

普通高等院校“十二五”应用型规划教材

PUTONG GAODENG YUANXIAO “SHIERWU” YINGYONGXING GUIHUA JIAOCAI

建筑电气施工 与工程识图实例 (第二版)

JIANZHU DIANQI SHIGONG
YU GONGCHENG SHITU SHILI

主编 黄晓燕 赵 磊



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等院校“十二五”应用型规划教材



建筑电气施工 与工程识图实例

(第二版)

主 审	黄晓燕	
主 编	黄晓燕	赵 磊
副主编	赵巍巍	陈平平
参 编	杨顺田	徐毅安

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书作为普通高等院校及高职高专院校土木建筑工程类专业教学用书,主要介绍了建筑电气工程施工技术及工程实例图,具有较强的实用性。全书共分8个项目,内容包括建筑电气工程识图基本知识,室内外配线工程,变配电工程,灯具及开关、插座的安装,照明、动力工程图实例与工程量的计算,建筑防雷接地工程,低压配电系统的接地及安全防护,智能建筑工程。每个项目均附有习题。

本书既可作为建筑专业、建筑电气工程专业、造价工程专业、建筑工程技术专业、工程管理专业、建筑工程监理专业、房屋设备安工程及其他相近专业教学用书,也可作为建筑安装工程技术管理人员的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气施工与工程识图实例/黄晓燕,赵磊主编. —2版. —武汉:华中科技大学出版社,2016.1
普通高等院校“十二五”应用型规划教材
ISBN 978-7-5680-1543-1

I. ①建… II. ①黄… ②赵… III. ①房屋建筑设备-电气设备-建筑安装-工程施工-建筑制图-识别-高等学校-教材 IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 308135 号

建筑电气施工与工程识图实例(第二版)

黄晓燕 赵 磊 主编

Jianzhu Dianqi Shigong Yu Gongcheng Shitu Shili

责任编辑:张秋霞

封面设计:李 嫒

责任校对:刘 竣

责任监印:张贵君

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.75

字 数:429千字

版 次:2016年1月第2版第1次印刷

定 价:42.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

第二版前言

作为建筑电气专业的一门主要实践性课程,本书自第一版面世以来,受到高校同行专家及众多读者的关爱。为保证教材反映新技术、新工艺,我们对本书进行了修订。本书体系新颖、内容丰富,以实际电气施工图为主线来设计学生的知识、能力、素质结构,加强学生的识图能力与操作技能,注重专业技术应用能力与综合实践能力的培养,使理论与实践更好地结合,培养学生分析问题和解决实际问题的能力。随着国家建筑电气工程技术规范、标准的不断更新,本书在第一版的基础上从建筑电气工程施工最新技术标准、最新规范的角度来编排,不同于其他同类教材,突出了建筑行业职业性、行业性的特点,体现了建筑行业的及时性、实用性和直观性的特点。

针对建筑电气工程专业性强的特点,本书修订时在项目2和项目4中增加了新内容。将以前的“项目2室内配线工程”改为“项目2室内外配线工程”,包括室内、室外两部分的内容,增加了“任务2.6绝缘导线的连接,任务2.7架空线路工程”,尤其增加了架空线路最新安装规范;在“项目4灯具及开关、插座的安装”里增加了“任务4.2.3装饰灯具吊顶安装,任务4.2.4灯具安装一般共同性规定”及“任务4.4配电箱安装”等内容。

修订后的第二版以实际建筑电气施工图为主,深入浅出,图文并茂,内容包括配线工程,变配电工程实例,灯具及开关、插座的安装,照明工程图实例与工程量的计算,动力工程图实例与工程量的计算,建筑防雷接地工程,低压配电系统的接地及安全防护,智能建筑工程,着重分析了变配电工程系统图实例及照明、动力工程平面图。

本书突出以下几方面特点。

1. 全书内容采用现行建筑电气工程技术标准、最新规范、标准图集,及时汲取了本专业的新技术、新工艺等先进成果,使教材更具有针对性、实用性。

2. 注重对学生工程实践能力的培养。本书以电气施工图为主线,在很多章节都加入了一些实际工程施工图,使整个教学过程真正成为看图学施工的过程,使教学更具针对性、实践性。

本书由黄晓燕、赵磊任主编,赵巍巍、陈平平任副主编,杨顺田、徐毅安参与编写,全书由黄晓燕担任主审工作,并负责全书的构思、编写组织和统稿工作。

本书既可作为普通高等院校建筑类专业和高职高专建筑电气工程、造价工程、建筑工程技术、工程管理、建筑工程监理、房屋设备安装工程专业及其他相近专业的教学用书,也可作为建筑安装工程技术管理人员的培训用书。不同专业在使用本书时,可根据自身特点对章节加以取舍。

由于时间紧迫,加之编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请广大读者和同行批评指正。

编者

2015年12月

前 言

本书体系新颖、内容丰富,遵从服务于“技能型人才”的培养目标,以实际建筑电气施工图为主线来设计学生知识、能力、素质培养结构,加强学生的识图能力与操作技能,注重专业技术应用能力与综合实践能力的培养,使理论与实践更好地相结合,培养学生分析问题和解决问题的能力。不同于其他同类教材,本书从建筑电气工程施工最新技术标准、最新规范的角度来编写,突出了建筑行业的职业性、行业性特点,体现了建筑行业的及时性、实用性和直观性特点。

本书以实际建筑电气施工图为主,深入浅出,图文并茂,介绍了室内外配线工程、变配电工程、灯具及开关插座的安装、照明工程图实例与工程量的计算、动力工程图实例与工程量的计算、建筑防雷接地工程、低压配电系统的接地与安全防护,以及智能建筑工程等系统的构成,着重分析了变配电工程系统图实例及照明、动力工程平面图。

本书主要突出以下几方面的特点。

1. 全书内容采用现行建筑电气工程技术标准、最新规范、标准图集,及时汲取了行业的新技术、新工艺等先进成果,使教材更具时效性、实用性。

2. 注重对学生工程实践能力的培养。全书以电气施工图为主线,在很多章节都加入了一些实际电气工程施工图,把整个教学过程真正变成看图学施工的过程,使教学更具针对性、实践性。

3. 语言表述力求通俗易懂、精练准确,并且图文并茂。

本书由黄晓燕、赵磊任主编,杨顺田任副主编,赵巍巍参与编写,全书由刘昌明担任主审工作,黄晓燕负责全书的构思、编写组织和统稿工作。

本书既可作为建筑专业、建筑电气工程专业、造价工程专业、建筑工程技术专业、工程管理专业、建筑工程监理专业、房屋设备安装工程专业及其他相近专业教学用书,也可作为建筑安装工程技术管理人员的培训用书。不同专业在使用时,可根据自身特点对全书内容加以取舍。

由于时间紧迫,加之编者水平有限,书中难免存在不足和不妥之处,恳请广大读者和同行批评指正,以便修订时改进。

编 者

2014 年 11 月

目 录

项目 1 建筑电气工程识图基本知识	(1)
任务 1.1 交流电的基本知识	(1)
任务 1.2 建筑电气识图的基本知识	(10)
任务 1.3 阅读建筑电气工程图的一般程序	(24)
习题 1	(25)
项目 2 室内外配线工程	(28)
任务 2.1 室内配线的施工要求	(28)
任务 2.2 建筑电气工程安装常用材料	(30)
任务 2.3 管子配线	(36)
任务 2.4 线槽配线	(43)
任务 2.5 电缆配线工程	(46)
任务 2.6 绝缘导线的连接	(59)
任务 2.7 架空线路工程	(63)
习题 2	(77)
项目 3 变配电工程	(79)
任务 3.1 建筑供电系统概述	(79)
任务 3.2 变配电系统的一次设备及主接线图实例	(83)
任务 3.3 变配电系统二次设备接线图	(100)
任务 3.4 电力变压器	(108)
任务 3.5 变配电所工程实例	(114)
习题 3	(129)
项目 4 灯具及开关、插座的安装	(131)
任务 4.1 常用电光源及电气照明基本线路	(131)
任务 4.2 灯具的安装	(135)
任务 4.3 开关、插座的安装	(137)
任务 4.4 配电箱安装	(139)
习题 4	(140)
项目 5 照明、动力工程图实例与工程量的计算	(141)
任务 5.1 照明灯具及配电线路的标注	(141)
任务 5.2 动力和照明系统图	(145)
任务 5.3 照明平面图实例及工程量的计算	(149)
任务 5.4 动力工程电气平面图	(166)
习题 5	(175)
项目 6 建筑防雷接地工程	(178)
任务 6.1 建筑物防雷等级划分及防雷措施	(178)

任务 6.2 防雷与接地装置安装	(186)
任务 6.3 建筑防雷接地工程图实例	(197)
任务 6.4 等电位联结安装	(200)
习题 6	(203)
项目 7 低压配电系统的接地及安全防护	(205)
任务 7.1 建筑物接地系统	(205)
任务 7.2 安全防护	(210)
习题 7	(217)
项目 8 智能建筑工程	(218)
任务 8.1 智能建筑工程概述	(218)
任务 8.2 火灾自动报警与消防联动工程实例	(221)
任务 8.3 电话通信系统	(238)
任务 8.4 共用天线电视系统及工程实例	(241)
任务 8.5 安全防范系统	(247)
任务 8.6 综合布线系统	(255)
习题 8	(260)
参考文献	(261)

项目 1 建筑电气工程识图基本知识

任务 1.1 交流电的基本知识

交流电简称“交流”，一般指大小和方向随时间作周期性变化的电压或电流。它的最基本的形式是正弦电流。我国交流电供电的标准频率规定为 50 Hz。交流电的形式随时间的变化可以是多种多样的。不同变化形式的交流电其应用范围和产生的效果也是不同的。正弦交流电应用最为广泛，其他非正弦交流电一般都可以经过数学处理后，转化为正弦交流电的迭加。

图 1-1 表示电流 i 随时间 t 的变化规律，由此可以看出：正弦交流电可以用频率、峰值和相位三个物理量来描述。交流电所要讨论的基本问题是电路中的电流、电压关系以及功率（或能量）的分配问题。由于交流电具有随时间变化的特点，因此产生了一系列区别于直流电路的特性。在交流电路中使用的元件有电阻、电容和电感。

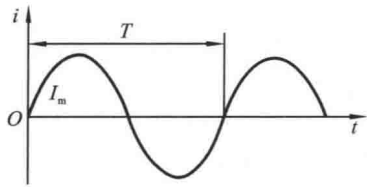


图 1-1 正弦交流电

1.1.1 交流电的表示及相关参数

正弦交流电流（又称简谐电流）是时间 t 的简谐函数，即

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_0) = I_m \sin(2\pi f t + \varphi_0), \quad \omega = 2\pi f \quad (1-1)$$

式中， ω 、 f 分别表示角频率和频率，是表示交流电随时间变化快慢的物理量。交流电每秒钟变化的次数叫频率，用符号 f 表示，它的单位为周/秒，也称赫兹，常用“Hz”表示，简称赫。较高的频率还可用 kHz 和 MHz 作为频率的单位。

交流电随时间变化的快慢还可以用周期这个物理量来描述。交流电变化一次所需要的时间叫周期，用符号 T 表示。周期的单位是秒。显然，周期和频率互为倒数，交流电随时间变化越快，其频率 f 越大，周期 T 越小；反之，频率 f 越小，周期 T 越大。 $\omega t + \varphi_0$ 称为相位，它表征函数在变化过程中某一时刻达到的状态， φ_0 称为 $t=0$ 时的初相位。 I_m 叫做电流的峰值，也叫幅值， i 为瞬时值。

1.1.2 交流电流的有效值及平均值

在交流电变化的一个周期内，交流电流在电阻 R 上产生的热量相当于一定数值的直流电流在该电阻上所产生的热量，此直流电流的数值就定义为该交流电流的有效值。例如，在相同的两个电阻内，分别通以交流电 $i(t)$ 和直流电 I ，通电时间相同，如果它们产生的总热量相等，则说明这两个电流是等效的。交流电的有效值通常用 U 或 I 来表示，则有

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad (1-2)$$

可见正弦交流电的有效值等于峰值的 0.707 倍。通常，交流电表都是按有效值来刻度的。一般不作特别说明时，交流电的大小均是指有效值。例如，市电 220 V 就是指其有效值

为 220 V, 它的峰值为

$$U_m = \sqrt{2}U = 1.414 \times 220 \text{ V} = 311.08 \text{ V}$$

交流电在半周期内, 通过电路中导体横截面的电量 Q 和一直流电在同样时间内通过该电路中导体横截面的电量相等时, 这个直流电的数值就称为该交流电在半周期内的平均值。

1.1.3 交流电路中的电阻、电感与电容

1. 交流电路中的电阻

纯电阻电路是最简单的一种交流电路。白炽灯、电炉、电烙铁等的电路都可以看成是纯电阻电路。虽然纯电阻电路的电压和电流都随时间而变, 但对同一时刻, 欧姆定律仍然成立, 即

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t \quad (1-3)$$

纯电阻电路有如下特点。①通过电阻 R 的电流和电压的频率相同。②通过电阻 R 的电流峰值和电压峰值的关系是: 电流峰值 $I_m = U_m / R$, 有效值 $I = U / R$, 其向量表达式为 $\dot{U} = R \dot{I}$, 通过电阻 R 的电流和电压同相位。纯电阻电路如图 1-2(a) 所示, 其电压与电流的波形图如图 1-2(b) 所示。

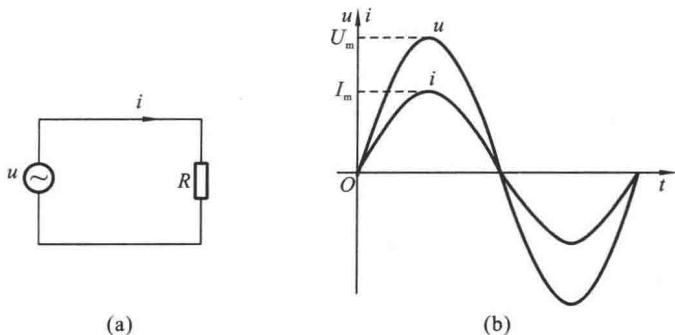


图 1-2 纯电阻电路及其电压与电流波形图

(a) 纯电阻电路; (b) 电压与电流波形图

2. 交流电路中的电感

如图 1-3 所示, 一个忽略了电阻的空心线圈和交流电流源组成的电路称为“纯电感电路”。在纯电感电路中, 电感线圈两端的电压 u 和自感电动势 e_L 间(当约定它们的正方向相同时)有 $u = -e_L$, 则自感电动势

$$e_L = -L \frac{di}{dt}, \quad u = L \frac{di}{dt} \quad (1-4)$$

如果电路中的电流为正弦交流电流, $i = I_m \sin \omega t$, 则有

$$\begin{aligned} u &= L \frac{di}{dt} = L \frac{d}{dt}(I_m \sin \omega t) = I_m \omega L \cos \omega t \\ &= I_m \omega L \sin(\omega t + \pi/2) \\ &= U_m \sin(\omega t + \pi/2) \end{aligned} \quad (1-5)$$

纯电感电路中的电压和电流波形图如图 1-3 所示。由此可见, 对于纯电感电路:

通过电感 L 的电流和电压的频率相同;

通过电感 L 的电流峰值和电压峰值的关系为 $U_m = I_m \omega L$, 其有效值之间的关系为 $U = I \omega L = X_L I$ 。由此可知, 纯电感电路的电压大小和电流大小之比为

$$X_L = U/I = 2\pi fL \quad (1-6)$$

X_L 称为电感元件的阻抗, 或称感抗, 感抗 X_L 的单位为欧姆。这说明, 同一电感元件(当 L 一定时), 对于不同频率的交流电所呈现的感抗是不同的, 这是电感元件和电阻元件不同的地方。电感元件的感抗随交流电的频率正比例增大。电感元件对高频交流电的感抗大, 限流作用大, 而对于直流电流, 因其 $f=0$, 故 $X_L=0$, 相当于短路, 所以电感元件在交流电路中的基本作用之一就是“阻交流、通直流”或“阻高频、通低频”, 各种扼流圈就是这方面的应用实例。

在纯电感电路中, 电感两端的电压相位超前其电流 90° , $u = L di/dt$, 即电感上的电压与流过电感电流的变化率成正比, 而不是和电流的大小成正比。对于正弦交流电, 当电流 i 最大时, 其变化率 $di/dt=0$, 因此电感两端的电压为零; 当电流为零时, 其变化率为最大, 电压也最大。所以两者的相位差为 90° , 其向量表达式为 $\dot{U} = jX_L \dot{I}$ 。

3. 交流电路中的电容

当把正弦电压 $u = U_m \sin \omega t$ 加到电容器时, 由于电压随时间变化, 电容器极板上的电量也随着变化。这样, 在电容器电路中就有电荷移动。如果在 dt 时间内, 电容器极板上的电荷发生变化, 电路中就要有 dq 的电荷移动, 因此电路中的电流 $i = dq/dt$, 对电容器来说, 其极板上的电量和电压的关系是 $q = Cu$, 因此有

$$\frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(Cu) = C \frac{du}{dt} \quad (1-7)$$

$$\begin{aligned} i &= \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} = C \frac{d}{dt}(U_m \sin \omega t) = U_m \omega C \cos \omega t \\ &= U_m \omega C \sin(\omega t + \pi/2) \\ &= I_m \sin(\omega t + \pi/2) \end{aligned} \quad (1-8)$$

其中 $I_m = U_m \omega C$ 为电路中电流的峰值。纯电容电路中的电压和电流波形图如图 1-4 所示。由此可见, 纯电容电路有如下特点。

①通过电容 C 的电流和电压的频率相同。

②通过电容 C 的电流峰值和电压峰值的关系是 $I_m = U_m \omega C$, 其有效值之间的关系为 $I = U \omega C$, 由式(1-8)可知, 纯电容电路中的电压大小与电流大小之比为 $X_C = U/I = 1/(\omega C) = 1/(2\pi fC)$, X_C 称为电容元件的阻抗, 或称容抗, 容抗 X_C 的单位为欧姆。由此可见, 同一电容元件(当 C 一定时), 对于不同频率的交流电所呈现的容抗是不同的。由于电容元件的容抗与交流电的频率成反比, 因此频率越高, 容抗就越小, 频率越低, 容抗就越大。对直流电来讲, $f=0$, 则容抗为无限大, 相当于断路。所

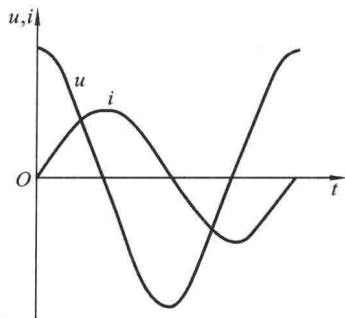


图 1-3 纯电感电路中的电压与电流波形图

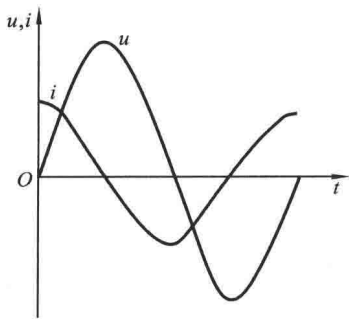


图 1-4 纯电容电路中的电压与电流波形图

以电容元件在交流电路中的基本作用之一就是“隔直流,通交流”或“阻低频,通高频”。

③在纯电容电路中,电容两端的电压相位滞后其电流 90° , $i = Cdu/dt$, 即电容上流过的电流与电容两端的电压变化率成正比,而不是和电压的大小成正比。对于正弦交流电,当电压为零时,其变化率 du/dt 最大,电流最大。当电容两端的电压最大时,其变化率为零,故电流为零。所以两者的相位差为 90° ,其向量表达式为 $\dot{U} = -jX_C \dot{I}$ 。

4. 交流电功率

在交流电中,电流、电压都随时间而变化,因此电流和电压的乘积所表示的功率也将随时间而变化。交流电功率可分为瞬时功率、有功功率、视在功率(又叫做总功率)以及无功功率。

(1) 瞬时功率(p)

由瞬时电流和电压的乘积所表示的功率称为瞬时功率,它随时间而变化。对任意电路, i 与 u 之间存在着相位差,瞬时功率为

$$\begin{aligned} p &= ui = U_m I_m \sin(\omega t + \varphi) \sin \omega t \\ &= UI [\cos \varphi - \cos(2\omega t + \varphi)] \\ &= UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t + \varphi) \end{aligned} \quad (1-9)$$

(2) 有功功率(P)

有功功率也称平均功率,纯电阻电路中有功功率和直流电路中的功率计算方法完全一致,电压和电流都用有效值计算,即 $P = UI \cos \varphi$ 。

(3) 视在功率(S)

在交流电路中,电流和电压有效值的乘积叫做视在功率,即 $S = IU$ 。它可用来表示用电器本身所容许的最大功率(即容量)。

(4) 无功功率(Q)

在交流电路中,电流、电压的有效值与它们的相位差 φ 的正弦的乘积叫做无功功率 Q , $Q = UI \sin \varphi$, 它和电路中实际消耗的功率无关,而只表示电容元件、电感元件和电源之间能量交换的规模。有功功率、无功功率和视在功率之间的关系,可由图 1-5 所示的功率三角形来表示。

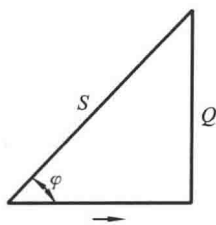


图 1-5 功率三角形

(5) 功率因数($\cos \varphi$)

功率因数是发电机输送给负载的有功功率和视在功率的比,即

$$P/S = IU \cos \varphi / IU = \cos \varphi \quad (1-10)$$

可见功率因数 $\cos \varphi$ 是反映电能利用率大小的物理量。提高用电设备的功率因数就可以提高发电机总功率中的有功功率。

5. 变压器

两个(或多个)有互感耦合的静止线圈的组合叫做变压器。变压器的通常用法是一个线圈接交变电源而另一个线圈接负载,通过交变磁场把电源输出的能量传送到负载中。接电源的线圈叫做原线圈,接负载的线圈叫做副线圈。原、副线圈所在的电路分别叫做原电路(原边)及副电路(副边)。原、副线圈的电压(有效值)一般不等,变压器即由此得名。

变压器可分为铁芯变压器及空心变压器两大类。铁芯变压器是将原、副线圈绕在一个铁芯(软磁材料)上,利用铁芯的高 μ 值加强互感耦合,广泛应用于电力输配、电子电路中。空心

变压器没有铁芯,线圈之间通过空气耦合,可以避免铁芯的非线性、磁滞及涡流的不利影响,广泛用于高频电子电路中。图1-6是变压器原理图。设变压器的原、副线圈中的电流所产生的磁感应线全部集中在铁芯内(即忽略漏磁),因此铁芯中各个横截面上的磁感应通量 φ 都相等。由于 φ 的变化,将使绕制在铁芯上的每一匝线圈中都产生同样的感应电动势,设变压器的原线圈共有 N_1 匝,则原线圈中总感应电动势

$$\epsilon_1 = -N_1 \frac{d\varphi}{dt} \quad (1-11)$$

副线圈共有 N_2 匝,总感应电动势

$$\epsilon_2 = -N_2 \frac{d\varphi}{dt}$$

$$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = \left(-N_1 \frac{d\varphi}{dt}\right) / \left(-N_2 \frac{d\varphi}{dt}\right) = \frac{N_1}{N_2} \quad (1-12)$$

变压器的原、副线圈中感应电动势的有效值(或峰值)与匝数成正比。在实际的变压器中,原、副线圈都是用漆包线绕制的,其电阻 R 很小,故可省略由于线圈电阻引起的电压降。这样线圈两端的电压在数值上就等于线圈中的感应电动势。原线圈两端的电压即是输入电压 U_1 ,故 $U_1 = \epsilon_1$,同样副线圈两端的电压就是加在负载上的输出电压 U_2 , $U_2 = \epsilon_2$,由此得出

$$U_1/U_2 \approx N_1/N_2 \quad (1-13)$$

该式说明:变压器的输入电压与输出电压之比,等于它的原、副线圈匝数之比。这是变压器的最重要的一个特性。当 $N_2 > N_1$ 时, $U_2 > U_1$,这时变压器起升压作用;当 $N_2 < N_1$ 时, $U_2 < U_1$,这时变压器起降压作用。

另外还可以推导出: $I_2/I_1 = N_1/N_2$,即变压器接近满载时,原、副线圈中的电流与它们的匝数成反比。对于升压变压器来说, $N_2 > N_1$,故 $I_2 < I_1$,即电流变小;对于降压变压器,由于 $N_2 < N_1$,故 $I_2 > I_1$,即电流变大,通常所说“高压小电流,低压大电流”就是这个道理。这也符合能量守恒定律,其变压器的输入功率应等于输出功率。电压升高,电流必然以相应的比例减小,否则便破坏了能量守恒与转化定律。变压器的种类很多,常用的几种有电力变压器、电源变压器、仪用变压器、调压变压器等。仪用变压器指电流互感器和电压互感器。

(1) 电力变压器

电力变压器用于输电网路。因为输电线上的功率损耗正比于电流的平方,所以远距离输电时,就要利用变压器升高电压以减小电流。这种高电压经高压输电线传送到城市、农村后,再用降压变压器逐级把电压降到380 V和220 V,供一般的用电户使用。电力变压器的容量通常较大,都是一些大型的变压器。

(2) 电源变压器

不同的电子仪器和设备以及同一仪器电路的不同部位往往需要各种不同的电压,如电子管的灯丝电压是6.3 V,其电极电压需要300 V;各种晶体管的集电极工作电压是几伏至几十伏;示波管的加速极电压达3000 V等。通常都用电源变压器将220 V的市电电压变为各种需要的电压。

(3) 调压变压器

调压变压器亦称为自耦变压器。在生产和科学研究中,常需要在一定范围内连续调节

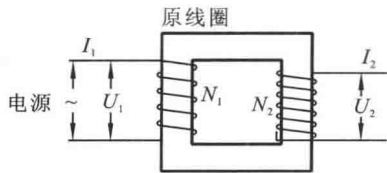


图 1-6 变压器原理图

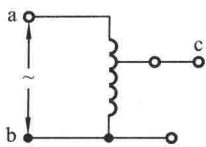


图 1-7 调压变压器原理

交变电压,供这种用途的变压器叫做调压变压器。通常调压变压器就是一个带有铁芯的线圈,线圈由漆包线绕成,以便滑动触点 c 能在各匝上移动,从而在 a、b 两端获得可调的交流电压,如图 1-7 所示。大容量的调压变压器也用于输电网络,以调节电网中的电压。

6. 单相交流电

单相交流电是指在电路中只具有单一的交流电压,在电路中产生的电流、电压都以一定的频率随时间变化,比如在单个线圈的发电机中(即只有一个线圈在磁场中转动),在线圈中只产生一个交变电动势 $e = E_m \sin \omega t$,这样的交流电即是单相交流电。

7. 三相交流电

一般家庭用电均为单相交流电,大部分工业用电都是以三相交流电路的形式出现,如图 1-8 所示。高压输电线通常是四根线(称为三相四线,其中有一条线为中线),本质上还是三根导线载负着强度相等、频率相同而相互间具有 120° 相位差的交流电,所以代表这三根导线电压变化的曲线为相同频率的正弦波,相位互相错开 $1/3$ 周期。这三根导线分别对接地线的电压叫做“相电压”,图 1-8 中以实线 R、S 和 T 代表。三条线中每两根线之间的电压叫做“线电压”,图中用虚线 S-T、T-R 和 R-S 表示。相电压和线电压对时间的变化以正弦曲线表示,峰值和有效值之间的关系完全与单相交流电的关系相同。三相系统的主要优点在于三相电动机的构造简单而坚固。全世界均用这种电动机作为机械动力。

1) 三相发电机

三相交流发电机的结构如图 1-9(a)所示。这种发电机由定子和转子两部分组成。转子是一个电磁铁。定子里有三个结构完全相同的绕组,这三个绕组在定子上的位置彼此相隔 120° ,三个绕组的始端分别用 A、B、C 来表示,末端分别用 X、Y、Z 来表示。当转子匀速转动时,在定子的三个绕组中就产生按正弦规律变化的感应电动势。因为转子产生的磁场是以一定的速度切割三个绕组,所以三个绕组中交变电动势的频率相同。

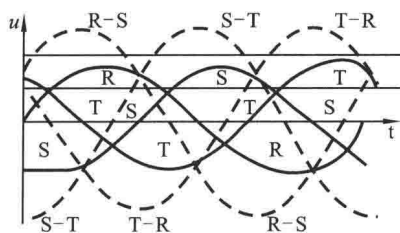


图 1-8 三相交流电的相电压与线电压

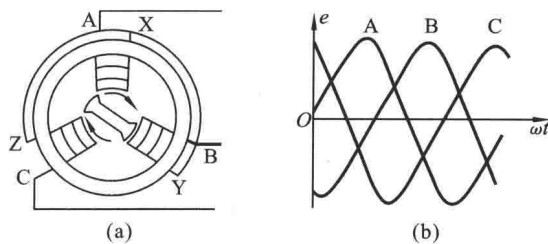


图 1-9 三相交流电的相电压与线电压

(a)三相交流发电机的结构;(b)电动势变化的曲线

由于三个绕组的结构和匝数相同,所以电动势的最大值相等。但由于三个绕组在空间相互位置相差 120° ,它们的电动势的最大值不在同一时间出现,所以这三个绕组中的电动势彼此之间有 120° 的相位差,其数学式为 $e_A = E_m \sin \omega t$, $e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$, $e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$,电动势变化的曲线如图 1-9(b)所示。

发电机中的每个绕组称为一相。AX 绕组为 A 相绕组, BY 绕组称为 B 相绕组, CZ 绕组称为 C 相绕组。在电气工程中,通常用黄、绿、红三种颜色分别标出各相。图 1-9 中的发电机定子有三个绕组,能产生三个对称的交变电动势,所以称为三相交流发电机。

2) 三相电源绕组的连接法

对于三相交流发电机所发出的三相电必须采取适当的连接方法才能发挥三相交流电的功效。如果把三相发电机的每一相都用两根导线分别和负载相连,如图 1-10 所示,则每一相均不与另外两个相发生关系。这样使用的三相电路称为互不联系的三相电路,它总共需要六根导线来输送电能。这与单相制比较,既不节约导线,也没有任何优越之处,在实际应用中并不采取这种接法。常用的接法有星形接法与三角形接法。

(1) 电源绕组的星形接法

把三相电源三个绕组的末端 X, Y, Z 连接在一起,成为一个公共点 O,从始端 A, B, C 引出三条端线,这种接法称为“星形接法”,又称“Y 形接法”,如图 1-11 所示。从每相绕组始端引出的导线叫做“相线”,又称“火线”。图中的 N 称为“中性点”。从中性点引出的导线称为“中性线”,简称“中线”。这种具有中线的三相供电系统称为“三相四线制”。每相相线与中线间的电压称为“相电压”,其有效值分别用 U_{AN} 、 U_{BN} 、 U_{CN} 表示。每两根相线之间的电压称为“线电压”,其有效值分别用 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CA} 表示。相电压的正方向规定为自始端到中性点。线电压的正方向,例如, $\dot{U}_{AB}$ 的正方向,规定为自始端 A 到始端 B,如图 1-12 中的箭头所示。星形接法中,相电压和线电压显然是不同的,且各相电压之间的相位不同,故在计算相电压和线电压之间的关系时应采用矢量方法计算。图 1-12(a) 表示相电压与线电压的矢量图,即星形接法时,线电压等于相电压的 $\sqrt{3}$ 倍,例如,图 1-12(b) 表示线电压 $\dot{U}_{AB}$ 应该等于相电压 $\dot{U}_A + \dot{U}_B$,由于 $\dot{U}_{AN} = -\dot{U}_{NA}$,故 $\dot{U}_{AB} = \dot{U}_{AN} - \dot{U}_{BN}$,同理有 $\dot{U}_{BC} = \dot{U}_{BN} - \dot{U}_{CN}$, $\dot{U}_{CA} = \dot{U}_{CN} - \dot{U}_{AN}$ 。

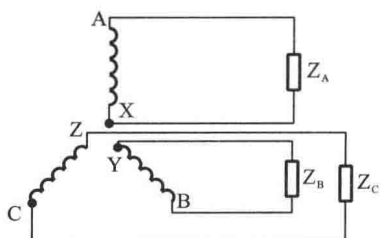


图 1-10 互不联系的三相电路

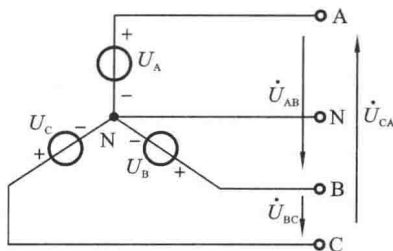


图 1-11 星形连接的对称三相电源

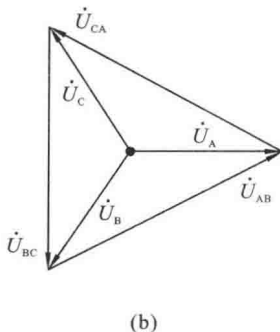
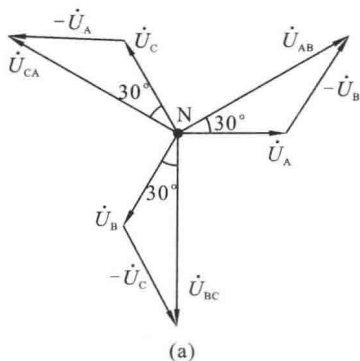


图 1-12 星形连接的对称三相电源的电压相量图

采用三相四线制供电时,可以从三相电源获得两种电压。例如,我们所用的市电,其相电压为 220 V,线电压则为 380 V,用作动力电。

(2) 电源绕组的三角形接法

将一相绕组的末端与另一相绕组的始端相接,组成一个封闭三角形,再由绕组间彼此连接的各点引出三根导线作为连接负载之用。这样的连接法称为“三角形接法”或“ $\triangle$ 接法”,如图 1-13(a)所示。端线之间的线电压也就是电源每相绕组的相电压。

因此有 $\dot{U}_{AB}=\dot{U}_{AX}, \dot{U}_{BC}=\dot{U}_{BY}, \dot{U}_{CA}=\dot{U}_{CZ}$, 即电源绕组的三角形接法和星形接法不同。在连接负载以前,三角形接法就已经构成了闭合回路,这一闭合回路的阻抗是很小的,所以三角形接法只有在作用于闭合回路的电动势之和为零时才可以采用。否则,在闭合回路中会有很大的电流产生,结果将使电源绕组因过分发热而烧毁。三角形接法若接线正确,就能保证闭合回路中的电动势之和为零,如图 1-13(b)所示,如果将某一相电压源接反了,则会出现如图 1-13(c)所示的严重后果。

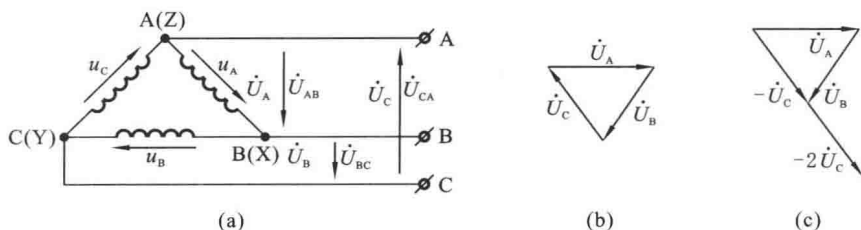


图 1-13 三相电源的三角形接法

3) 三相负载

三相负载是指需要三相电源才能工作的负载,如三相交流电动机等。三相负载使用三相电源(通常为 380 V)。

单相负载是指需要单相电源的负载,如各类照明灯具、电风扇等。

(1) 负载的星形接法

三个负载的 Z_A, Z_B, Z_C 的一端连接在一起,成为负载中点 N' ,并接于三相电源的中线上,三个负载的另一端分别与三根端线(相线)A,B,C 相接。如图 1-14 所示的接法就是负载的星形接法。在三相电路中,各相负载的电流称为“相电流”。相电流正方向的规定与相电压的正方向一致。各端线中的电流称为“线电流”,如图中的 $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$,线电流的正方向规定为由电源到负载。负载作星形接法时,一条端线连接一个负载,从图中可以看出,线电流等于相电流。

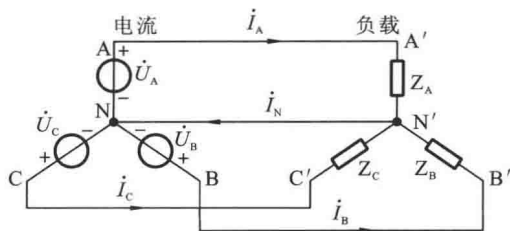


图 1-14 负载的星形接法

在三相四线制中,忽略输电线阻抗时,负载的线电压就是电源的线电压,并且负载中点 N' 的电位就是电源中点 N 的电位,所以每相负载的相电压就等于电源的相电压。由于电源的相电压和线电压是对称的,因此,中线 $\dot{I}_N$ 为零,可采用三相三线制,如图 1-14 所示。

(2) 负载的三角形接法

图 1-15 为负载三角形接法的连接图。因为每相负载接于两相端线(相线)之间,所以负载的相电压就等于电源的线电压,通常电源的线电压是对称的,不会因负载是否对称而改变,所以三角形连接时,负载不论对称与否,其相电压总是对称的。然而,负载的相电流与线电流却不相等。各负载中相电流的正方向分别规定:从 A 到 B、从 B 到 C、从 C 到 A。线电流的正方向仍规定从电源到负载。各负载中相电流的计算方法与单相电路完全相同。如果负载是对称的,则各相电流大小相等,线电流的大小为相电流大小的 $\sqrt{3}$ 倍。

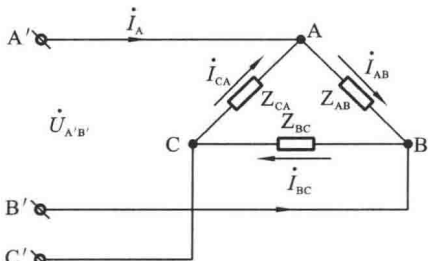


图 1-15 负载的三角形接法

由此可见,对称负载作三角形接法时,线电流的大小等于相电流大小的 $\sqrt{3}$ 倍,线电流的相位比相电流的相位落后 30° 。

4) 三相功率

三相交流电的功率等于各相功率之和。在对称负载的情形下,各相的电压 U_φ 、相电流 I_φ 以及功率因数 $\cos\varphi$ 都相等。因此三相电路的平均功率可写为

$$P = 3UI \cos \varphi$$

当对称负载作星形连接时,则有 $U_L = \sqrt{3}U$, $I_L = I$;当对称负载作三角形连接时,则有 $U_L = U$, $I_L = \sqrt{3}I$,因而无论用哪种连接方式,平均功率都等于 $P = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi$ 。

但必须注意,计算三相电功率的公式,虽然用星形接法和三角形接法具有同一形式,却并不等于说同一负载在电源的线电压不变的情况下,由星形接法改为三角形接法时所消耗的功率也相等。

【例 1-1】 一对称三相电路如图 1-16(a) 所示。对称三相电源电压 $\dot{U}_A = 220 \angle 0^\circ \text{V}$, 负载阻抗 $Z = 60 \angle 60^\circ \Omega$, 线路阻抗 $Z_1 = 1 + j1 \Omega$, 求电路中的电压和电流。

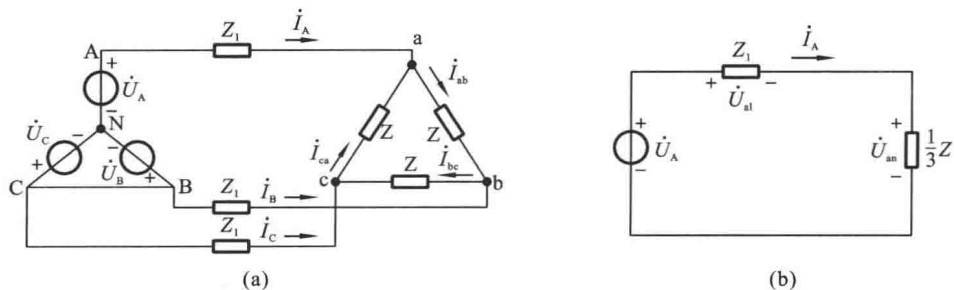


图 1-16 三相电路计算

解 将三角形连接的对称三相负载变换成星形连接的对称三相负载。取经变换后的电路中的一相等效电路如图 1-16(b)所示。

(1) 线电流

$$\begin{aligned}\dot{I}_A &= \frac{\dot{U}_A}{Z_1 + Z/3} = \frac{220\angle 0^\circ}{(1+1j) + (60\angle 60^\circ)/3} = \frac{220\angle 0^\circ}{(1+1j) + (20\angle 60^\circ)} \\ &= \frac{220\angle 0^\circ}{(1+1j) + 20\cos(60^\circ) + j20\sin(60^\circ)} = \frac{220\angle 0^\circ}{21.37\angle 59^\circ} = 10.3\angle -59^\circ\end{aligned}$$

(2) 负载电流

$$I_{ab} = \frac{1}{\sqrt{3}} \dot{I}_A \angle 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}} \times (10.3\angle -59^\circ) \angle 30^\circ = 5.95\angle -29^\circ$$

(3) 等效星形负载相电压

$$\dot{U}_{an} = \frac{1}{3} Z \dot{I}_A \angle 30^\circ = 20\angle 60^\circ \times 10.3\angle -59^\circ = 206\angle 1^\circ$$

(4) 负载线电压(也是三角形负载相电压)

$$\dot{U}_{ab} = \sqrt{3} \dot{U}_{an} \angle 30^\circ = 356.8\angle 31^\circ$$

(5) 线路上的电源

$$\dot{U}_{A1} = Z_1 \dot{I}_A = (1+1j) \times 10.3\angle -59^\circ = 14.6\angle -14^\circ$$

对于对称三相电源是三角形连接的对称三相电路,只要把三角形连接的对称三相电源变成等效的星形连接的对称三相电源,就可以利用前面介绍的方法进行分析,星形连接与三角形连接的两对称三相电源等效的条件是它们的线电压相同。

对于星形连接的对称三相电源为 $\dot{U}_{YA} = \frac{1}{\sqrt{3}} \dot{U}_{AB} \angle -30^\circ$, 对于三角形连接的对称三相电

源为 $\dot{U}_{\Delta A} = \dot{U}_{AB}$ 。

任务 1.2 建筑电气识图的基本知识

电气施工图是编制建筑电气工程预算和施工方案,并指导组织施工的重要依据。设计部门用图纸表达设计思想和设计意图;使用部门用图纸作为编制招标标书的依据,或以指导使用和维护;施工部门用图纸作为编制施工组织计划、编制投标报价及准备材料、组织施工等的依据。建筑工程技术人员和管理人员都要求具有一定的绘图能力和读图能力。

电气施工图所涉及的内容往往根据建筑物的不同的功能而有所不同,主要有建筑供电、动力与照明、防雷与接地、建筑弱电等方面,用以表达不同的电气设计内容。

1.2.1 电气工程施工图的主要内容

电气工程施工图是阐述电气工程的构成和功能,描述电气装置的工作原理,提供安装接线和维护使用信息的施工图。由于一项电气工程的规模不同,因此反映该项工程的电气图的种类和数量也是不同的。一项工程的电气施工工程图通常由以下几个部分组成。

1. 首页

首页内容包括电气工程图的目录、设计说明、图例、设备明细表等。图例一般是列出本