



农网配电营业工职业技能鉴定培训教材

NONGWANG PEIDIAN YINGYEGONG ZHIYE JINENG JIANDING PEIXUN JIAOCAI

农网配电营业工

(高级、技师)

宋美清 主 编
刘素萍 副主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



农网配电营业工职业技能鉴定培训教材

NONGWANG PEIDIAN YINGYEGONG ZHIYE JINENG JIANDING PEIXUN JIAOCAI

农网配电营业工

(高级、技师)

宋美清 主 编

刘素萍 副主编

林 贇 林 宇 陈 岚 参 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本教材根据《国家职业标准 农网配电营业工》的要求编写。教材编写努力做到理论与实际相结合,深入浅出,通俗易懂,面向生产实际,强调实践,旨在使广大农网配电营业工了解和掌握本工种相关技术,适应生产发展需要。为了便于学习和培训,每单元后附有理论知识和技能操作单元测试题与答案。为检测培训水平,熟悉考核,每个等级附有职业技能鉴定标准概况相关内容和模拟试题两套,以便学员掌握考核鉴定的范围和内容。

本书主要介绍了农网配电营业工高级工(技师)必须掌握的电工基础和电子技术、识图与绘图、电气量的测量、农村配电网运行与维护、配电设备安装、配电线路施工、装表接电、抄表收费、培训指导、管理等内容。本书标注“*”的内容只要求技师掌握,对高级工不作要求。

本书适合各级鉴定机构和培训机构组织考前强化培训和申请参加技能鉴定的人员自学使用,对于各类职业技术学校师生、相关行业技术人员均有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

农网配电营业工:高级、技师/宋美清主编. —北京:中国电力出版社, 2010.9

农网配电营业工职业技能鉴定培训教材

ISBN 978 - 7 - 5123 - 0773 - 5

I. ①农… II. ①宋… III. ①农村配电 - 职业技能鉴定 - 教材
IV. ①TM727.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 161428 号

中国电力出版社出版、发行

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

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 1 月第一版 2011 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 24 印张 636 千字

印数 0001—3000 册 定价 45.00 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

《农网配电营业工职业技能鉴定培训教材》是根据《国家职业标准 农网配电营业工》的要求编写。编写指导思想是坚持“鉴定什么，编什么”，紧扣“准确性、实用性、先进性”的原则。基本理论部分的编写以必须和够用为度，突出技能和技巧，注重能力的培养。此外，教材从当前农网配电营业工工作的实际出发，努力做到理论与实际相结合，深入浅出，通俗易懂。

本教材内容以《职业技能鉴定培训大纲》（以下简称《培训大纲》）模块为依据进行全面整合，全书内容和单元设置试图与《培训大纲》模块、实际应用和最新知识进展保持基本一致。在编写上，对应初、中、高（技师）三个等级分成初级、中级和高级（技师）三本教材，每个等级教材按相应《培训大纲》知识要求和技能要求组织内容。在基本保证知识连贯性的基础上，着眼于技能操作，力求浓缩精炼，突出针对性、典型性、实用性。教材力求反映本工种的现状和趋势；体现基础理论、基础知识、基本技能；突出新内容、新知识、新特点。

本教材具有如下特点：

第一，按《培训大纲》模块（MU）设置教学单元，单元中每节开始有明确的教学目标，而且教学目标就是《培训大纲》知识点模块（LE）的学习目标，为学习者的学习起到引导作用。由于高级工与技师应掌握的知识点相同部分比较多，因此，编写中在保持单元模块不变的基础上，对只要求技师掌握的内容加“*”号予以区别。

第二，在每个单元教学内容后，都编写了具有代表性的理论知识和技能操作的单元测试题与答案，便于学习者对学习内容的自检和巩固。

第三，每个等级教材编写了两套模拟题，供学习者模拟测试，起到检测培训水平，熟悉鉴定考核的功能。

本册是《农网配电营业工（高级、技师）》，由福建电力培训中心高级讲师宋美清担任主编，并负责全书的统稿工作。福建电力培训中心高级讲师刘素萍担任副主编并参与第一、三单元的编写，林贇高级技师参与第二、四、五、六、十单元编写，林宇

高级讲师参与第七单元编写，福建电力有限公司营销部陈岚高级工程师参与第八单元编写，其余单元由宋美清编写。

在本教材的编写过程中，参考了大量文献，在此对其作者表示衷心感谢，同时也感谢中国电力出版社和各位编者所在单位给予的大力支持！

限于编者的经验和水平，加上知识的不断更新，对本教材在内容和文字上的不足之处，诚恳地欢迎广大读者批评指正。

编者
2010年9月

目 录

前言

第一单元 电工基础和电子技术	1
第一节 直流电路	1
第二节 交流电路	6
第三节 三相不对称电路	9
第四节 电子技术	12
单元测试题与答案	21
第二单元 识图与绘图	27
第一节 识读电气图	27
第二节 电气设备装配图	38
单元测试题与答案	45
第三单元 电气量的测量	47
第一节 测量接地电阻	47
第二节 测量直流电阻	53
* 第三节 常用电气测量仪表的维修	58
单元测试题与答案	64
第四单元 农村配电网运行与维护	71
第一节 维护配电线路	71
第二节 测试及维护配电变压器	79
第三节 小型发电机运行与维护	80
单元测试题与答案	86
第五单元 配电设备安装	97
第一节 组装变压器台架	97
第二节 吊装配电变压器	103
第三节 制作电缆头	106
第四节 电缆施工	128
* 第五节 安装箱式变电站	143
* 第六节 安装低压开关柜	148
单元测试题与答案	159
第六单元 配电线路施工	176
第一节 杆塔施工	176

目 录

第二节 导线架设	187
第三节 编制施工方案	190
单元测试题与答案	208
第七单元 装表接电	224
第一节 电压互感器	224
* 第二节 互感器的接线检查	226
第三节 三相三线制电路电能计量装置	229
* 第四节 电能计量装置的整体接线检查	232
* 第五节 电动机的故障处理	236
第六节 内线工程验收	243
单元测试题与答案	247
第八单元 抄表收费	258
第一节 多功能电能表	258
第二节 抄表	261
第三节 核算电费	265
* 第四节 售电情况分析	269
单元测试题与答案	274
* 第九单元 培训指导	281
第一节 理论培训	281
第二节 技能培训	297
单元测试题与答案	301
* 第十单元 管理	303
第一节 全面质量管理	303
第二节 质量保证体系	304
第三节 质量管理要求和控制	306
第四节 质量评定和质量事故处理	308
第五节 质量管理 (QC) 小组	310
单元测试题与答案	314
附录 A 农网配电营业工 (高级、技师) 职业技能鉴定标准概况	317
附录 B 农网配电营业工 (高级) 职业技能鉴定考试模拟试卷	326
附录 C 农网配电营业工 (技师) 职业技能鉴定考试模拟试卷	350
参考文献	376

第一单元 电工基础和电子技术

第一节 直流电路



培训目标

1. 能够运用支路电流法、回路电流法和节点电位法进行简单计算。
2. 能简要说明戴维南定理的意思。
3. 略知电流源、电压源的概念。

不能用串、并联规则进行简化的直流电路叫复杂直流电路。计算复杂电路的方法很多,本节介绍常用的支路电流法、回路电流法、节点电位法和戴维南定理。

一、电压源、电流源及等效变换

1. 电压源

电压源是从电池、发电机、信号发生器等实际电源抽象出来的理想化的电路模型。实际电源(如电池)的端电压随输出电流的增大而降低,这是因为实际电源有内阻的缘故。电源的内阻越小,端电压越接近额定值。在理想情况下,内阻为零,端电压便不随电流变化而保持定值,这样的电源称为理想电压源,简称为电压源。

理想电压源的图形符号和外特性曲线如图 1-1 所示。从图 1-1 (c) 可见,理想电压源的端电压始终等于恒定值 U_s , 而不论通过它的电流是多少。

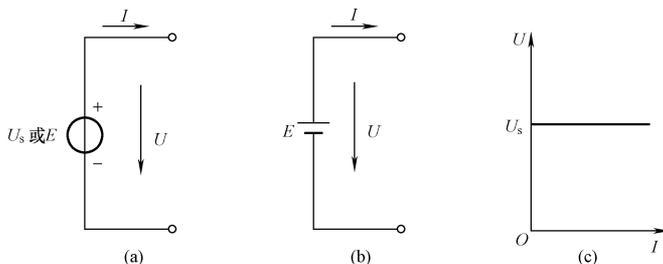


图 1-1 理想电压源的图形符号及外特性曲线

(a) 一般符号; (b) 直流电压源图像符号; (c) 外特性曲线

2. 电流源

电流源是由恒流源、电流发生器等实际电源抽象出来的另一种理想化的电路模型。

理想电流源的图形符号和外特性曲线如图 1-2 所示。从图 1-2 (b) 可见,理想电流源向外输出恒定不变的电流,它的端电压则是任意的。

3. 电压源与电流源的等效变换

(1) 实际电源的电路模型。

实际电路器件可以用理想电路元件或它们的

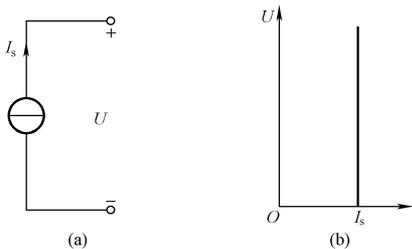


图 1-2 理想电流源的图形符号及外特性曲线

(a) 一般符号; (b) 外特性曲线

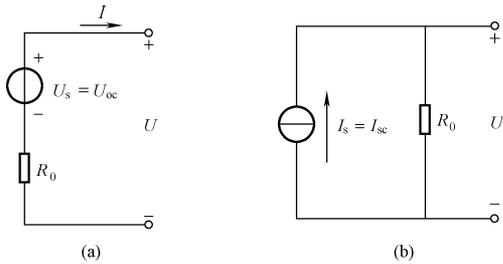


图 1-3 实际电源的电路模型
(a) 电压源模型; (b) 电流源模型

组合来模拟。用以模拟实际电源的理想电路元件的组合体称为实际电源的物理模型。实际电源有两种模型，一种是电压源模型，另一种是电流源模型。其电路图如图 1-3 所示。

在图 1-3 中，一个实际的直流电源，可以用一个电压源与电阻的串联组合来模拟，该电压源的电压等于实际电源的开路电压 U_{oc} ，此电阻的阻值等于实际电源的内阻 R_0 ；一个实际的直流电源，可以用一个电流源与电阻的并

联组合来模拟，该电流源的电流等于实际电源的短路电流 I_{sc} ，此电阻的阻值等于实际电源的内阻 R_0 。

(2) 两种电源模型的等效变换。

用于模拟同一实际直流电源的两种模型，由于具有相同的外特性，因而它们对外电路是等效的。但对电源内部则是不等效的。两种电源模型可以等效互换，互换时内阻 R_0 是相等的，且

$$I_s = \frac{U_s}{R_0}, U_s = I_s R_0 \quad (1-1)$$

变换时应注意：两种模型的极性必须一致。即电流源流出电流的一端与电压源正极端相对应。

在等效变换时，并不一定限于内阻 R_0 ，只要是一个电压源与电阻 R 的串联组合，都可以等效变化为一个电流源与电阻 R 的并联组合，如图 1-4 所示。其中

$$I_s = \frac{U_s}{R}, U_s = I_s R$$

利用两种电源模型的等效互换，可以使复杂电路简化。

【例 1-1】 将图 1-5 (a) 所示电压源模型等效变换为电流源模型，并求两电路电流 I ，其中 $R_L = 3\Omega$ 。

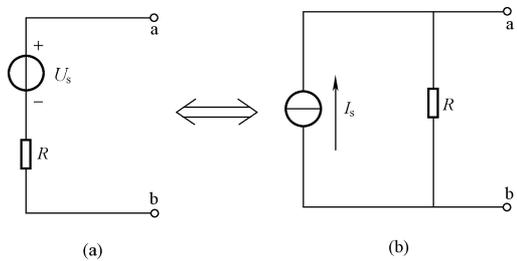


图 1-4 两种模型的等效变换
(a) 电压源模型; (b) 电流源模型

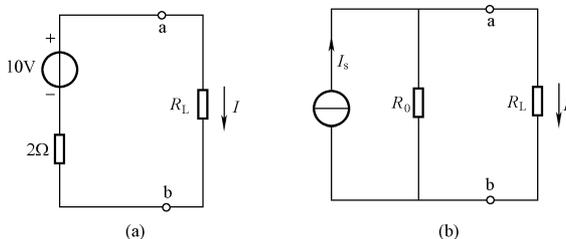


图 1-5 [例 1-1] 图
(a) 电压源模型; (b) 电流源模型

解：电压源模型中 $R_0 = 2\Omega$ ， $U_s = 10V$ ，等效变换为电流源模型如图 1-5 (b) 所示，电流源电流

$$I_s = \frac{U_s}{R} = \frac{10}{2} = 5(A)$$

由电压源模型得

$$I = \frac{U_s}{R_0 + R_L} = \frac{10}{2 + 3} = 2(\text{A})$$

由电流源模型得

$$I = \frac{R_0}{R_0 + R_L} I_s = \frac{2}{2 + 3} \times 5 = 2(\text{A})$$

两种模型对负载提供的电流相等，说明他们对负载是等效的。

二、支路电流法

支路电流法是以各支路电流为未知变量，根据基尔霍夫定律列出所需的回路电压方程和节点电流方程，然后求得各支路电流的方法。其步骤如下：

- (1) 设出各支路电流，选定其参考方向并标于电路图中。
- (2) 对电路中 $(n - 1)$ 个独立节点应用基尔霍夫第一定律，列出节点电流方程。
- (3) 由基尔霍夫第二定律列出独立回路的电压方程。
- (4) 联立求解节点电流方程和回路电压方程，求得各支路电流。

【例 1-2】在图 1-6 (a) 所示电路中， $U_{s1} = 120\text{V}$ ， $U_{s2} = 130\text{V}$ ， $R_1 = 10\Omega$ ， $R_2 = 2\Omega$ ， $R_3 = 10\Omega$ ，用支路电流法求各支路电流。

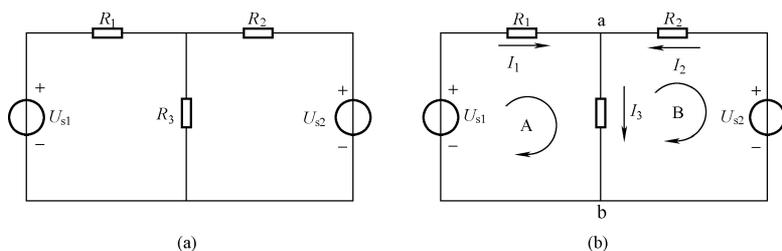


图 1-6 [例 1-2] 图

解：(1) 设电路中的支路电流分别为 I_1 、 I_2 、 I_3 ，选择其参考方向并标于电路中，如图 1-6 (b) 所示。

(2) 对于独立节点 a 应用基尔霍夫第一定律，列出节点电流方程为

$$I_1 + I_2 = I_3$$

(3) 选择网孔作为独立回路，选取回路绕行方向如图 1-6 (b) 所示。对网孔应用基尔霍夫第二定律，列出回路电压方程有

网孔 A: $I_1 R_1 + I_3 R_3 = U_{s1}$

网孔 B: $-I_2 R_2 - I_3 R_3 = -U_{s2}$

(4) 将数据代入联立方程，则有

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$10I_1 + 10I_3 = 120$$

$$2I_2 + 10I_3 = 130$$

(5) 联立求解上述方程组，得各支路电流为

$$I_1 = 1\text{A}, I_2 = 10\text{A}, I_3 = 11\text{A}$$

三、回路电流法

支路电流法虽然简单明了，但如果支路数较多，如图 1-7 所示电路，支路数有 6 条，用支路电流法求支路电流将很麻烦。

若设平面电路的每一个网孔中都有一个电流在其中循环流动，这种电流称为网孔电流，并设

网孔电流作为未知变量,对每一网孔应用基尔霍夫定律列出回路电压方程,求解这些方程求得网孔电流,再由网孔电流求得支路电流及其他变量,这种方法称为回路电流法。其步骤如下:

(1) 设出各网孔电流和各支路电流,选定各支路电流和各网孔电流的参考方向及网孔绕行方向,并标于电路图中。通常以网孔电流参考方向作为网孔的绕行方向,如图 1-7 中的 I_{11} 、 I_{22} 、 I_{33} 。

(2) 以网孔电流作为未知变量,由基尔霍夫第二定律列出回路(网孔)的电压方程。列方程时注意:相邻回路电流在公共支路电阻上的压降不能忽视,压降的正、负要看公共支路上相邻回路电流方向与本回路电流是否一致而定,一致时取正,相反时取负。

(3) 代入数据,解联立方程组求出网孔电流。

(4) 根据支路电流与网孔电流的关系,由网孔电流求得支路电流,进而求出支路电压及其他变量。支路电流等于通过该支路的所有网孔电流的代数和。

【例 1-3】 在图 1-6 (a) 中,已知数据同 [例 1-2],用回路电流法求各支路电流。

解: (1) 选定各支路电流并画出网孔电流(回路电流) I_{11} 、 I_{22} 绕行方向,如图 1-8 所示。

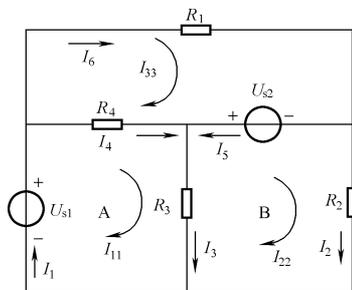


图 1-7 电路图

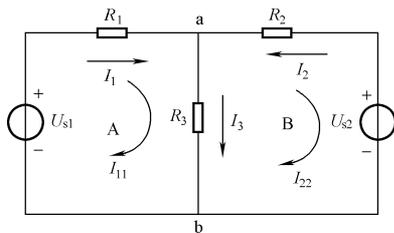


图 1-8 [例 1-3] 图

(2) 以网孔电流作为未知变量,由基尔霍夫第二定律列出回路电压方程。

$$(R_1 + R_3)I_{11} - R_3I_{22} = U_{s1}$$

$$(R_2 + R_3)I_{22} - R_3I_{11} = -U_{s2}$$

(3) 代入数据,解联立方程组求出网孔电流。

$$20I_{11} - 10I_{22} = 120$$

$$12I_{22} - 10I_{11} = -130$$

解得 $I_{11} = 1\text{A}$, $I_{22} = -10\text{A}$ 。

(4) 根据支路电流与网孔电流的关系,由网孔电流求得支路电流。

$$I_1 = I_{11} = 1\text{A}, I_2 = -I_{22} = 10\text{A}, I_3 = I_{11} - I_{22} = 1 - (-10) = 11\text{A}$$

四、节点电位法

节点电位法是以各节点电压为未知变量,根据基尔霍夫定律列出所需的电路方程,求得各节点电压,再由节点电压求得支路电流及其他变量的方法。其步骤如下:

(1) 选定参考节点,设定各节点电压和各支路电流,选择各节点电压和各支路电流的参考方向,并标于电路图中。

(2) 对非参考节点应用基尔霍夫电流定律,列写节点电流方程。

(3) 根据基尔霍夫电压定律和电路元件的伏安关系,求出各支路电流与节点电压的关系。

(4) 将各支路电流与节点电压的关系代入节点电流方程,从而得到以节点电压为未知变量的节点方程。

(5) 求解节点电压方程, 求出节点电压。

(6) 根据支路电流与节点电压的关系, 由节点电压求得支路电流, 进而求得其他变量。

【例 1-4】应用节点电压法求图 1-9 (a) 中各支路的电流。

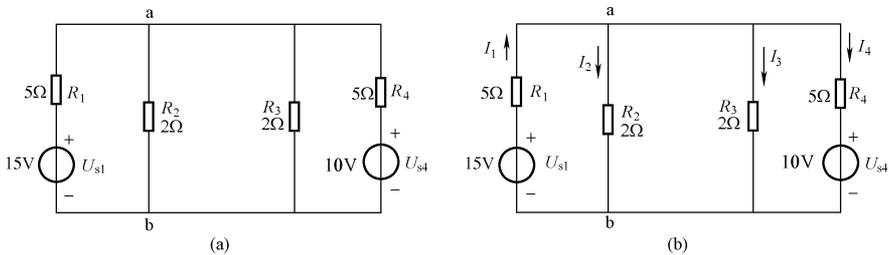


图 1-9 [例 1-4] 图

解: (1) 选定 b 为参考节点, 设定各节点电压和各支路电流, 选择各节点电压和各支路电流的参考方向, 如图 1-9 (b) 所示。

(2) 对非参考节点 a 应用基尔霍夫电流定律, 列写节点电流方程。

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

(3) 根据基尔霍夫电压定律和电路元件的伏安关系, 求出各支路电流与节点电压的关系。

$$I_1 = \frac{U_{s1} - \varphi_a}{R_1} = \frac{15 - \varphi_a}{5}$$

$$I_2 = \frac{\varphi_a}{R_2} = \frac{\varphi_a}{2}$$

$$I_3 = \frac{\varphi_a}{R_3} = \frac{\varphi_a}{2}$$

$$I_4 = \frac{U_{s4} - \varphi_a}{R_4} = \frac{10 - \varphi_a}{5}$$

式中 φ_a ——参考节点 a 的节点电压。

(4) 将各支路电流与节点电压的关系代入节点电流方程, 从而得到以节点电压为未知变量的节点方程。

$$\frac{15 - \varphi_a}{5} = \frac{\varphi_a}{2} + \frac{\varphi_a}{2} + \frac{10 - \varphi_a}{5}$$

(5) 求解节点电压方程, 求出节点电压。

$$\varphi_a = 1V$$

(6) 根据支路电流与节点电压的关系, 由节点电压求得支路电流。

$$I_1 = 2.8A, I_2 = 0.5A, I_3 = 0.5A, I_4 = 1.8A。$$

五、戴维南定理

根据电路理论, 较复杂的电路称为网络, 只有两个输出端子的网络称为二端网络; 含有电源的网络, 称为有源二端网络; 不含电源的称为无源二端网络。戴维南定理可叙述为: 任何一个线性有源二端网络, 就其对外电路而言, 都可以用一个电压源和电阻的串联电路来等效代替。这个电压源的电压等于网络的开路电压 U_{oc} , 电阻等于将二端网络内部的所有独立电源置零后, 从二端网络端口看进去的等效电阻 R_i 。

图 1-10 表示了戴维南定理的内容, 图中虚线所框的部分亦称为戴维南等效电路。

在电路计算中, 如果只需某一支路的电流, 应用戴维南定理可不必计算其他支路电流, 从而减少计算工作量。

【例 1-5】应用戴维南定理计算图 1-11 中的电流 I_3 。

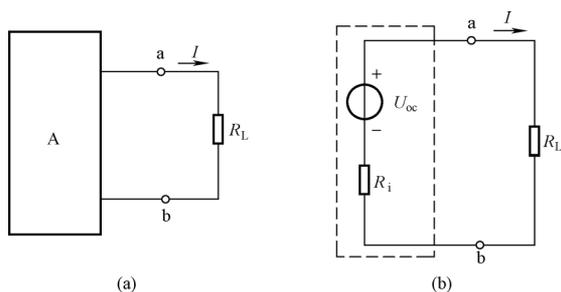


图 1-10 戴维南定理

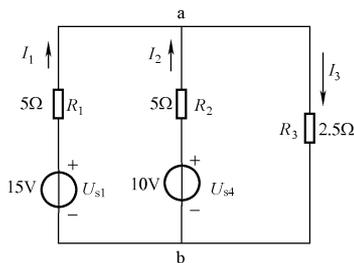


图 1-11 [例 1-5] 图

解：先将待求电流 I_3 的支路取下，电路其余部分为一有源二端网络，如图 1-12 (a) 所示。其两端电压即为开路电压，由电路公式求得

$$U_{oc} = \frac{\frac{15}{5} + \frac{10}{5}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}} = 12.5(\text{V})$$

再将此网络中的电源置零，如图 1-12 (b) 所示，从二端网络端口看进去的等效电阻为

$$R_i = \frac{5 \times 5}{5 + 5} = 2.5(\Omega)$$

以戴维南等效电路替代图 1-12 (a) 网络，可得图 1-12 (c) 所示等效电路，求得 I_3 为

$$I_3 = \frac{U_{oc}}{R_i + 2} = \frac{12.5}{2.5 + 2.5} = 2.5(\text{A})$$

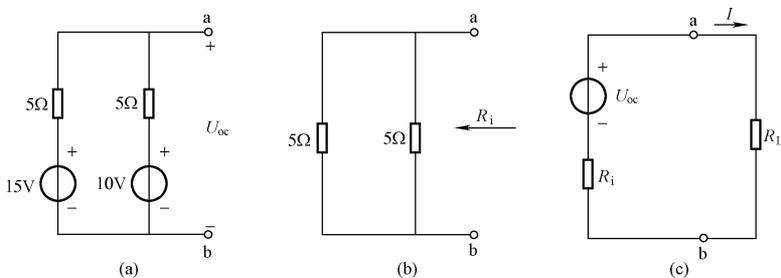


图 1-12 图 1-11 的戴维南等效电路

第二节 交流电路



培训目标

1. 能叙述电阻、电感、电容串联电路和并联电路中电压与电流的关系，并进行简单计算。
2. 能说明电流三角形、电压三角形、阻抗三角形、功率三角形的意义。

一、电阻、电感、电容串联电路

1. 电压与电流

电阻、电感和电容的串联电路（简称 RLC 串联电路）如图 1-13 所示。设在此电路中通过的正弦交流电流为

$$i = I_m \sin \omega t$$

则电阻电压、电感电压、电容电压都是和电流同频率的正弦量，即

$$u_R = Ri = \sqrt{2}IR \sin \omega t \quad (1-2)$$

$$u_L = \sqrt{2}I \cdot X_L \sin(\omega t + 90^\circ) \quad (1-3)$$

$$u_C = \sqrt{2}I \cdot X_C \sin(\omega t - 90^\circ) \quad (1-4)$$

电路总电压为

$$u = u_R + u_L + u_C$$

用相量表示

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$$

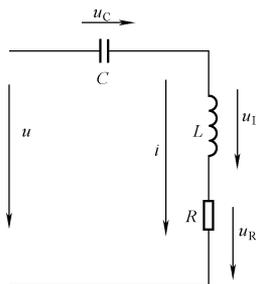


图 1-13 RLC 串联电路

做出电路中电流和各电压的相量图，如图 1-14 (a) 所示。假设 $X_L > X_C$ ，即 $U_L > U_C$ ，由相量图可以看出，电感上电压和电容上电压相位相反，根据相量图，求出总电压的有效值

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{(IR)^2 + (I \cdot X_L - I \cdot X_C)^2} = I \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (1-5)$$

端电压与电流的相位差，即电路的阻抗角 φ 为

$$\varphi = \arctan \frac{U_L - U_C}{U_R} = \arctan \frac{I(X_L - X_C)}{IR} = \arctan \frac{X_L - X_C}{R} \quad (1-6)$$

由式 (1-6) 看出，当 $X_L > X_C$ 时， $U_L > U_C$ ， $\varphi > 0$ ，总电压超前于电流，电路为感性电路，如图 1-14 (a) 所示；当 $X_L < X_C$ 时， $U_L < U_C$ ， $\varphi < 0$ ，总电压滞后于电流，电路为容性电路，如图 1-14 (b) 所示；当 $X_L = X_C$ 时， $U_L = U_C$ ， $\varphi = 0$ ，总电压和电流同相位，电路为电阻性电路，我们称电路发生谐振，如图 1-14 (c) 所示。

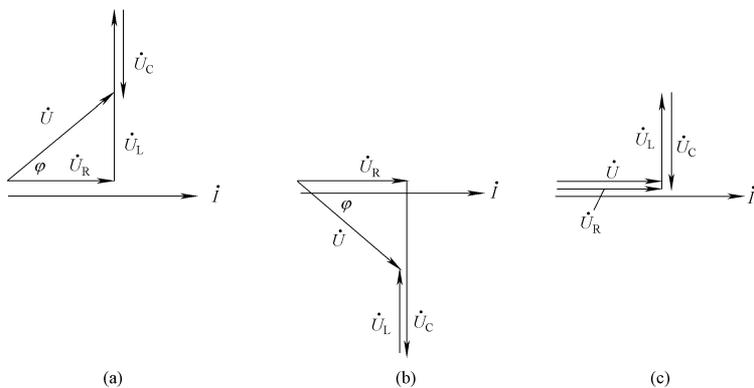


图 1-14 RLC 串联电路的几种形式

(a) 感性电路；(b) 容性电路；(c) 电阻性电路

2. 阻抗

电路中电压与电流有效值的比值 Z ，称为电路的阻抗，单位为 Ω 。

$$\frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + X^2} = Z \quad (1-7)$$

式中， $X = X_L - X_C$ 称为电路的电抗，单位也为 Ω 。阻抗 Z 、电阻 R 、电抗 X 组成阻抗三角形，如图 1-15 所示。

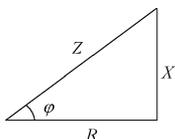


图 1-15 阻抗三角形 (a)，得

3. 功率

(1) 有功功率。

电路消耗的有功功率等于电阻消耗的有功功率，根据图 1-14

$$P = U_R I = UI \cos \varphi = I^2 R \quad (1-8)$$

(2) 无功功率。

整个电路消耗的无功功率等于电感和电容消耗的无功功率之差，即

$$Q = (U_L - U_C) I = UI \sin \varphi = I^2 (X_L - X_C) \quad (1-9)$$

(3) 视在功率。

电源输出的总电流与总电压有效值的乘积叫做电路的视在功率，用 S 表示，即

$$S = UI \quad (1-10)$$

三个功率之间的关系是

$$\begin{cases} S = \sqrt{P^2 + Q^2} \\ P = S \cos \varphi \\ Q = S \sin \varphi \end{cases} \quad (1-11)$$

4. 功率因数

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{R}{Z} \quad (1-12)$$

【例 1-6】 在一电阻、电感、电容串联电路中，已知 $R = 30 \Omega$ ， $L = 254 \text{mH}$ ， $C = 80 \mu\text{F}$ ，电路电流 $i = 4.4\sqrt{2} \sin 314t$ 。试求：(1) 总电压；(2) P ， Q ， S ， $\cos \varphi$ ；(3) 作电压相量图，并分析电路的性质。

解：

$$X_L = \omega L = 314 \times 254 \times 10^{-3} = 80(\Omega)$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \times 80 \times 10^{-6}} = 40(\Omega)$$

$$z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{30^2 + (80 - 40)^2} = 50(\Omega)$$

$$U = IZ = 4.4 \times 50 = 220(\text{V})$$

$$\varphi = \arctan \frac{(X_L - X_C)}{R} = \arctan \frac{(80 - 40)}{30} = 53.1^\circ$$

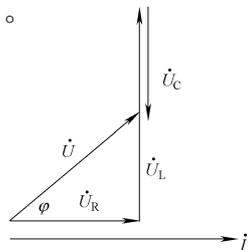
$$u = 220\sqrt{2} \sin(314t + 53.1^\circ)$$

$$S = UI = 220 \times 4.4 = 968(\text{VA})$$

$$P = S \cos \varphi = 968 \times \cos 53.1^\circ = 484(\text{W})$$

$$Q = S \sin \varphi = 968 \times \sin 53.1^\circ = 581.2(\text{var})$$

$$\cos \varphi = \cos 53.1^\circ = 0.6$$



电压相量图如图 1-16 所示， $X_L > X_C$ ， $U_L > U_C$ ， $\varphi > 0$ ，电路呈感性。图 1-16 电压相量图

二、电阻、电感、电容并联电路

用与串联电路类似的方法，来分析如图 1-17 所示的电阻、电感和电容的并联电路（简称 RLC 并联电路）。设在此电路中加入的正弦交流电压为

$$u = U_m \sin \omega t$$

则电阻、电感、电容流过的电流都是和电压同频率的正弦量，且电阻电流与电压同相位、电感电流滞后于电压 90° 、电容电流超前于电压 90° ，即

$$i_R = \frac{u}{R} = \frac{\sqrt{2} U \sin \omega t}{R} \quad (1-13)$$

$$i_L = \frac{u}{X_L} = \frac{\sqrt{2} U \sin(\omega t - 90^\circ)}{X_L} \quad (1-14)$$

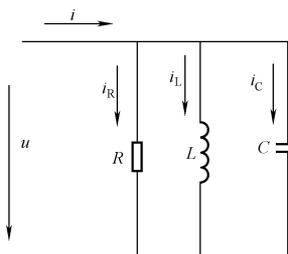


图 1-17 RLC 并联电路

$$i_C = \frac{\sqrt{2}U\sin(\omega t + 90^\circ)}{X_C} \quad (1-15)$$

电路总电流为

$$i = i_R + i_L + i_C$$

用相量表示

$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_L + \dot{I}_C$$

作出电路中电压和各电流的相量图,如图 1-18 (a) 所示。假设 $I_L > I_C$, 由相量图可以看出,电感上流过的电流和电容上流过的电流相位相反,根据相量图,求出总电流的有效值

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} \quad (1-16)$$

电压与总电流的相位差,即电路的阻抗角 φ 为

$$\varphi = \arctan \frac{I_L - I_C}{I_R} = \arctan \frac{U/(X_L - X_C)}{U/R} = \arctan \frac{R}{(X_L - X_C)} \quad (1-17)$$

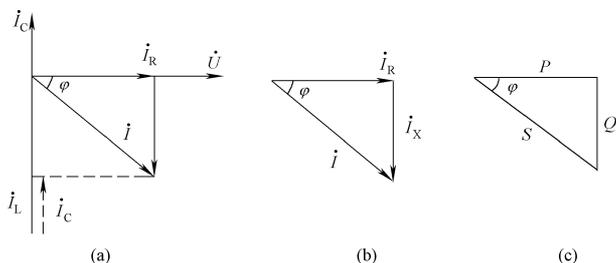


图 1-18 RLC 并联电路相量图

(a) 电流相量图; (b) 电流三角形; (c) 功率三角形

图 1-18 (b) 表示了 I_R 、 I_L 、 I_C 和 I 之间数量关系的电流三角形。将此三角形的各边乘以电压有效值即得如图 1-18 (c) 所示的功率三角形。

第三节 三相不对称电路



培训目标

能够说明不对称三相电路概念。

一、不对称三相电路

不对称三相电路是指三相电源电压不对称、或三相负载不对称的电路。通常,三相电源是对称的,而三相负载常常是不对称的,造成不对称的主要原因有两方面,一是在线路上或负载某部分发生故障,例如短路或断路;二是有些负载很难安排对称。

不对称三相电路实际上是个复杂的交流电路,其分析计算方法是利用各种电路定律以及交流电路的知识来进行计算。

1. 三相四线制电路 (中性线阻抗 $Z_N = 0$)

如图 1-19 所示,电路中三相负载不对称, $Z_U \neq Z_V \neq Z_W$ 。由于电路中有中性线,且中性线阻抗为零,因此电源向负载提供的三个相电压是对称的。即

$$U_U = U_V = U_W = U_P$$

流过负载的电流

$$I_U = \frac{U_U}{Z_U} = \frac{U_P}{Z_U}$$

$$I_V = \frac{U_V}{Z_V} = \frac{U_P}{Z_V}$$

$$I_W = \frac{U_W}{Z_W} = \frac{U_P}{Z_W}$$

中性线电流

$$\dot{I}_N = \dot{I}_U + \dot{I}_V + \dot{I}_W$$

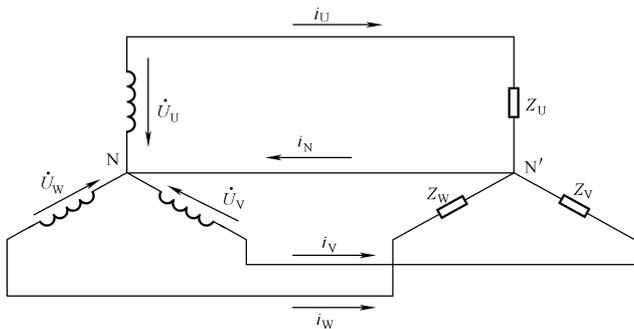


图 1-19 三相四线制电路

【例 1-7】有一三相四线制接法的电阻性负载，已知 $R_U = 20\Omega$ ， $R_V = R_W = 10\Omega$ ，电源电压对称，相电压为 220V。求各相电流和中性线电流。

解：各相电流的有效值

$$I_U = \frac{U_U}{R_U} = \frac{220}{20} = 11(\text{A})$$

$$I_V = \frac{U_V}{R_V} = \frac{220}{10} = 22(\text{A})$$

$$I_W = \frac{U_W}{R_W} = \frac{220}{10} = 22(\text{A})$$

以 \dot{U}_U 为参考相量，作相量图 1-20，各相电流与电源各个相电压同相，将各电流相量相加，得中性线电流

$$\begin{aligned} \dot{I}_N &= \dot{I}_U + \dot{I}_V + \dot{I}_W \\ &= 11 \angle 0^\circ + 22 \angle -120^\circ + 22 \angle 120^\circ \\ &= 11 \angle 180^\circ = -11\text{A} \end{aligned}$$

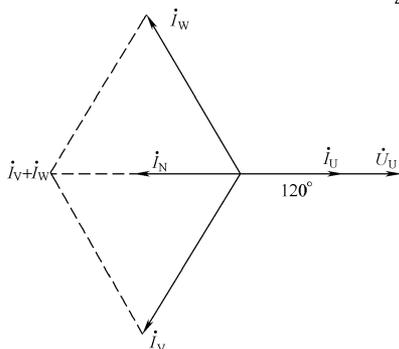


图 1-20 [例 1-7] 图

2. 不对称 Y—Y 电路 ($Z_N \neq 0$)

图 1-21 所示为不对称 Y—Y 电路，三相负载阻抗 $Z_U \neq Z_V \neq Z_W$ 。且电路中中性线阻抗 $Z_N \neq 0$ ，因而负载中性点 N' 与电源中性点 N 的电位不相等，中性点电压 $U_{N'N} \neq 0$ 。这样，每相负载的相电压不再等于电源相电压。根据电路的节点电压法得

$$\dot{U}_{N'N} = \frac{\frac{\dot{U}_U}{Z_U} + \frac{\dot{U}_V}{Z_V} + \frac{\dot{U}_W}{Z_W}}{\frac{1}{Z_U} + \frac{1}{Z_V} + \frac{1}{Z_W} + \frac{1}{Z_N}} \quad (1-18)$$