短路是指电阻值接近于零的电路元件。

同样地, $R=\infty$ 的元件被称为开路, 如图 1-11 (b) 所示。对于开路, 有

$$i = \lim_{R \rightarrow \infty} \frac{u}{R} = 0 \tag{1-11}$$

表明尽管电压可以是任意的, 但其电流为零。因此, 开路是指电阻接近于无穷大的电路元件。

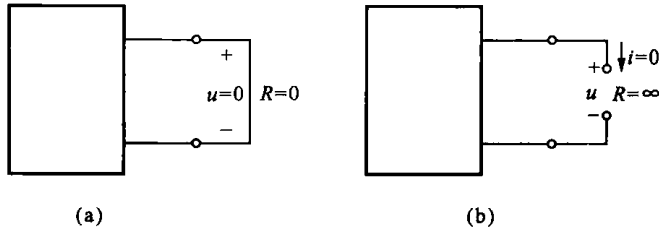


图 1-11

(a) 短路 ($R=0$); (b) 开路 ($R=\infty$)

在电路分析中另一个重要的量是电导, 定义为

$$G = \frac{1}{R} = \frac{i}{u} \tag{1-12}$$

电导是衡量元件传导电流好坏的物理量，其单位是西门子（S）。

习 题 答 案

I. Choose the best answer into the blank

1. C 2. B 3. C 4. A 5. C

II. Answer the following questions according to the text

1. Ohm's Law states that the voltage across a resistor is directly proportional to the current flowing through the resistor.

2. The resistance value of a linear resistor remains constant with the variation of the current through it.

3. It is a line passing through the origin.

4. An element with $R = 0$ is called a short circuit.

5. The relationship between resistance and conductance is $G = \frac{1}{R}$.

III. Translate the following into Chinese



必须强调线性电阻是一个理想化的元件，是一个物理元件的数学模型。“电阻”容易购买或制造，但很快会发现这个物理元件的电压电流比，仅在电流、电压或功率的一定范围内才近似为常数，它也与温度和其他环境因数有关。我们通常将线性电阻简称为电阻，仅当需要强调元件的线性特性时才使用较长的术语。任何非线性电阻将总是以这种较长的术语描述。不要把非线性电阻看作是不理想的元件。

Section 4 Kirchhoff's Laws

第四节 基尔霍夫定律



电路变量之间存在很多相互关系，一些约束关系取决于变量本身的性质。一种不同类型的关系是由于网络元件的某种特定类型的连接对变量的约束。另一类关系由于网络结构，即网络的不同元件互相连接的方式所产生的相同形式的一些变量间的关系。这类关系随网络拓扑结构的变化而不同。基尔霍夫电压、电流定律是基于网络连接特性的定律。这些定律不涉及元件本身的特性。

基尔霍夫电流定律 (KCL)

基尔霍夫电流定律基于电荷守恒定律，要求一个系统内电荷的代数和不变。

基尔霍夫电流定律 (KCL) 的内容：流入一个节点（或一个闭合面）的电流的代数和为零。KCL 的数学表达式为

$$\sum_{n=1}^N i_n = 0 \quad (1-13)$$

式中, N 是指与该节点相连的支路数, i_n 是指流入 (或流出) 该节点的第 n 个电流。一般规定, 流入节点的电流取正, 流出节点的电流取负。

对于图 1-12 中的节点, 应用 KCL, 有

$$i_1 + (-i_2) + i_3 + i_4 + (-i_5) = 0 \quad (1-14)$$

由于电流 i_1 、 i_3 、 i_4 是流入节点的, 而电流 i_2 、 i_5 是流出节点的。整理式 (1-14), 得

$$i_1 + i_3 + i_4 = i_2 + i_5 \quad (1-15)$$

KCL 的另一种表达形式: 流入节点的电流之和等于流出节点的电流之和。

注意 KCL 也适用于一个闭合面。因为节点可看作是收缩为一个点的闭合面, 所以闭合面可以看成是一般情况。在二维空间中, 闭合面与闭合路径相同。正如图 1-13 中电路示例说明, 流入闭合面的所有电流之和与流出闭合面的所有电流之和相等。

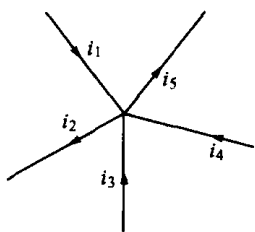


图 1-12 说明 KCL 的节点上的电流

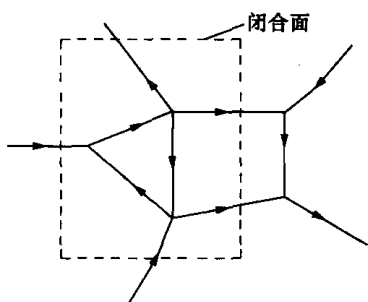


图 1-13 KCL 应用于一个闭合面

基尔霍夫电压定律 (KVL)

基尔霍夫电压定律基于能量守恒定律。

基尔霍夫电压定律 (KVL) 的内容: 在任一闭合路径 (或回路) 中所有电压的代数和为零。KVL 的数学表达式为

$$\sum_{m=1}^M u_m = 0 \quad (1-16)$$

式中, M 是回路中电压的总数, u_m 指第 m 个电压。

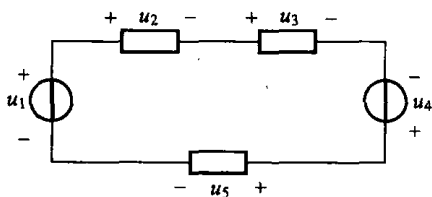


图 1-14 说明 KVL 的单环电路

以图 1-14 所示的电路为例说明 KVL。每个电压的符号是指沿着回路绕行首先遇到的端子的极性。我们可以从任意支路开始, 并且沿着顺时针或逆时针方向绕行。假定我们从电压源开始, 沿着所示回路以顺时针方向绕行, 按照此顺序电压为 $-u_1$, $+u_2$, $+u_3$, $-u_4$ 和 $+u_5$ 。例如, 到支路 3 时, 首先遇到正极性端, 因此支路 3 的电压为 $+u_3$ 。

对于支路 4, 首先遇到负极性端, 因此为 $-u_4$ 。由 KVL 得到

$$-u_1 + u_2 + u_3 - u_4 + u_5 = 0 \quad (1-17)$$

整理各项得

$$u_2 + u_3 + u_5 = u_1 + u_4 \quad (1-18)$$

可以理解为

电压降之和=电压升之和

这是 KVL 的另一种表示形式。注意,如果我们沿着逆时针方向绕行,结果将变为 $+u_1$, $-u_5$, $+u_4$, $-u_3$ 和 $-u_2$, 除了符号相反外,列写的 KVL 方程与前面的相同。因此,式 (1-17) 与式 (1-18) 均保持不变。

习 题 答 案

I. Choose the best answer into the blank

1. B 2. B 3. B 4. C 5. A

II. Answer the following questions according to the text

1. Yes, they are.

2. The first way is that the algebraic sum of all voltages around a closed path (or loop) is zero, the second way is that the sum of voltage drops equals to the sum of voltage rises.

3. The current entering the node is taken as $-$.

4. Yes.

5. No, it isn't.

III. Translate the following into Chinese



(译文)

如果一个电路有两个或以上的独立源,一种确定一个特定变量值(电压或电流)的方法是用节点分析法或网孔分析法。另一种方法是确定每个独立源单独作用时该变量的响应,然后将它们相加。第二种方法被称为叠加原理。叠加原理阐述了在一个线性电路中,一个元件的电压(或通过的电流)为每个独立源单独作用时在该元件上产生的电压(或流过的电流)的代数和。

Section 5 Basic Analysis Methods

第五节 基本分析方法



(译文)

在理解电路理论的基本定律(欧姆定律和基尔霍夫定律)的基础上,我们将应用这些定律推导出两种有效分析电路的方法:基于系统应用基尔霍夫电流定律(KCL)的节点分析法,基于系统应用基尔霍夫电压定律(KVL)的网孔分析法。运用本节介绍的这两种方法,通过建立一组求解待求电压和电流所需要的联立方程,我们几乎可以分析任何电路。求解联立方程组的一种方法是克莱姆定则,它通过行列式的商来计算电路变量。



节点分析法

对于大多数网络而言,选择节点电压为电压变量比较方便。由于电压定义为两个节点之间的相对变量,一个方便的做法是选择网络中的一个节点作为参考节点或基准节点,从而确定其他所有节点的电压或电位。每一个非参考节点与参考节点之间的电压称为节点电压。电压极性通常规定为非参考节点与参考节点之间的节点电压为正。对于一个具有 N

个节点的电路，有 $N-1$ 个节点电压，如果电路中有电压源，有些节点电压就可能成为已知量。

通常选择所连支路最多的节点为参考节点。许多实际电路是安装在一个金属底座或底盘上的，并且通常有许多元件连接于这个底座上，而这个底座一般是接地的。于是，这个底座被称为地，选择这个底座为参考节点就顺理成章。因此参考节点经常被认为是地。参考节点的电位为地电位或零电位，其他节点的电位被认为是大于零的电位。

应用基尔霍夫电流定律列出节点电压方程。显然，当选择所连支路最多的节点为参考节点时，可以简化节点方程。然而，正如我们将看到的，这不是选择参考节点的唯一标准，但却是最常用的一种方法。

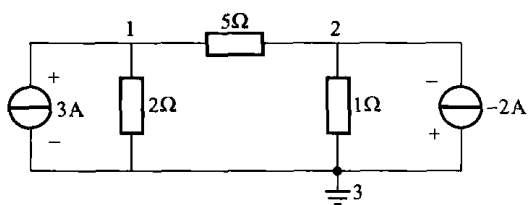


图 1-15 具有三个节点的电路

图 1-15 所示的网络中有三个节点，编号如图所示。由于节点 3 连接有四条支路，所以选节点 3 为参考节点，如图所示用接地符号与之相连加以区别。

定义节点 1 与参考节点 3 之间的电压为 u_1 ，节点 2 与参考节点之间的电压为 u_2 。这两个节点电压作为变量是足够的，由它们可以得到其他任何一对节点之间的电压。如，节点 1 与节点 2 之间的电压为 $(u_1 - u_2)$ 。

在节点 1 和节点 2 应用基尔霍夫电流定律。列出通过几个电导流出节点的总电流与流入节点的总电源电流相等的方程。从而有

$$0.5u_1 + 0.2(u_1 - u_2) = 3$$

或

$$0.7u_1 - 0.2u_2 = 3 \quad (1-19)$$

由节点 2，可得

$$u_2 + 0.2(u_2 - u_1) = 2$$

或

$$-0.2u_1 + 1.2u_2 = 2 \quad (1-20)$$

联立求解式 (1-19) 和式 (1-20)，可以得到待求的节点电压 u_1 和 u_2 ，进而可求得电路中的任何电流或功率。

节点分析法的步骤为：

- (1) 选择一个节点为参考节点。其他 $n-1$ 个节点的电压分别为 $u_1, u_2, \dots, u_{n-1}$ 。
- (2) 将 KCL 应用于这 $n-1$ 个非参考节点。根据欧姆定律用节点电压表示支路电流。
- (3) 求解联立方程组，得到待求节点电压，进而求得其他待求量。



网孔分析法

网孔分析法是用网孔电流作为电路变量来分析电路的另一种方法。用网孔电流替代元件电流作为电路变量是非常方便的，它可以减少求解电路必须列写的方程的数目。回顾前面的内容可知，回路是只经过每个节点一次的闭合路径。网孔是内部不包含其他回路的回路。

节点分析法是应用 KCL 来求得所给电路的未知电压，而网孔分析法是应用 KVL 求得未知电流。由于网孔分析法仅适用于平面电路，故网孔分析法不像节点分析法那样通用。平面电路亦即电路是平面的。平面电路是可以在平面内画成没有相互交叉支路的电路，否则是非平面的。一个含有交叉支路的电路如果能被重新画成不含交叉支路的电路，该电路仍可认为是平面电路。