



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

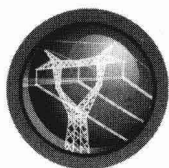
农网配电营业工 (中级)

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

(中级)

宋美清 主 编

刘素萍 副主编

林 赟 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练习题与答案。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中级工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、室内配线、抄表收费等内容。

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:中级/宋美清主编. —北京:中国电力出版社, 2010.3

农网配电营业工职业技能鉴定培训教材

ISBN 978 - 7 - 5123 - 0116 - 0

I. ①农… II. ①宋… III. ①农村配电 - 技术培训 - 教材
IV. ①TM727.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 025407 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 3 月第一版 2010 年 6 月北京第三次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.5 印张 348 千字

印数 6001—9000 册 定价 30.00 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。并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。另外，由于MU7模块内容比较多，教材中分成第七单元（对应LE47）和第八单元（对应LE48）两个单元，MU8模块顺延为第九单元。

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练习题与答案，便于学习者对所学内容的自检和巩固。

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（中级）》，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，林赞高级技师参与第二、四、五、六单元编写，林宇高级讲师参与第七、八单元编写，福建电力有限公司营销部陈岚高级工程师参与第九单元编写。

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,诚恳地欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一单元 电工基础与电子技术	1
第一节 电与磁	1
第二节 交流电路	3
单元测试题与答案	12
第二单元 识图与绘图	18
第一节 识读电气图	18
第二节 识绘零件图和装配图	27
单元测试题与答案	34
第三单元 电气量的测量	39
第一节 测量绝缘电阻	39
第二节 测量接地电阻	43
单元测试题与答案	45
第四单元 农村配电网运行与维护	55
第一节 巡视配电变压器及附属设备	55
第二节 巡视检查高压配电设备	68
单元测试题与答案	78
第五单元 配电设备的安装	87
第一节 安装柱上断路器	87
第二节 安装隔离开关	97
第三节 安装电容器	99
单元测试题与答案	101
第六单元 配电线路施工	113
第一节 杆塔施工	113
第二节 导线架设	120
单元测试题与答案	126
第七单元 装表接电	143
第一节 电流互感器	143

目 录

第二节 三相四线制电路电能计量装置	146
第三节 触电防护	149
第四节 电动机的安装及接线	156
单元测试题与答案	163
第八单元 室内配线	169
第一节 配线	169
第二节 槽板配线	170
第三节 瓷夹与绝缘子配线	173
第四节 导管配线	177
第五节 配电箱的安装	182
单元测试题与答案	185
第九单元 抄表收费	190
第一节 抄表	190
第二节 核算电费	193
第三节 回收电费	201
单元测试题与答案	203
附录 A 农网配电营业工（中级）职业技能鉴定标准概况	207
附录 B 农网配电营业工（中级）职业技能鉴定考试模拟试卷	213
参考文献	239

第一单元 电工基础与电子技术

第一节 电 与 磁



培训目标

1. 能够叙述磁阻概念。
2. 能够判断自感、互感、涡流现象。
3. 能够理解磁路欧姆定律的意义。

一、自感、互感和涡流

1. 自感

由于流过线圈本身电流的变化而引起线圈中产生电磁感应的现象，叫做自感现象。由自感现象而产生的感应电动势叫做自感电动势。

自感电动势的方向根据楞次定律确定：自感电动势 e_L 的方向企图使它的感应电流 i_L 产生的磁通阻止原磁通 Φ_L 的变化（增大或减小）， Φ_L 由流过线圈的电流产生，因此，自感电动势 e_L 的方向总是和原电流变化的趋势（增大或减小）相反。如图 1-1 所示。

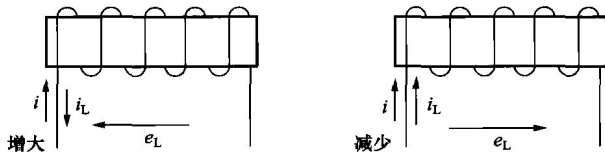


图 1-1 自感电动势

自感电动势的大小为

$$e_L = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (1-1)$$

式中 e_L ——自感电动势，V；

Δi ——线圈中电流的变化量，A；

Δt ——时间变化量，s；

L ——线圈的自感系数，H。

公式中的负号是由自感电动势的方向具有反抗线圈中电流变化的规律决定的。

线圈的自感系数 L （简称自感量或电感量）决定于线圈本身结构（如匝数、几何形状、尺寸）和周围介质的导磁系数。自感的单位是亨，用符号 H 表示。常用的还有毫亨（mH）、微亨（ μH ），它们与 H 的关系是

$$1\text{mH} = 10^{-3}\text{H}, 1\mu\text{H} = 10^{-6}\text{H}$$

自感反映了线圈产生自感电动势的能力。

电感线圈是一个储能元件，利用线圈可以将电能转化为磁能。磁场能量与通过线圈

的电流的平方成正比，与线圈的电感量成正比。即

$$W_L = \frac{1}{2}LI^2 \quad (1-2)$$

式中 W_L ——磁场能量，J；
 L ——线圈的自感系数，H；
 I ——线圈的电流，A。

2. 互感

两个线圈靠得很近，一个线圈通过的电流发生变化，而在另一个线圈中产生感应电动势的现象叫做互感现象，简称互感。互感是变压器、互感器等重要电气设备工作的基本原理。

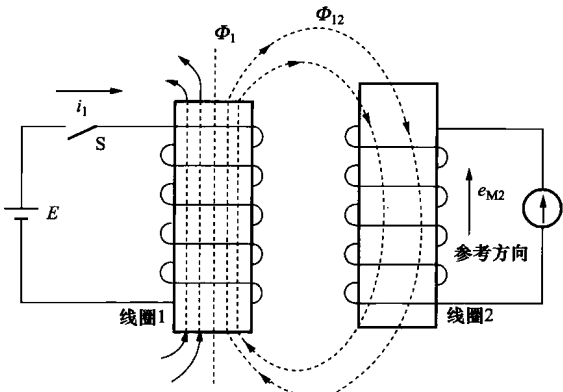


图 1-2 互感实验

如图 1-2 所示，当线圈 1 通过变化的电流时，在线圈 2 中产生了变化的互感磁通，这样两个线圈之间有了磁的联系，这种联系称为磁耦合或互感耦合。为了定量表示这种互感耦合，引用互感系数，用字母 M 表示。互感系数 M 与两个线圈的匝数、几何形状、尺寸、相对位置以及周围介质等因素有关。其大小反映了一个线圈电流变化时，对另一个线圈产生互感电动势的能力。

由互感现象产生的感应电动势叫互感电动势，用 e_M 表示。假定当线圈 1 中的电流 i_1 变化时，在线圈 2 中产生互感电动势 e_{M2} ，即

$$e_{M2} = -M \frac{\Delta i_1}{\Delta t} \quad (1-3)$$

同样，当线圈 2 中的电流变化时，在线圈 1 中产生互感电动势 e_{M1}

$$e_{M1} = -M \frac{\Delta i_2}{\Delta t} \quad (1-4)$$

式 (1-3) 和式 (1-4) 说明，线圈中的互感电动势与互感系数和另一个线圈中电流的变化率的乘积成正比。互感电动势的方向符合楞次定律，式中负号即为楞次定律的反映。

3. 涡流

当金属块处在变化的磁场中或相对于磁场运动时，金属块内部产生的磁感应电流，称为涡电流，简称涡流。

如图 1-3 所示，当绕在实心铁心柱上的线圈中通过变化的电流时，在铁心柱内部就会产生感应电动势，于是在垂直于磁通 Φ 的铁心柱断面内部，产生自成闭合回路的涡流。涡流所消耗的电功率，称为涡流损耗。

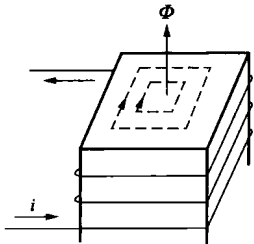


图 1-3 涡流

涡流会使变压器、电动机等电气设备的铁心发热，还会造成电能损耗。因此交流电器的铁心不用整块材料制作，而用涂

有绝缘漆的硅钢片叠成,以增大涡流回路的电阻,减少涡流及涡流损失。涡流损失和磁滞损失,统称为铁损。

二、磁路的欧姆定律

磁路是指由铁磁材料构成的、让磁感应线集中通过的通道。如图 1-4 所示,一段截面为 S , 长度为 l , 磁导率为 μ 的磁路, 设其磁通为 Φ , 则该段磁路的磁压为

$$U_m = Hl = \frac{B}{\mu}l = \frac{l}{\mu S}\Phi \quad (1-5)$$

令式 (1-5) 中 $R_m = \frac{l}{\mu S}$, 称为该段磁路的磁阻。它的单位是 H^{-1} (每亨)。这样式 (1-5) 可写为

$$U_m = R_m \Phi \quad (1-6)$$

式 (1-6) 与电路的欧姆定律相似, 故称为磁路的欧姆定律。

磁路的欧姆定律是表示磁压、磁通和磁阻三者关系的基本定律。由于铁磁物质的磁导率不是常数, 所以磁路的磁阻是非线性的。因此, 磁路的欧姆定律一般不能用来进行计算, 只能用来对磁路进行定性分析。

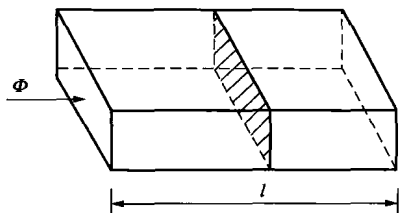


图 1-4 磁路段

第二节 交 流 电 路



培训目标

1. 能够叙述纯电感电路和纯电容电路中电压与电流的关系。
2. 能够说明有功功率、无功功率、视在功率和功率因数的概念, 并会计算。
3. 能够将三相负载连接成星形和三角形。
4. 说明线电压、相电压、线电流、相电流的概念, 并会计算。
5. 能计算三相电路的功率和线电流。

一、纯电感电路

1. 电感

在交流电路中, 如果只用线圈做负载, 忽略线圈的电阻和电容, 组成的电路称为纯电感电路。实际应用中的荧光灯镇流器线圈、接触器的线圈、继电器的线圈、电动机的绕组, 若忽略它们的导线电阻, 都可看成是电感元件。电路如图 1-5 (a) 所示。

2. 电压与电流

电感线圈两端加上交流电压 u , 线圈中将产生交流电流 i , 由于这一电流时刻都在变化, 因而线圈内将产生感应电压, 其大小为

$$u = L \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (1-7)$$

式中 Δi ——电流变化量, A;

Δt ——时间变化量, s。

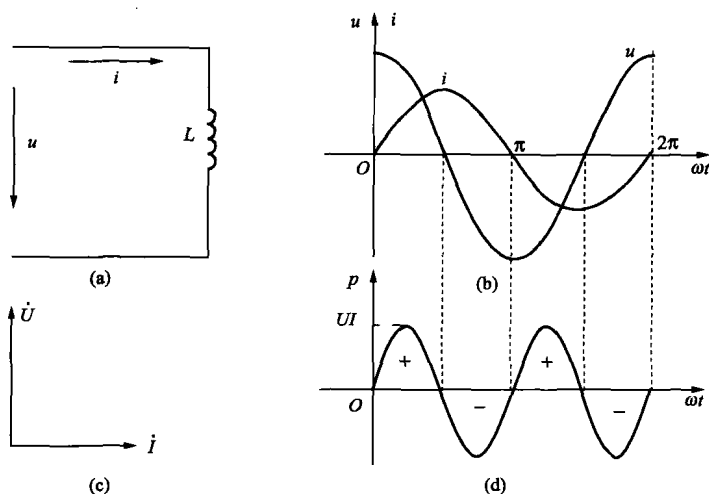


图 1-5 正弦电路中的电感元件

(a) 电感元件; (b) 电压和电流的正弦波形; (c) 相量图; (d) 功率波形

设通过线圈的电流为

$$i = I_m \sin \omega t \quad (1-8)$$

则电压的瞬时值表达式为

$$u = U_m \sin(\omega t + 90^\circ) = \omega L I_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (1-9)$$

纯电感电路中, 电压与电流的有效值或最大值之比叫做电感电抗, 简称感抗, 用 X_L 表示, 即

$$\frac{U}{I} = \frac{U_m}{I_m} = X_L \quad (1-10)$$

感抗 X_L 与电阻 R 相似, 在交流电路中都起阻碍电流通过的作用。 X_L 的大小与电感 L 和频率 f 的乘积成正比, 即

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \quad (1-11)$$

式中 L ——线圈的电感, H;

f ——电源电压的频率, Hz;

ω ——电源电压的角频率, rad/s;

X_L ——感抗, Ω 。

u 和 i 的波形如图 1-5 (b) 所示。

电流和电压写成相量的形式, 为

$$\dot{I} = I \angle 0^\circ, \quad \dot{U} = U \angle 90^\circ$$

所以

$$\dot{U} = j\omega L \dot{I} \quad (1-12)$$

式 (1-12) 是电感元件电压、电流关系的相量形式, 它既表明了电压与电流的大小关系, 又表明了它们相位的关系。相量图如图 1-5 (c) 所示。

3. 功率

(1) 瞬时功率 p 。

瞬时功率 $p = ui$ ，从图 1-5 (d) 功率波形图看出：瞬时功率以电压或电流频率的二倍关系按正弦规律变化。在 $0 \sim \pi/2$ 段，瞬时功率 $p > 0$ ，是正值，表示电感元件从电源吸取能量转换为磁场能，在 $\pi/2 \sim \pi$ 段， $p < 0$ ，是负值，表示电感元件将磁场能转化为电能而送还电源；下半个周期，重复以上过程。

(2) 有功功率。

波形图 1-5 (d) 功率波形图中，曲线的正、负半周完全对称。从而得知电感元件从电源中吸收的平均功率为零，即电感不消耗电能，只有线圈与电源之间的能量相互转换，故电感线圈是一种储能元件。

(3) 无功功率。

为了反映电感元件与电源之间能量交换的情况，将瞬时功率的最大值称之为无功功率，用字母 Q_L 表示

$$Q_L = UI = I^2 X_L = \frac{U^2}{X_L} \quad (1-13)$$

无功功率的单位是 var (乏) 或 kvar (千乏)。

无功功率表示向电感性负载所提供的磁场能量的大小，它是具有电感的设备正常工作的必要条件。“无功”的含义是“交换而不消耗”，是相对“有功”而言，不能理解为“无用”。

【例 1-1】一电感元件 $L = 100\text{mH}$ ，外加电压 $u = 220\sqrt{2}\sin(314t + 30^\circ)\text{V}$ ，求电流 i 及消耗的无功功率，并画出电压、电流的相量图。

解：感抗为

$$X_L = \omega L = 314 \times 100 \times 10^{-3} = 31.4 (\Omega)$$

电流有效值

$$I = \frac{U}{X_L} = \frac{220}{31.4} = 7 (\text{A})$$

电流的瞬时值表达式是

$$i = \sqrt{2}I\sin(314t + 30^\circ - 90^\circ) = 7\sqrt{2}\sin(314t - 60^\circ) \text{ A}$$

无功功率是

$$Q_L = UI = 220 \times 7 = 1540 (\text{var}) = 1.54 (\text{kvar})$$

电压、电流的相量图如图 1-6 所示。

二、纯电容电路

1. 电容

电容器是一种储存电荷的容器。电容器是由两块金属导体（又称极板），中间隔着不导电的绝缘介质组成。衡量电容器储存电荷能力的物理量，称为电容器的电容量（简称电容），用符号 C 表示。 C 值越大，表明电容器所储存的电量愈多。用公式表示为

$$C = \frac{Q}{U} \quad (1-14)$$

式中 Q ——极板上的带电量，C；

U ——两个极板之间的电压，V；

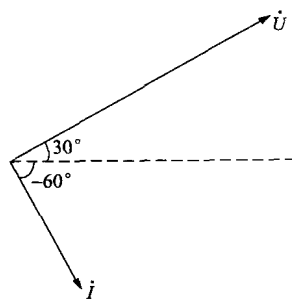


图 1-6 电压、电流的相量图

C ——电容, F。

一般用微法 (μF) 或皮法 (pF) 做电容的单位。

$$1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}, 1\text{pF} = 10^{-12}\mu\text{F} = 10^{-12}\text{F}$$

电容器制造好以后, 电容是一个定值, 不因极板上积累电荷的多少而改变。电容量的大小决定于电容器的介质种类与几何尺寸。介质的介电常数越大, 极板相对面积越大, 极板间的距离越小, 则电容量就越大。

电容接在直流电路中, 电荷会跑到电容器上储存起来, 其两个极板总是带有电量相等的正、负电荷。这个过程所需要的时间, 称为充电过程。把存有电荷的电容器两端接在电路中, 电荷就会释放掉, 这个过程所需要的时间, 称为放电过程。充、放电完成后, 连接电容的电路就不再有电流流动, 这称为电容器的隔直流电作用。

当电容器接在交流电路中时, 电容器将随交流电流的方向和大小的改变而不断地进行充电、放电, 电路中就会出现连续的交流电流, 这称为电容器的通交流电作用。

电容器的充电过程, 就是把电源输出的能量 (电能) 储存起来的过程, 在放电过程中, 则是把这部分能量再释放出来。所以电容器是一种储能元件。

2. 电压与电流

在交流电路中, 如果只用电容器做负载, 忽略电路中的电阻和电容, 组成的电路称为纯电容电路, 如图 1-7 (a) 所示。由于电容器周期性地充电和放电, 电容器两极上建立的电压极性与电源电压极性总是相同的, 由于电荷的积累和释放需要一定的时间, 电容器两端的电压变化总是滞后于电流的变化。

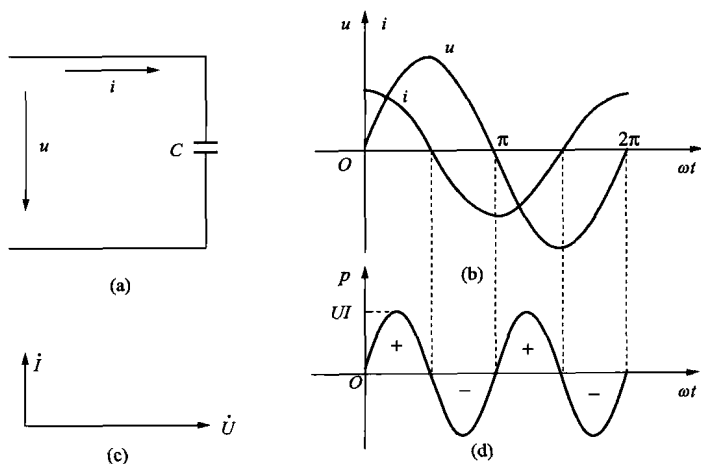


图 1-7 正弦电路中的电容元件

(a) 电容元件; (b) 电压和电流的正弦波形; (c) 相量图; (d) 功率波形

电压与电流的关系为

$$i = C \frac{\Delta u}{\Delta t} \quad (1-15)$$

加在电容元件两端的正弦电压为

$$u = U_m \sin \omega t \quad (1-16)$$

则电容电流的瞬时值表示为

$$i = I_m \sin(\omega t + 90^\circ) = \omega C U_m \sin(\omega t + 90^\circ) \quad (1-17)$$

电压与电流最大值之间的关系为

纯电容电路中，电压与电流的有效值或最大值之比叫做电容容抗（简称容抗），用符号 X_C 表示，即

$$\frac{U_m}{I_m} = \frac{U}{I} = X_C \quad (1-18)$$

容抗 X_C 与电阻 R 相似，在交流电路中都起阻碍电流通过的作用。 X_C 的大小与电容和频率 f 的乘积成反比，即

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (1-19)$$

式中 X_C ——容抗， Ω ；

C ——电容元件的电容，F；

f ——电源交流电压的频率，Hz；

ω ——电源交流电压的角频率，rad/s。

则电容电流的瞬时值表示为

$$i = I_m \sin(\omega t + 90^\circ) = \frac{U_m}{X_C} \sin(\omega t + 90^\circ) \quad (1-20)$$

u 和 i 的波形如图 1-7 (b) 所示。

电流和电压写成相量的形式，为

$$\dot{U} = U \angle 0^\circ, \quad \dot{i} = I \angle 90^\circ$$

即

$$\dot{i} = j\omega C \dot{U} \quad (1-21)$$

式 (1-21) 是电容元件电压、电流关系的相量形式，它既表明了电压与电流的大小关系，又表明了它们相位的关系，相量图如图 1-7 (c) 所示。电容元件中的电压与电流的频率相同，电流的相位超前于电压 90° 。

3. 功率

(1) 瞬时功率。

从图 1-7 (d) 功率波形图看出：瞬时功率 $p = ui$ 以电压或电流频率的二倍关系按正弦规律变化。在 $0 \sim \pi/2$ 段，瞬时功率 $p > 0$ ，是正值，电容充电，从电源吸取能量并储存在电容元件的电场中；在 $\pi/2 \sim \pi$ 段， $p < 0$ ，是负值，电容放电，把储存在电场中的能量又送还给电源。下半个周期，重复以上过程。

(2) 有功功率（平均功率）。

在功率曲线可以看出，瞬时功率在一个周期内的平均值等于零，电容进行着可逆的能量转换而不消耗功率，所以平均功率等于零。

(3) 无功功率。

为了衡量电源与电容电路间能量交换的情况，将瞬时功率的最大值称之为无功功率，用字母 Q_C 表示。

$$Q_c = UI = I^2 X_c = \frac{U^2}{X_c} \quad (1-22)$$

无功功率的单位是 var (乏) 或 kvar (千乏)。

【例 1-2】一电容元件 $C = 100 \mu\text{F}$ ，外加于 $u = 220 \sqrt{2} \sin(314t + 30^\circ) \text{ V}$ 的电源上，求电流 i 及消耗的无功功率，并画出电压、电流的相量图。

解：容抗为

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \times 100 \times 10^{-6}} = 31.8 \ (\Omega)$$

电流有效值

$$I = \frac{U}{X_c} = \frac{220}{31.8} = 6.9 \ (\text{A})$$

电流的瞬时值表达式是

$$\begin{aligned} i &= \sqrt{2} I \sin(314t + 30^\circ + 90^\circ) \\ &= 6.9 \sqrt{2} \sin(314t + 120^\circ) \ (\text{A}) \end{aligned}$$

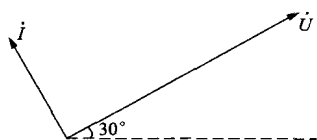


图 1-8 电压、电流的相量图

无功功率

$$Q_L = UI = 220 \times 6.9 = 1518 \ (\text{var})$$

电压、电流的相量图如图 1-8 所示。

三、三相交流电的表示

三相交流电的瞬时值表达式为

$$e_U = E_m \sin \omega t \quad (1-23)$$

$$e_V = E_m \sin(\omega t - 120^\circ) \quad (1-24)$$

$$e_W = E_m \sin(\omega t - 240^\circ) = E_m \sin(\omega t + 120^\circ) \quad (1-25)$$

由于发电机的三相绕组结构相同，所以在三相绕组中感应电动势的最大值相等；三相绕组以同一角速度在磁场中等速旋转，所以产生的三个感应电动势角频率相同；三个绕组在空间上互差 120° 。这样，三个最大值相等、角频率相同，相位互差 120° 的三个正弦交流电动势，称为三相对称电动势。其波形图和相量图如图 1-9 所示。

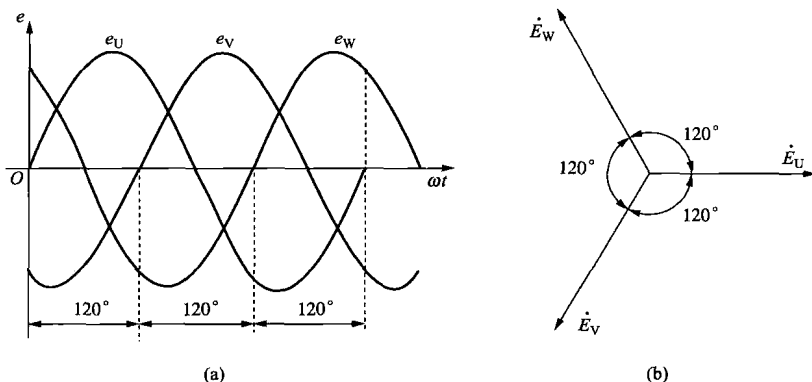


图 1-9 对称三相电动势的相量图和波形图

(a) 相量图；(b) 波形图

三相电动势或电流出现最大值的次序称为相序，习惯上用 U—V—W 表示。在确定相序时，可以先把任何一相定为 U 相，另外两相中比 U 相落后 120° 的就是 V 相，比 U 相超前 120° 的就是 W 相，这种相序排列叫做正序。在电源母线上通常用黄、绿、红三种颜色分别表示 U、V、W 三相。

四、三相电源连接

三相电源的三个绕组并不是分别单独向外送电的，而是按一定的方式连接后再向负载供电。三相电源绕组通常有两种连接方法。

1. 星 (Y) 形连接

把三相电源绕组的末端 U₂、V₂、W₂ 连接到一起，成为一个公共点，记做 N，从首端 U、V、W 引出连接负载的导线，这样的连接称为星形连接。如图 1-10 所示。N 点称为中性点。从每相绕组的首端引出的导线称为相线，俗称“火线”。从中点也可以引出导线，称为中性线，又称“零线”。

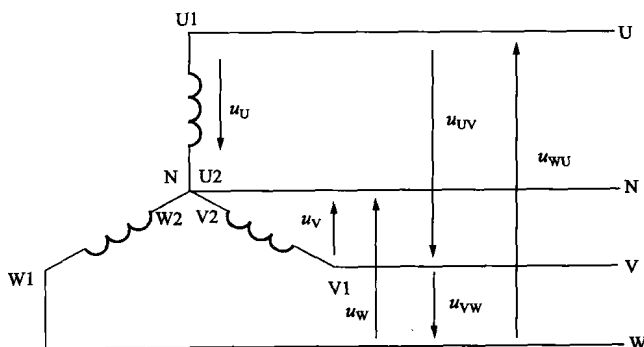


图 1-10 三相电源绕组的星形连接

在星形连接的电源中，每相绕组首末两端之间的电压，称为相电压，如 u_U 、 u_V 、 u_W 。三个相电压也是对称的，且三个相电压的有效值大小相等。两相线之间的电压或两绕组首端与首端之间的电压，叫做线电压，如 u_{UV} 、 u_{VW} 、 u_{WU} 。

由图可知，各线电压与相电压之间的关系为

$$\begin{aligned} u_{UV} &= u_U - u_V \\ u_{VW} &= u_V - u_W \\ u_{WU} &= u_W - u_U \end{aligned} \quad (1-26)$$

图 1-11 画出了相电压和线电压的相量图。由于三相电压是对称的，相电压和线电压构成了一个底角为 30° 的等腰三角形。分析可知：线电压的大小是相电压的 $\sqrt{3}$ 倍，即 $u_{UV} = \sqrt{3}u_U$ ， $u_{VW} = \sqrt{3}u_V$ ， $u_{WU} = \sqrt{3}u_W$ ；线电压超前于所对应的相电压 30° ，即 $\dot{U}_{UV}$ 超前 $\dot{U}_U 30^\circ$ ， $\dot{U}_{VW}$ 超前 $\dot{U}_V 30^\circ$ ， $\dot{U}_{WU}$ 超前 $\dot{U}_W 30^\circ$ ，三个线电压之间的相位差也都是 120° ，因此三个线电压也是对称的。

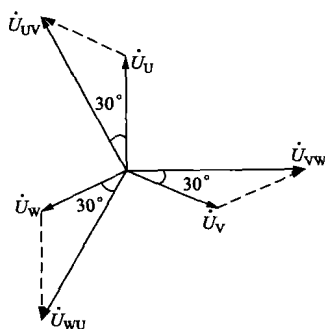


图 1-11 相电压与线电压的相量图

由三根相线和一根中性线构成的供电方式,称为三相四线制,低压配电线路通常采用这种形式。相电压 U_p 是 220V,线电压 U_L 是 380V。住宅用电的两根导线,一根是相线,另一根是中性线,电压是 220V。没有中性线的三相供电方式,称为三相三线制。动力用电都是三相三线制。

【例 1-3】对于星形连接的对称三相电源,已知 U 相电压的瞬时值表达式是 $u_U = 220\sqrt{2}\sin(\omega t - 30^\circ)\text{V}$,写出各线电压的瞬时值表示式。

解: $U_L = \sqrt{3}U_p = \sqrt{3} \times 220 = 380 (\text{V})$

由于线电压超前于所对应的相电压 30° ,因此

$$u_{UV} = 380\sqrt{2}\sin(\omega t - 30^\circ + 30^\circ) = 380\sqrt{2}\sin(\omega t) (\text{V})$$

$$u_{VW} = 380\sqrt{2}\sin(\omega t - 120^\circ) (\text{V})$$

$$u_{WU} = 380\sqrt{2}\sin(\omega t + 120^\circ) (\text{V})$$

2. 三角形 (Δ) 连接

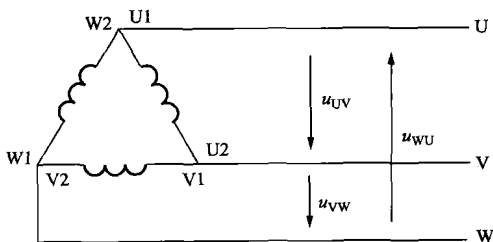


图 1-12 三相电源绕组的三角形连接

将一相绕组的末端与另一相绕组的始端依次相连(即 U2 接 V1、V2 接 W1、W2 接 U1),组成一个封闭的三角形,再从三个连接点引出三根导线,称为三角形连接,又称为 Δ 连接。如图 1-12 所示。

三角形连接时,线电压等于相电压。电源只提供—种电压。

五、三相负载连接

三相负载的连接也有星形连接和三角形连接两种。

1. 星 (Y) 形连接

三相负载的星形接法如图 1-13 所示,将三组负载的一端分别接到三相电源的相线上,另一端都接到中性线上,形成负载中性点 N' 。

负载的电压也有相电压和线电压。每相负载两端的电压为相电压;各相始端之间或端线之间的电压为线电压;三相电气设备的额定电压,一般均指线电压。

三相四线制供电时,星形负载有四根导线与电源相连,如图 1-13 所示。各相负载直接接到电源的相电压上,负载电压等于电源的相电压。只要电源是对称的,负载的相电压总是对称的。

三相负载对称时,三相相电压必然也对称。线电压 U_L 与相电压 U_p 之间也存在 $\sqrt{3}$ 倍的关系,即 $U_L = \sqrt{3}U_p$ 。

在三相负载中,通过每相负载的电流称为相电流,通过相线中的电流称为线电流,线电流等于相电流。通过中性线的电流称为中性线电流。中性线电流等于各相负载电流之和。三相负载对称平衡,则中性线电流为零。

照明电路的负载,一般总是不平衡的,必须采用三相四线制供电,并在安装时力求

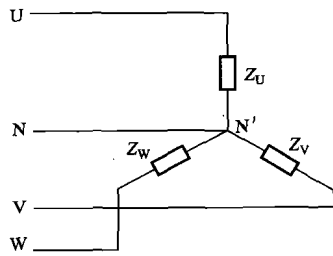


图 1-13 三相四线制星形负载的连接