职业教育国家在线精品课程配套教材

中高职衔接系列教材

电工基础

DIANGONG JICHU

主编　雷红梅　施华

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

目录 MULU

前言
数字资源使用说明
多媒体知识点索引

第一部分　电路理论基础 …… 1
单元一　直流电路的基本概念 …… 1
任务一　测量简单直流电路的电流和电压 …… 1
任务二　测量简单直流电路各点的电位 …… 12
任务三　测量含电感元件的直流电路电压、电流 …… 14
任务四　测量含电容元件的直流电路电压、电流 …… 18
任务五　扩大表头的电压量程及校验 …… 21
任务六　扩大表头的电流量程及校验 …… 23
任务七　测试复杂直流电路各支路电流 …… 25
任务八　测试复杂直流电路各回路中电压 …… 28
单元二　单相交流电路 …… 31
任务一　认识单相交流电 …… 31
任务二　认识正弦交流电的相量 …… 38
任务三　认识交流电路中的电阻、电感和电容元件 …… 45
任务四　测试日光灯电路的电压和电流 …… 53
任务五　测试线圈参数 …… 59
任务六　提高日光灯功率因数 …… 63
单元三　电磁感应、磁路和交流铁芯线圈 …… 67
任务　测试线圈的同名端 …… 67
单元四　三相正弦交流电路 …… 92
任务一　测量三相交流电源相电压和线电压 …… 92
任务二　测量三角形连接负载的电压电流 …… 97
任务三　测量星形连接负载的电压电流 …… 100
综合练习（一） …… 106

第二部分　电路分析方法 …… 113
单元五　直流电路的分析方法 …… 113
任务一　应用支路电流法求解电路 …… 113
任务二　应用节点电压法求解电路 …… 117

中国水利水电出版社

任务三　认识叠加定理 …… 121
任务四　认识戴维南定理 …… 125
单元六　单相交流电路的分析 …… 133
任务一　认识复阻抗的连接 …… 133
任务二　认识交流电的相量分析法 …… 137
任务三　认识正弦交流电路中的谐振 …… 139
任务四　分析含耦合电感的电路 …… 145
任务五　认识非正弦周期电流电路 …… 152
单元七　三相交流电路的分析 …… 161
任务一　分析计算对称三相电路 …… 161
任务二　探讨简单不对称三相电路工作状况 …… 166
任务三　测量三相电路的功率 …… 173
单元八　动态电路的暂态分析 …… 181
任务一　认识动态电路的暂态过程 …… 181
任务二　认识一阶电路的三要素法 …… 192
综合练习（二） …… 199
第三部分　电路基础实验 …… 204
单元九　直流实验 …… 204
任务一　实际电源的外特性及元件的伏安特性 …… 204
任务二　万用表的使用 …… 206
任务三　电阻的测量 …… 209
单元十　交流实验 …… 214
任务一　同名端及互感系数的测量 …… 214
任务二　功率因数的提高 …… 216
任务三　串联谐振 …… 218
任务四　单相电度表的校验 …… 220
第四部分　电工基本技能实训 …… 245
单元十一　安全用电知识 …… 245
单元十二　触电救护 …… 251
单元十三　常用电工工具的使用实训 …… 257
单元十四　三相异步电动机绝缘电阻测试 …… 261
单元十五　设计安装三相交流电动机单向启停控制电路 …… 264
参考文献 …… 267

中国水利水电出版社

程为

$$-1\times u_1+(1+1/2)u_2+0=3-i$$
$$-(1/2)u_1+0+(1+1/2)u_3=i$$

补充方程

$$u_2-u_3=8$$

代入 $u_1=14\text{V}$，整理得

$$\left.\begin{aligned}-14+1.5u_2&=3-i\\-7+1.5u_3&=i\\u_2-u_3&=8\end{aligned}\right\}$$

解方程组得

$$u_2=12\text{V}$$
$$u_3=4\text{V}$$
$$i=-1\text{A}$$

由此例可见，当参考节点选在电压源的一端时，电压源另一端的节点电压成为已知量，此时可以不列该节点的节点方程。

任务三　认识叠加定理



5-1　苏彦斌：勤奋创新，引领企业腾飞，助力国家繁荣

任务描述：

请你根据图 5-11 所示的电路图连接电路，并将测量过程中相关的项目填写在表 5-1 中。各支路电流测量可用多量程毫安表，电压用万用表直流电压档测量，U_{S1}、U_{S2} 用直流稳压电源。

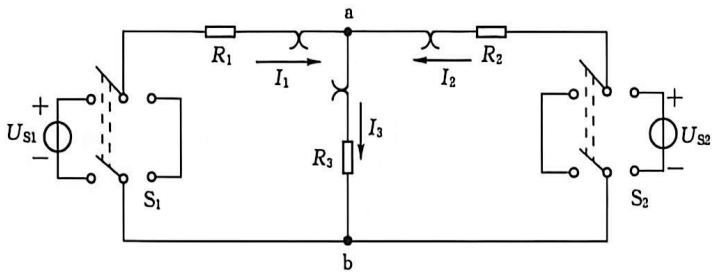


图 5-11　叠加定理实验图

取 $U_{S1}=12\text{V}$，$U_{S2}=9\text{V}$，$R_1=500\Omega$，$R_2=200$，$R_3=300\Omega$。

任务分析：

叠加定理表述，在线性电路中，任一电流（或电压）都是电路中各个独立电源单独作用时，在该处产生的电流（或电压）的叠加（代数和）。

不作用的电压源置零，在电压源处用短路代替；不作用的电流源置零，在电流源处用开路代替．电路的结构保持不变，所有电阻都不予更动，包括实际电源的内阻。

如图 5－11，电源 U_{S1} 单独作用时，开关 S_1、S_2 投向左侧，此时用电流表测量电流，如电流表指针反偏，则应把电流表“＋”和“－”极端钮的接线对调再读数，记录该电流为负值，本次任务是通过开关的切换，来测量不同电源作用时电路中的电流、电压，从而验证了定理。

实施步骤：

(1) 按图 5－11 接线。

(2) U_{S1} 单独作用：将开关 S_1 和 S_2 都合向左侧，测量 U_{S1} 单独作用于电路时各支路的电流 I_1'、I_2'、I_3' 和电压 U_{ab}'，记于表 5－1 中。测量时，要注意电流值的正、负。

(3) U_{S2} 单独作用：开关 S_1 和 S_2 都合向右侧，测量 U_{S2} 单独作用于电路时各支路的电流 I_1''、I_2''、I_3'' 和电压 U_{ab}''，记于表 5－1 中。

(4) U_{S1}、U_{S2} 共同作用：将开关 S_1 合向左侧，S_2 合向右侧，测量 U_{S1} 和 U_{S2} 共同作用时各支路的电流 I_1、I_2、I_3 和电压 U_{ab}，记于表 5－1 中。

表 5－1　　叠加定理实验数据表

项　目	测量结果			
U_{S1} 单独作用	I_1'	I_2'	I_3'	U_{ab}'
U_{S2} 单独作用	I_1''	I_2''	I_3''	U_{ab}''
U_{S1}、U_{S2} 共同作用	I_1	I_2	I_3	U_{ab}
验证	$I_1=I_1'+I_1''=$	$I_2=I_2'+I_2''=$	$I_3=I_3'+I_3''=$	$U=U_{ab}'+U_{ab}''=$
理论计算	$I_1=$	$I_2=$	$I_3=$	$U=$

知识链接：

电路元件有线性和非线性之分，线性元件的参数是常数，与所施加的电压和通过的电流无关。线性元件组成的电路称为线性电路。叠加定理是反映线性电路基本性质的一条重要定理。

下面以图 5－12 电路为例介绍叠加定理。

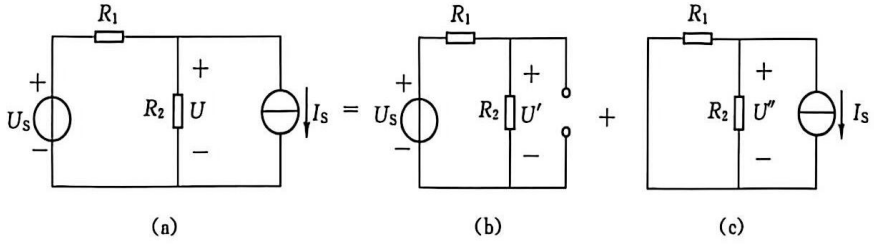


图 5－12　叠加定理引例

(a) 原图；(b) U_S 单独作用；(c) I_S 单独作用

图 5－12（a）是有两个独立电源共同作用的线性电路，设图中各元件参数均为已知，应用前面介绍的任何一种方法都能求出电路的电压 U，即

$$U=\frac{R_2U_S-R_1R_2I_S}{R_1+R_2}$$

图 5－12（b）是电压源 U_S 单独作用下的情况。此时电流源不作用，用开路代替，电路的电压 U' 为

$$U'=\frac{R_2U_S}{R_1+R_2}$$

图 5－12（c）是电流源 I_S 单独作用下的情况。此时电压源不作用，用短路代替，电路的电压 U'' 为

$$U''=-\frac{R_1R_2I_S}{R_1+R_2}$$

求所有独立源单独作用下的电压的代数和，得

$$U'+U''=\frac{R_2U_S}{R_1+R_2}-\frac{R_1R_2I_S}{R_1+R_2}=\frac{R_2U_S-R_1R_2I_S}{R_1+R_2}$$

即 $U'+U''=U$。

上述虽是一个例子，但它的结论具有普遍性，即任意线性电路都具有的性质，这就是线性电路的叠加性。该性质可用叠加定理表述，即在线性电路中，任一电流（或电压）都是电路中各个独立电源单独作用时，在该处产生的电流（或电压）的叠加（代数和）。

叠加定理可以用来直接计算电路，但在电路的独立源较多的情况下，这种方法不方便。由叠加定理，可发展出线性电路的一些定理和计算方法，如等效电源定理、非正弦周期性交流电路的分析计算方法、分析线性动态电路全响应的经典法等。

使用叠加定理时需注意以下几点：

（1）叠加定理适用于线性电路，不适用于非线性电路。

（2）使用叠加定理时，不作用的电压源置零，在电压源处用短路代替；不作用的电流源置零，在电流源处用开路代替。电路的结构保持不变，所有电阻都不予更动，包括实际电源的内阻。

（3）叠加时要注意电压和电流的参考方向。以原电路中电压和电流的参考方向为准，各电源单独作用产生的分电压和分电流的参考方向与其相同时取正号，反之取负号。

（4）原电路的功率不等于各分电路计算所得的功率的叠加，这是因为功率是电压和电流的乘积。

（5）应用叠加定理时可把电源分组求解，即每个分电路中的电源个数可以多于一个。

【例 5－9】 图 5－13（a）电路中，已知 $U_S=8\text{V}$，$I_S=2\text{A}$，$R_1=1\Omega$，$R_2=0.2\Omega$，试用叠加定理求 U 和 I。

解： 求 U_S 单独作用下的响应，将电流源代之以开路，电路如图 5－13（b），其中

$$U'=\frac{R_2}{R_1+R_2}U_S=\frac{0.2}{1+0.2}\times 8=\frac{4}{3}\ (\text{V})$$

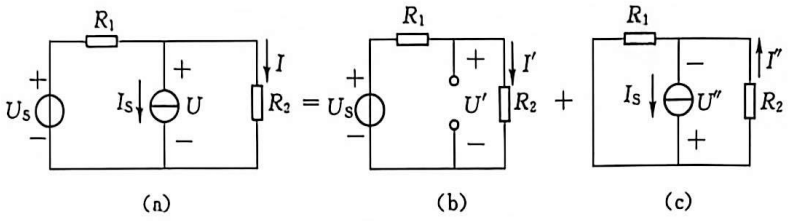


图 5-13　[例 5-9] 图

$$I'=\frac{U'}{R_2}=\frac{4}{3}\times\frac{1}{0.2}=\frac{4}{0.6}\ (\mathrm{A})$$

再求 I_S 单独作用下的响应，将电压源代之以短路，电路如图 5-13 (c)，其中

$$U''=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}I_S=\frac{1\times0.2}{1+0.2}\times2=\frac{1}{3}\ (\mathrm{V})$$

$$I''=\frac{U''}{R_2}=\frac{1}{3}\times\frac{1}{0.2}=\frac{1}{0.6}\ (\mathrm{A})$$

叠加得

$$U=U'-U''=\frac{4}{3}-\frac{1}{3}=1\ (\mathrm{V})$$

$$I=I'-I''=\frac{4}{0.6}-\frac{1}{0.6}=5\ (\mathrm{A})$$

知识拓展：

利用叠加定理，可以得出一个非常有用的推论。即线性电路中，所有激励（独立源）都增大（或减小）同样的倍数，则电路中响应（电压或电流）也增大（或减小）同样的倍数。当激励只有一个时，则响应与激励成正比。这个推论称为齐性定理，它对分析梯形网络十分有效。

练　习　题

(1) 如图 5-14 所示，已知 N 为线性电阻网络。当 $I_S=2\mathrm{A}$，$U_S=4\mathrm{V}$ 时，$U_2=2\mathrm{V}$。试求当 $I_S=6\mathrm{A}$，$U_S=12\mathrm{V}$ 时，U_2 为多少？

(2) 试用齐性定理求图 5-15 所示电路中的 I。

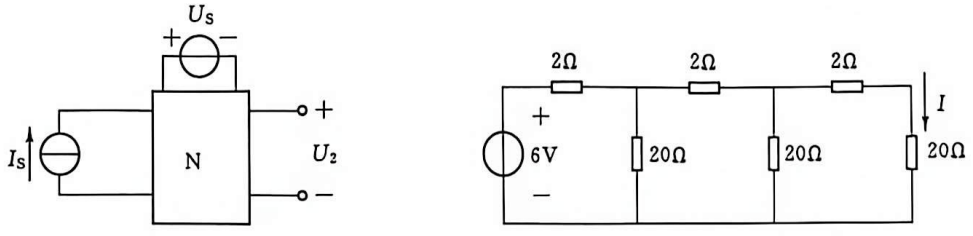


图 5-14　练习题 (1) 图