

实用工程安装技术手册丛书

实用电气工程 安装技术手册



任义 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

实用电气工程 安装技术手册

任义 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书以《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300—2001 及《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303—2002 为准绳, 结合现行建筑电气设计、施工标准编写而成。

本书共分十八章, 主要包括: 电气工程基础知识; 电气施工图识读; 架空线路及杆上电气设备安装; 变、配电工程安装; 柴油发电机组安装; 不间断电源安装; 电气布线工程; 电缆敷设; 室内配线安装; 受电设备安装; 电气照明灯具安装; 开关、插座及风扇安装; 电梯安装; 火灾自动报警与灭火系统安装; 接地装置安装; 防雷装置安装; 建筑物等电位联结及建筑电气工程质量验收等内容。

本书注重实践经验的总结, 力求做到理论与实践相结合, 通俗易懂, 便于实地操作; 适用于从事电气工程安装的施工队长、工长、施工员、班组长、质检员、安全员使用, 同时也是企业加强质量管理的重要参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用电气工程安装技术手册 / 仁义主编. —北京: 中国电力出版社, 2006

(实用工程安装技术手册丛书)

ISBN 7-5083-4300-X

I. 实... II. 仁... III. ①电气设备—设备安装—技术手册 IV. TM05-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 023288 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>

责任编辑: 梁瑶 黄肖 责任印制: 陈焊彬 责任校对: 罗凤贤

北京市铁成印刷厂印刷·各地新华书店经售

2006 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

880mm×1230mm 1/16·43 印张·1318 千字

定价: 68.00 元

版权专有 翻印必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

本社购书热线电话 (010-88386685)

前 言

安装工程是基本建设工程的重要组成部分,不仅其投资占整个基本建设投资的比重比较大,而且安装工程的质量直接影响工程项目的使用功能与长期正常运行。国家投资建设厂矿,如机械加工厂、石油化工厂、火力发电厂、矿井等,都要安装大量的生产设备;一般工业与民用建筑,也要配备给排水设备、通风空调设备、电梯、采暖供热设备等。

近些年来,我国基本建设取得了辉煌的成就,国外先进技术的大量引进,进一步促进了安装工程设计施工水平的提高,并逐步向技术标准定型化、加工过程工厂化、施工工艺机械化的目标迈进。随着能源、原材料等基础工业建设和建筑市场的开放以及一大批重工业基地的诞生,安装业的发展更为迅速。这其中也包括新兴发展并日渐繁荣的钢结构产业、通风空调工程,不论是在大中型工矿企业,还是现代公共建筑、民用住宅都展露锋芒,尽显朝晖。这也给施工企业带来新的矛盾和困难:工程施工点多、面广、结构复杂,施工对象也由原来传统、单一的模式工程向“高、精、尖”的方向发展。在这种形式下,不少施工企业勇于探索,深挖潜力,创出不少自我完善的新路。但也有不少企业,缺乏强有力的技术措施和管理手段,往往造成工程质量缺陷或不达标,或导致企业在市场竞争中难以立足。

为此,我们收集整理近年来成熟且广为适用的安装技术,邀请有丰富经验的工程技术人员执笔编写了本套“实用工程安装技术手册”丛书,供从事安装工程施工、检修及专业教学人员参考。

本套丛书共5个分册,包括:

《实用管道工程安装技术手册》

《实用电气工程安装技术手册》

《实用机电工程安装技术手册》

《实用通风空调工程安装技术手册》

《实用钢结构工程安装技术手册》

各分册内容系统阐述了安装工程的施工工艺、操作技术、质量要点和检验要求,介绍各个领域涌现出的新材料、新设备、新技术、新工艺,在保留传统实用技术和工艺的基础上,结合国外先进工艺对发展趋势进行了展望。

为保证本套丛书的实用性、先进性、前瞻性,在丛书编写过程中,我们吸取、引用了有关的国外参考资料,部分安装企业的工程师和奋战在安装工程建设一线的技术人员也给我们提供了大量有参考价值的技术资料,在此表示衷心地感谢。同时,由于编写时间仓促,加之当前安装工程施工技术飞速发展,工艺日新月异,丛书内容疏漏或不尽之处在所难免,恳请广大读者批评指正!

编 者

目 录

前言

第一章 电气工程基础知识	1
第一节 电气工程常用术语	1
第二节 电气工程仪表与材料	10
第三节 电气输配电系统	24
第四节 电气安全与节能	30
第二章 电气施工图识读	43
第一节 电气施工图概述	43
第二节 基本电气图识读	60
第三节 电气控制电路图与接线图识读	76
第四节 火灾报警系统电气图识读	85
第三章 架空线路及杆上电气设备安装	90
第一节 安装材料及器材	90
第二节 施工准备	105
第三节 电杆安装	107
第四节 导线及杆上电气设备安装	114
第五节 工程质量要求与常见质量缺陷处理	133
第四章 变、配电工程安装	137
第一节 变、配电系统	137
第二节 变压器、箱式变电所安装	157
第三节 配电柜(盘)安装	177
第四节 高压开关柜安装	186
第五节 工程常见质量缺陷及处理	190
第五章 柴油发电机组安装	197
第一节 柴油机	197
第二节 柴油发电机组	200
第三节 柴油发电机房	207
第四节 柴油发电机组安装	211
第五节 柴油发电机组常见故障处理	216

第六章 不间断电源安装	219
第一节 不间断电源概述	219
第二节 蓄电池安装	223
第三节 不间断电源设备安装	228
第四节 蓄电池常见故障及处理	231
第七章 电气布线工程	240
第一节 布线安装材料	240
第二节 导管和线槽敷设	259
第三节 电线、电缆管和线槽敷设	279
第四节 槽板配线	283
第五节 钢索配线	287
第六节 工程质量要求与常见质量缺陷处理	292
第八章 电缆敷设	299
第一节 电缆及敷设材料	299
第二节 电缆沟和电缆竖井内电缆敷设	306
第三节 电缆桥架内电缆敷设	318
第四节 电缆制作	324
第五节 电线、电缆连接与接线	339
第六节 电缆敷设质量缺陷及其处理	344
第九章 室内配线安装	347
第一节 安装材料及施工工具	347
第二节 母线施工准备	349
第三节 裸母线安装	354
第四节 封闭母线、插接式母线安装	361
第五节 母线试验与试运行	363
第十章 受电设备安装	366
第一节 电机安装	366
第二节 低压电器设备安装	376
第三节 电气设备试验和试运行	383
第四节 电气设备常见故障及其处理	390
第十一章 电气照明灯具安装	400
第一节 电气照明工程概述	400
第二节 电气照明设备	406

第三节 普通灯具安装	413
第四节 专用灯具安装	432
第五节 其他灯具安装	435
第六节 电气照明通电试运行	442
第十二章 开关、插座及风扇安装	445
第一节 材料(设备)类别及规格	445
第二节 开关安装	454
第三节 插座安装	462
第四节 风扇安装	463
第十三章 电梯安装	466
第一节 电梯概述	466
第二节 电梯施工准备	480
第三节 曳引装置安装	491
第四节 导轨安装	504
第五节 轿厢、层门系统安装	510
第六节 安全保护装置安装	521
第七节 电气装置安装	527
第八节 电梯安装试运行	536
第九节 电梯常见故障及处理	540
第十四章 火灾自行报警与灭火系统安装	547
第一节 火灾自动报告系统概述	547
第二节 火灾报警系统安装	553
第三节 其他自动报警设备安装及调试	570
第四节 建筑物灭火系统安装	573
第十五章 接地装置安装	583
第一节 电气接地概述	583
第二节 电气接地装置	589
第三节 接地装置安装	597
第四节 工程质量要求与常见质量缺陷处理	616
第十六章 防雷装置安装	619
第一节 建筑物防雷概述	619
第二节 防雷引下线安装	634
第三节 避雷保护装置安装	639
第四节 接闪器安装	648

第五节 工程质量要求与常见质量缺陷处理	653
第十七章 建筑物等电位联结	656
第一节 等电位联结类型	656
第二节 等电位联结材料	658
第三节 等电位联结施工	659
第十八章 建筑电气工程质量验收	665
第一节 建筑工程质量验收的划分	665
第二节 建筑工程质量验收	669
第三节 建筑电气工程质量验收要求及方法	676
参考文献	680

第一章 电气工程基础知识

建筑电气工程属于用电工程范畴,但又有别于其他用电工程。在功能上,建筑电气工程的设计和施工都要满足人们对建筑物、构筑物既定功能的要求;在影响上面广量大,且工程质量关系到人们的生活质量和生命财产安全;在施工上与土建施工、装饰装修施工配合密切,随着建筑结构、装修档次不同,建筑电气工程采用的器材、操作工艺、质量要求也有明显的不同;在装饰装修作用上日益显著;在使用电压上,高低压俱备,因而设备、器具和材料种类繁多,数量大,安装要求高,施工安装管理涉及单位多,协调难度大,质量验收要与土建工程、装饰装修工程同步,这也和其他电气工程有较大的区别。

第一节 电气工程常用术语

一、电气工程基本术语

(1)布线系统 一根电缆(电线)、多根电缆(电线)或母线以及固定它们的部件的组合。如果需要,布线系统还包括封装电缆(电线)或母线的部件。

(2)电气设备 发电、变电、输电、配电或用电的任何物件,诸如电机、变压器、电器、测量仪表、保护装置、布线系统的设备、电气用具。

(3)用电设备 将电能转换成其他形式能量(例如光能、热能、机械能)的设备。

(4)电气装置 为实现一个或几个具体目的且特性相配合的电气设备的组合。

(5)建筑电气工程(装置) 为实现一个或几个具体目的且特性相配合的,由电气装置、布线系统和用电设备电气部分的组合。这种组合能满足建筑物预期的使用功能和安全要求,也能满足使用建筑物的人的安全需要。

(6)导管 在电气安装中用来保护电线或电缆的圆形或非圆形的布线系统的一部分,导管有足够的密封性,使电线电缆只能从纵向引入,而不能从横向引入。

(7)金属导管 由金属材料制成的导管。

(8)绝缘导管 没有任何导电部分(不管是内部金属衬套或是外部金属网、金属涂层等均不存在),由绝缘材料制成的导管。

(9)保护导体(PE) 为防止发生电击危险而与下列部件进行电气连接的一种导体:

1)裸露导电部件;

2)外部导电部件;

3)主接地端子;

4)接地电极(接地装置);

5)电源的接地点或人为的中性接点。

(10)中性保护导体(PEN) 一种同时具有中性导体和保护导体功能的接地导体。

(11)可接近的 (用于配线方式)在不损坏建筑物结构或装饰装修的情况下就能移出或暴露的,或者不是永久性地封装在建筑物的结构或装饰装修中的。(用于设备)因为没有锁住的门、抬高或其他有效方法用来防护,而许可十分靠近者。

(12)景观照明 为表现建筑物造型特色、艺术特点、功能特征和周围环境布置的照明工程,这种工程通常在夜间使用。

二、电气工程专业术语

(一)常用专业名词

1. 电流

在电场力作用下电子定向而有规则的运动,称为电流。电流分为直流和交流。大小和方向都稳定不变的电流叫作直流,用符号 DC 表示;大小方向随时间变化的电流叫作交流,用符号 AC 表示;其大小和方向随时间

按正弦函数规律变化的电流叫作正弦交流电。我国在生产、生活上使用的交流电都是按正弦规律变化的。

电流的大小用单位时间内通过导体某一横截面中电荷量的多少来衡量,即电流强度,以符号 I 或 i 表示。

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中 I ——电流,单位安培,A;

Q ——电量,单位库仑,C;

t ——时间,单位秒,s。

电流的单位还可用 kA、mA、 μ A 表示:

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}; 1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}; 1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

对于正弦交流电,一般用有效值来表示其电流的大小。所谓有效值是指在热效应上同它相当的直流值,即将交流电流 i 和直流电流 I 分别通过相同的电阻 R ,如果在一个周期内两者产生的热量相等,则此直流电流强度就是此交流电流的有效值。一般电工仪表测得的电流、电压值均为有效值,电气工程图上标明的电流、电压值一般也是指的有效值。正弦交流电的最大值与有效值之间的关系为:

$$I = I_m / \sqrt{2} = 0.707 I_m \quad (1-2)$$

式中 I ——电流有效值;

I_m ——电流最大值。

为了计算和说明问题的方便,在有些电气图上标明了电流方向,此方向是人为规定的“正方向”,而电流的实际方向是客观存在的,如果电流的实际方向与规定的正方向相同,其值为正,反之为负。

2. 电压

电压是从电场力作功这一概念引出来的。电荷在电场力作用下,从电场中的一点移到另一点时电场力所作的功,称为这两点间的电压。电路中有电压存在,就具备了移动电荷的能力,可见电源电压在电路中的作用是促使电荷运动而成电流。

电压的符号为 U ,单位是伏(V)。把 1 库仑的电荷量,从一点移到另一点,电场力做的功是 1 焦耳(J),则这两点的电压就是 1 伏特简称伏(V)。工程上常用千伏(kV)表示,1kV = 1000V。对于正弦交流电,其电压值的大小也是用有效值来表示的。其最大值与有效值之间的关系为:

$$U = U_m / \sqrt{2} = 0.707 U_m \quad (1-3)$$

式中 U ——电压有效值;

U_m ——电压最大值。

和电流一样,在电气图上所标明的电压的方向是人为规定的“正方向”,当电压的实际方向与正方向一致时电压为正,反之为负。

3. 频率与周期

为了衡量交流电变化的快慢,引出了周期和频率的概念。交流电按正弦规律变化时,其大小与方向每变化一个循环叫作一周,每变化一周所需的时间叫作周期,以字母“ T ”表示,单位是秒(s)。频率则是指交流电每秒钟变化的周数,即周波,以字母“ f ”表示,单位是赫(Hz)。显然:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1-4)$$

我国电力系统使用的标准频率是 50Hz,这一频率称为工频。工频交流电大小与方向每变化一周所需的时间为 $1/50 = 0.02\text{s}$ 。

发电机发出的交流电的频率与发电机的转速密切相关,交流电动机的转速与所接电源的频率密切相关。同步转速与频率的关系为:

$$n = 60f/P \quad (1-5)$$

式中 n ——同步发电机、同步电动机的转速,r/min;

f ——频率,Hz;

P ——极对数。

为了使转子导体与磁场之间有相对运动,异步电动机的转速略低于同步转速。例如,电机磁极对数 $P=2$,电源频率 $f=50\text{Hz}$,如为同步电动机,其转速为:

$$n = 60 \times 50/2 = 1500\text{r/min}$$

如为异步电动机,其转速略低一些,约为 1450r/min 左右。

由此可见,为了改变交流电动机的转速,可以改变电源的频率。

4. 电功和电功率

电流做功的大小,简称电功,用符号 A 表示,电流做了多少功,就有多少电能转变为其他形式的能。电流在一段电路上所做功的大小与这段电路两端的电压、电路中的电流强度和通电时间成正比,即

$$A = UI t \quad (1-6)$$

单位为焦耳(J),

$$1\text{J} = 1\text{V} \times 1\text{A} \times 1\text{S} = 1\text{Ws}$$

电功率是指某一电路在单位时间(1s)内所作的功,用符号 P 表示,则

$$P = A/t = UI t/t = UI$$

单位是瓦(W)或千瓦(kW)。可见电功率是一个与通电时间无关的物理量。显然,一段电路的电功率乘上通电时间,便是这段电路所做的功。在工程上常用电度数来衡量电功的多少。1度电就是功率为 1kW 的用电设备通电 1h(小时)所消耗的电功;也可以认为功率为 1W 的用电设备通电 1 千小时所消耗的电功等等,其计算公式:

$$1 \text{度} = 1\text{kW} \cdot \text{h}$$

电功率(kW)和机械功率马力(HP)的关系是:

$$1\text{kW} = 1.36\text{HP}$$

$$1\text{HP} = 736\text{W} = 0.736\text{kW}$$

反映交流电路中的功率有三个量:有功功率、无功功率和表观功率。

有功功率——交流电路中的设备(如电灯、电动机)真实消耗的功率,称为有功功率。用符号 P 表示,单位是瓦(W)或千瓦(kW)。前面所提的电功率就是指有功功率。

无功功率——交流电路中的电磁类电气设备,如变压器、电动机、电磁线圈等,是靠建立和维持磁场来工作的,也需要一部分功率在内部进行交换。这一功率称为无功功率。无功和有功同样重要,只是由于无功功率并不做功,它仅完成电磁能量的相互转换,反映着交流电路中电感、电容与电源间进行能量交换的规模,因而也不需要消耗能量,从这个意义上才称为“无功”。无功功率的符号用 Q 表示,单位乏(var)或千乏(kvar)。

表观功率——表观功率又称视在功率,其符号是 S ,单位是伏安(VA)或千伏安(kVA)。表观功率包括有功功率和无功功率,但不是简单的代数和关系,而是:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1-7)$$

有功功率所占表观功率的比例,称为功率因数,用 $\cos\varphi$ 表示:

$$\cos\varphi = P/S \quad (1-8)$$

5. 阻抗

阻抗包括电阻、感抗和容抗。

当交变电流通过线圈 L 时,在线圈 L 中便产生了自感电动势,这个自感电动势阻止着交流电流的通过。这种由自感电动势所表现出来的阻力称为自感电抗,简称感抗,以符号 X_L 表示,其值为:

$$X_L = 2\pi fL \quad (1-9)$$

式中 f ——电源频率,Hz

L ——电感,H;

X_L ——感抗, Ω 。

在电感元件上,没有能量消耗,只有电能和磁能的周期性转换;即不消耗有功功率,只消耗无功功率。

当交变电流通过电容器时,由于交流电不断地进行着充放电过程,在电容器上建立的电压极性总是与电源电压的极性相同,对交流电流同样起阻碍作用。这种阻力称为电容电抗,简称容抗,以符号 X_C 表示,其值为:

$$X_C = 1/2\pi fC \quad (1-10)$$

式中 f ——电源频率,Hz;

C ——电容量,F;

X_C ——容抗, Ω 。

在电容器上,也没有能量消耗,只有电能和电场能的周期性转换;即不消耗有功功率,只消耗无功功率。

感抗与容抗在电路中具有相反的作用,当两者串联时,其电抗 X 为:

$$X = X_L - X_C \text{ 或 } X = X_C - X_L \quad (1-11)$$

无论是交变电流或是直流电流通过电阻 R 元件上时都会呈现出阻碍电流通过的性质。在电阻元件上只消耗有功功率。

当电阻、电感、电容串联时,在交流电路中所呈现的阻抗值 Z 为:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (1-12)$$

R 、 X 、 Z 的关系如图 1-1 所示。

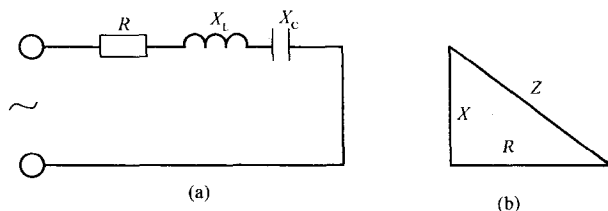


图 1-1 阻抗的关系
(a) 电路图; (b) 阻抗三角形

(二) 常用电工术语

1. 电源和负载

在电力工程中,电源通常是指提供电能的设备和装置。电源分为交流电源和直流电源,主电源和控制电源。

交流电源主要是同步发电机和电力网;

直流电源主要是变流站和直流发电机。

主电源是指一个电路中提供主电流或主信号的电源;

控制电源是指提供操作、控制、保护、信号电路的电源。

负载一般是指接收电能或接收信号的设备。在电力工程中的各种用电设备均可称为负载,按其用途可分为:

照明负载,如各种电气照明灯具;

动力负载,如风机、水泵、压缩机、起重机等电气传动设备;

工艺负载,如电解、电镀、电焊、电热处理等设备;

电热负载,如加温、取暖、烘干、空调等设备;

其他负载,如试验、检测用电设备。

2. 电路

将电源、负载、开关及其他元件按一定顺序,用连接线(如导线)连接起来,便构成了一个电路。不同的电路有不同的功能,如传输电能、传递信息、电气控制等等。

电路的正常状态有断开状态(停止运动状态)或接通状态(运行状态)。在一张静止的电气图上通常只能画出一种状态,一般为断开状态(如开关断开、按钮未按下、电磁线圈不通电等)。这是阅读电气工程图应特别注意的。

当电路处于闭合状态时,电流可在电路中形成闭合回路。

构成一个完整的电路通常有 4 个要素:电源、负载、连接线、开关和控制设备。如图 1-2(a)所示是一简单的照明电路。开关 Q 闭合后,电源才能经过导线向负载(照明灯 EL)供电;开关 Q 断开或熔断器 FU 熔断,电路处于断开状态。

如图 1-2(b)所示是某一电动机供电电路。图中包括两个独立的电路:一是三相电源经开关 Q 、熔断器 FU 和电动机绕组构成三相电路。二是电流互感器 TA (电源)和电流表 A 构成测量电路。图中的电路表示断开状态。

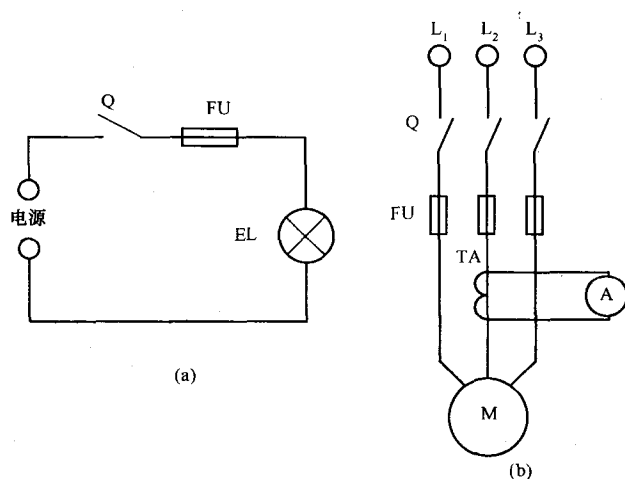


图 1-2 电路示例

(a)照明控制电路;(b)电动机供电电路

在电气施工图中,连接线是可跨越较长空间距离,例如,从室内到室外,从楼上到楼下,从这一建筑物到另一建筑物等。因此,在一些电气施工图(如接线图、布置图)上,不可能将元件集中绘制,但识读这类电气图,仍然应注意电路的构成,尤其应注意是否可以构成通路。

3. 单相和三相电路

一般的交流发电机都有三相线组,它能产生三个大小相等、频率相同、时间相位互差 120° 的电动势。电源的这三个电动势按一定的方式连接起来,共同向负荷供电。这样的电路叫作三相交流电路,简称三相电路。某些电气设备只需要由电源的一相电动势供电。由一相电动势供电组成的电路叫作单相交流电路。

在电路图上,三相电路有两种表示方法。因为通常情况下三相电路是对称的,习惯上常常用一相电路来代表三相电路,这种电气图称为单线图;如果把三相电路都划全了,则称为三线图。如图 1-2(b)所示。电气施工图中使用最多的是单线图。一般高压三相电路多用单线图表示,低压三相电路则视不同情况分别采用三线图或单线图。

4. 三相四线制供电

如果把三相交流发电机的三相绕组及电源变压器送电端的三相绕组的三个尾端连在一起成为一个公共点,又分别从三相绕组的首端引出三根导线,这种连接方式称为三相电源的星形接法,即 Y 接法。星形接法的公共点称为中性点,通常用“0”表示。从中性点引出的导线称为中性线,通常用“N”或“0”表示。如果中性点已接地,则此中性点称为零点,中性线则称为零线或地线。从三相绕组首端引出的三根线称为相线或火线,分别用“ L_1 ”、“ L_2 ”、“ L_3 ”表示。零线引出的星形接法称为 Y_0 接法或 Y_N 接法。像这种由三相电源引出 L_1 、 L_2 、 L_3 、N 四条输电线的供电方式称为三相四线制供电,如图 1-3 所示。

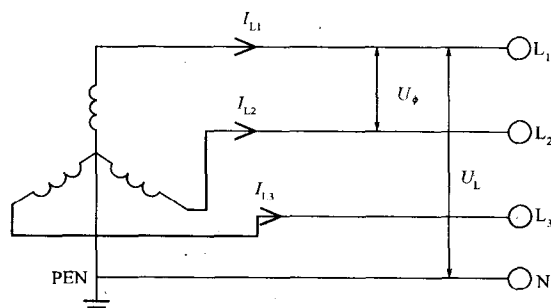


图 1-3 三相四线供电系统示意图

在三相四线制系统中,两根相线之间的电压,称为线电压,用 U_L 表示,有三个线电压 U_{12} 、 U_{23} 、 U_{31} 或 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CA} 。相线对零线的电压,称为相电压,用 U_ϕ 表示,同样有三个相电压, U_1 、 U_2 、 U_3 或 U_A 、 U_B 、

U_C 。流过相线的电流,称为线电流,用 I_L 表示,流过每相的电流,称为相电流,用 I_ϕ 表示。

由此可知,三相四线制供电,可以得到两种不同的电压,即相电压和线电压。当三个相电压对称时,三个线电压也必对称,且在大小上,线电压是相电压的 $\sqrt{3}$ 倍,即 $U_L = \sqrt{3} U_\phi$ 。例如,低压发电机的端电压为 400V,则其相电压为:

$$U_\phi = U_L / \sqrt{3} = 400 / \sqrt{3} = 230V \quad (1-13)$$

输出的电流则是: $I = I_\phi$ 。

5. 三相负荷的星形接法和三角形接法

在三相四线制供电系统中,如果负荷接在相线和中性线之间,如图 1-4(a)所示,称为三相负荷的星形接法。在星形接法中,各相负载与电源间各自构成回路,互不相扰,因此,就每一相来说,可以看作三个独立互不相关的单相负载。电源的线电流等于相应负载的相电流,即 $I_L = I_\phi$;电源的线电压等于 $\sqrt{3}$ 倍的相电压,即 $U_L = \sqrt{3} U_\phi$ 。三相负载的这种接法,即使在三相负荷不平衡时,仍能获得基本对称的相电压。

在三相供电线路中,如果负荷分别接在两根相线之间,如图 1-4(b)所示,称为三相负荷的三角形接法。在三角形接法中,各相负载与电源间各自构成回路,互不相扰,因此,就每相而言仍可看作三个独立的单相负载。在该接法中, $U_L = U_\phi$;负载平衡时, $I_L = \sqrt{3} I_\phi$ 。

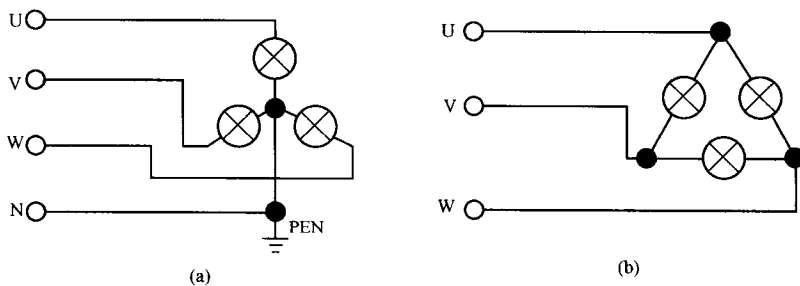


图 1-4 三相负荷的星形接法和三角形接法

在三相电路中,不论负载是Y接还是 Δ 接,只要是三相对称负载,它们自电源取用的三相总功率为:

$$\left. \begin{aligned} S &= \sqrt{3} U_L I_L \\ P &= \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi \\ Q &= \sqrt{3} U_L I_L \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (1-14)$$

三相负载不对称时,可分别计算各相的功率。单相负载的功率为:

$$\left. \begin{aligned} S &= U_\phi I_\phi \\ P &= U_\phi I_\phi \cos \varphi \\ Q &= U_\phi I_\phi \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (1-15)$$

6. 额定值

额定值是制造厂对产品使用的规定与限额。任何一种电气设备或线路,都有一定的电压限额、电流限额、功率或容量限额、频率限额、温升限额、规定的接线方式和环境条件等等。这些限额与规定分别称为额定电压、额定电流、额定功率或额定容量、额定频率、额定温升、额定接线方式和额定环境条件等等。各种电气设备,按照其铭牌上的额定值来使用一般是最经济合理、安全可靠的,既充分发挥了设备的能力,又保证了设备的正常使用寿命。当设备在额定功率或额定容量下工作时,称为满载;超过额定功率或额定容量的情况下工作,称为过载。一般少量过载是允许的,因为产品设计时,已经考虑了一定的安全系数和一定的过载能力,但严重过载将是危险的,轻则降低设备的使用寿命,重则引起设备发热过度,绝缘被击穿而引起火灾爆炸事故。反之,在低于额定功率或额定容量下工作,虽然安全,但设备的工作能力没有得到充分的利用,很不经济。有些设备在高于或低于其额定值时工作也不是安全的,例如电磁线圈,如果加的电压高于额定值,有可能绝缘被击穿;如果加的电压低于额定值,有可能因为电磁吸力不够而导致线圈被烧毁。

电气工程图上标注的设备、元件、线路等的规格,通常是指额定值。

(1) 额定电压等级 为了统一发、供、用电,我国规定了不同等级的标准电压,即额定电压,也称标称电压。

额定电压可分为3类,分别见表1-1~表1-3。

表 1-1 低压电气设备和系统的额定电压 (V)

序 号	类 别	系统和用电设备	供电设备	备 注
1	直 流	1.5	1.5	
		2	2	
		3	3	
		6	6	
		12	12	
		24	24	
		36	36	
		48	48	
		60	60	
		72	72	
		110	115	
		220	230	
440	460			
2	单相交流	6	6	
		12	12	
		24	24	
		36	36	
		42	42	
		100	100	
		220	230	
3	三相交流	36	36	只用于电压互感器 只用于矿井下、机床控制
		42	42	
		100	100	
		127	133	
		220/380	230/400	
		380/660	400/690	

注:直流电压为平均值,交流电压为有效值。

表 1-2 高压三相交流电气设备和系统的额定电压 (kV)

序 号	系统和受电设备	供电设备	设备最高电压	序 号	系统和受电设备	供电设备	设备最高电压
1	3	3.15	3.5	6	110		126
2	6	6.3	6.9	7	220		252
3	10	10.5,13.8, 15.75,18,20	11.5	8	330		363
4	35		40.5	9	500		555
5	63		69	10	750		

表 1-3 安全电压等级

序 号	额定值/V	空载上限值/V	应 用 范 围
1	6	6	人体可能偶然触及的带电体 在矿井、多导电粉尘场所使用的行灯 手持式电动工具等
2	12	15	
3	24	29	
4	36	43	
5	42	50	

(2)额定电流等级 常用的高(低)压电器、仪表、电源装置的额定电流等级见表 1-4。

表 1-4 常用额定电流等级

序号	类别	额定电流/A									
		1	1.25	1.5	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8
1	10A 以下	1	1.25	1.5	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8
2	100A 以下	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
3	1000A 以下	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800

(3)额定频率 我国规定的一般工业频率(简称工频)为 50Hz,有些设备的频率可为:中频或高频如 100, 150, 200, 400, 600, 800Hz…

7. 电流效应

电流通过导线时,会产生 4 种主要的效应:

(1)热效应 因为导线一般存在电阻,所以电流通过导线就会发热。其发热量 Q 为:

$$Q = I^2 R t \quad (\text{J}) \quad (1-16)$$

或
$$Q = 0.24 I^2 R t \quad (\text{Cal}) \quad (1-17)$$

式中 I ——通过导线的电流, A;

R ——导线的电阻, Ω ;

t ——电流通过导线的时间, s。

(2)磁效应 电流通过导线,在导线周围会产生磁场,稳恒直流电在导线周围所产生的磁场是一个稳恒的磁场,交流电流通过导线时,导线周围的磁场其强度和方向是随交流电的强度和方向一同变化的。电流越大,磁场越强;离导线越近,磁场越强;导线周围如果存在钢铁类铁磁物质,磁场也会大大增强。

(3)电动力效应 两根通电导线之间存在相互作用的电动力。当两根导线中的电流方向一致时,互相吸引;方向相反时,互相排斥。电动力的大小与电流的大小和导线之间的相互距离等因素有关。

(4)化学反应 由于交流电的方向不断地交变,所以不能用来产生电化学反应,但通过整流设备把交流电变换成直流电以后就能产生电化学反应。工业中的电解和电镀等工艺就是利用直流电的化学效应而工作的。

8. 短路与断路

(1)短路 电路中的负荷被导体以某种形式直接连接或经过小阻抗连接在一起,从而电流不经过负荷而流通的一种状态,称为短路。在短路状态下电路总的阻抗趋于零,此时整个电路中将通过极大的电流,导致导线、开关、电源设备的烧毁,具有很大的危害性,因而,短路在通常情况下是不允许的。

然而,对某些设备,短路则是一种正常工作状态,如电焊机、点焊机等就是利用短路时的巨大电流产生巨大热量来进行焊接的;电流互感器的二次侧基本处于短路运行状态,因为其二次侧所接负载的阻抗都是很小的。

(2)断路 电路中的某一部分断开,表现出无穷大的阻抗,使电路呈不闭合、无电流通过的状态,称为断路或开路。如果是人为的利用开关或触点造成的断路是正常的;如果是由于其他原因造成断线或触点接触不良造成的断路,就属于故障情况了。

9. 电气连接

导体之间相互接触并达到一定的工艺要求,称为电气连接。电气连接的种类很多,主要分为三类:固定连接、可动连接和滑动连接。

(1)固定连接 相互接触连接的导体表面彼此之间不发生相对运动,即一个接触表面对另一个接触表面不发生分离或移动现象的电气连接,称为固定连接。如导线与导线之间、导线与接线端子之间、导线与设备之间的相互连接,一般为固定连接。固定连接的方式多采用螺栓连接、压接、焊接、铆接、绑扎连接等。

(2)可动连接 相互接触的两个接触面并不固定,可分可合,称为可动连接,如各开关按钮等触头、触点之间的连接。

(3)滑动连接 相互接触的两个接触面不固定,可以相互移动,即在使用过程中,不切断电路而将电流从一个接触面转到另一个接触面,称为滑动连接,如调压器,滑动变阻器以及某些转换开关等。

电气连接在电气施工图上常采用表 1-5 所示的一些表示方法。

表 1-5 电气连接的图形符号

序号	名称	新符号	旧符号	序号	名称	新符号	旧符号
1	接线端子		=	5	插头与插座的连接		
2	可拆卸的接线端子		=	6	接通的连接片		
3	导线的连接			7	断开的连接片		
		或 					
4	导线的多线连接			8	滑动(滚动)连接器		
				9	滑动连接变阻器		=

10. 电气产品的名称、符号、型号和规格

在电气施工图上,完整地表示一项电气产品,通常应包括其名称、符号、型号和规格。

(1)名称 是指电气产品的中文名称,如启动器、电力变压器的开关等。

(2)符号 有图形符号和文字符号(文字符号又称为代号,严格地应称为项目代号)。一类产品只有一种图形符号,但在同一张图上,每一个产品(包括同类产品中不同用途的产品),例如,某图上有两组熔断器,虽然用一个图形符号,其文字符号则应分别标注,如标注为FU1、FU2。

(3)型号和规格 型号和规格可标注在符号旁边,也可用表格形式给出。型号主要表明产品的基本特征,规格主要表明产品的具体特征,额定参数、使用条件等。

例如:RC1-10A/8A-250V 此为插入式熔断器,其型号为RC1,其规格为:熔断器额定电流为10A,熔丝额定电流为8A,熔断器的额定电压为250V。

11. 电气预埋

电气设备及装置一般通过螺栓或焊接等方式固定在底盘或支架上,而底盘或支架需要直接固定在基础、墙、柱、梁与物体上。在基础、墙、柱、梁与构件上必须预先埋设好设备的固定件,这一工作过程称为电气预埋。在图纸上,预埋方法一般用文字符号加以说明,预埋件一般在有关的土建图和电气工程图上作相应的标注。电气工程采用的预埋方法有:

(1)预埋构件法 在混凝土结构上预先埋设一定形状的钢构件或木构件。

(2)留孔埋设法 安装于混凝土基础上的电气设备,按设计要求留出预留孔洞,安装时将地脚螺栓悬挂于设备底座上,再进行第二次灌浆;如果在墙上,则先留住方孔,然后再预埋构件。

(3)打孔埋设法 土建施工时不留孔洞,安装时再打孔预埋。

(4)露筋法 将表面混凝土凿去,露出里面的钢筋,然后焊上固定设备的构件。

(5)膨胀螺钉法 在需要固定设备的位置钻一小孔,轻轻打入膨胀螺钉,设备便可在膨胀螺钉上固定。

(6)射钉法 利用射钉枪将专用射钉射入砖、混凝土或钢板内,然后将照明灯具、管线、电线电缆等固定在这些射钉上。

12. 敷设、安装和调试

一般而言,敷设系指电线电缆的展放、连接与固定;安装系指电气设备的就位、调平找正、固定与接线;调试系指按照有关标准测试电气设备及线路的参数与其他数据,或者对某些设备(如开关、继电器)的动作值进行整定,然后将设备与系统进行试运行。

13. 电气接地和接零

电气设备的任何部分与土壤间作良好的电气连接,称为接地。直接与大地接触的的金属导体组,称为接地体。电气设备接地部分与接触体连接用的金属导体,称为接地线。接地线和接地体的总和,称为接地装置。电气装置接地部分的对地电压与经接地体流入地的电流之比,称为接地电阻。一般而言,接地电阻越小,越安