



供电类学徒工初级工培训教材

内线安装

(试用本)



水电部教育司培训教材编写组

内线安装

(试用本)

上

水利电力部教育司培训教材编写组

内线安装初级技工教材

内 容 提 要

本书讲述内线安装技术的基本原理和实用，全书共分十二章，主要内容包括：内线安装的工序、工艺要求和质量标准，检查和修理室内照明、动力线路的方法，一般电动机、常用电器、接地装置和安全用电等知识。本书力求将基本概念结合实际，阐述清楚。

本书主要作为具有初中毕业水平的内线安装技工的培训教材，并可作为从事内线安装技术工作人员的学习参考。

前 言

为了提高水利电力系统学徒工初级工的技术水平，使技工培训工作逐步走向正规化、系统化，我们统一组织编写了水电生产、水电施工、火电生产、火电建设和供电等五类学徒工初级工的培训教材。

这五类培训教材是按照原水利部、原电力工业部颁发的工人技术等级标准中相应的应知技术理论要求编写的。每一工种的培训教材均注意到学徒工初级工两个阶段技术理论教育的系统性和完整性，力求密切联系生产实际，深入浅出，突出工人培训教材的特点。

供电类培训教材包括十七个工种共十八本书。部委托由东北、华北电管局，天津、湖北、湖南电力工业局组织编写，并约请各大区网局和省电力工业局的有关同志参加审稿。

《内线安装》一书，由上海电力建设局王志才同志主编，陈力行同志编写了第六章。华东电管局、湖南电力工业局、上海供电局、西北咸阳供电局、重庆供电局、河南新乡供电局、上海送变电工程公司、天津发电检修公司、上海电力建故局技工学校等有关同志进行审定。

由于编辑时间仓促，又缺乏经验，培训教材中难免存在错误和不妥之处，现以试用本出版，内部发行。希望使用单位和广大读者提出宝贵意见，以使提高再版的质量。

此书共分上、下两册同时出版。

水利电力部

1983.12月

目 录

第一章 概述.....	(1)
第一节 供电的一般知识.....	(1)
第二节 内线安装的准备.....	(3)
第二章 变压器.....	(5)
一、 变压器概述.....	(5)
(一) 我国电力变压器分类.....	(5)
(二) 变压器的铭牌.....	(7)
(三) 变压器工作原理.....	(9)
(四) 变压器结构.....	(12)
(五) 变压器的温度和油位.....	(16)
二、 配电变压的安装.....	(18)
(一) 缘绝电阻测试.....	(18)
(二) 直流电阻测试.....	(21)
(三) 变压器极性识别.....	(23)
(四) 变压器芯部检查.....	(25)
(五) 变压器并联条件.....	(29)
(六) 变压器常见故障.....	(31)
三、 其他变压器.....	(32)
(一) 控制变压器.....	(32)

(二) 离压变压器	(33)
(三) 交流弧焊机	(34)
(四) 互感器	(35)
第三章 交流电动机	(43)
一、 感应电动机	(43)
(一) 感应电动机工作原理	(43)
(二) 电动机分类	(51)
(三) 电动机铭牌	(52)
(四) 电动机的温升	(56)
二、 单相感应电动机	(57)
(一) 分相感应电动机	(57)
(二) 电容感应电动机	(65)
(三) 罩极感应电动机	(72)
(四) 交直流两用电动机	(74)
三、 三相异步电动机	(78)
(一) 三相电动机的两种不同电压的接法	(78)
(二) 定子绕组首尾区分	(80)
(三) 常见故障	(81)
(四) 滑环式异步电动机的结构特点	(82)
四、 电动机安装	(84)
(一) 电动机安装前的检查	(84)
(二) 电动机接线和导线选择	(90)
(三) 电动机简单保护	(92)

(四) 电动机的干燥处理	(102)
第四章 低压电器	(108)
一、 低压开关	(108)
(一) 熔断器	(108)
(二) 常用开关	(109)
(三) 自动空气开关	(113)
二、 起动电器安装	(115)
(一) 全压起动电器	(116)
(二) 减压起动电器	(118)
(三) 凸轮控制器和交阻器	(121)
(四) 主令开关和交流接触器	(125)
(五) 电动机制动装置	(126)
三、 低压配电屏安装	(130)
(一) 低压配电屏安装	(130)
(二) 硬母线安装	(131)
(三) 低压母线过墙板安装	(134)
(四) 隔离开关、负荷开关安装	(134)
四、 控制电路	(135)
(一) 点动装置	(136)
(二) 开灯装置	(137)
(三) 可逆控制电路	(141)
(四) 自动往返控制电路	(144)
(五) 普通车床控制电路	(149)

第五章 照明	(161)
一、 照明的基本概念	(161)
二、 常用照明灯	(164)
(一) 白炽灯	(164)
(二) 荧光灯	(172)
三、 照明线路	(181)
(一) 电气照明常用符号	(182)
(二) 照明的合理布置	(187)
(三) 照明线路	(192)
四、 照明安装与维修	(191)
(一) 白炽灯的安装	(189)
(二) 荧光灯的安装	(194)
(三) 白炽灯的维修	(197)
(四) 荧光灯的维修	(198)
五、 其他照明灯	(201)
(一) 高压水银灯的特性和安装	(204)
(二) 碘钨灯的特性和安装	(205)
(三) 自冷式管形氙灯	(208)
(四) 防爆型灯的用途和安装	(211)

第一章 概 述

第一节 供电的一般知识

随着我国社会主义经济建设的不断发展，电网容量和供电区域都将不断扩展，现代电力系统的规模都越来越大，通常把几个地区和许多城市电网都联并起来，对电力进行统一的调度和分配，这样不但能有效地可靠供电，而且能显著提高经济效益。

电力从生产到分配，通常需要通过发电，输电、变电和配电等过程，发电厂有火力发电、水力发电和核能发电等各种不同类型的电厂，目前世界上由电厂供给的电力，绝大多数是交流电，它们保质保量地发电，除了保证供给标准电压的电能外，频率应保持规定的标准值，我国规定的交流电频率为50赫，这样才能保证整个电网的稳定运行。

目前我国电网的容量越来越大，输电的距离亦越来越长，将发电厂发出的电能输送到四面八方。由于发电机运行安全和绝缘结构等影响，发电机输出端电压往往不能再提高，低压发电机输出端电压为400V，高压发电机通常为6—20千伏，这样长的输电距离，必须经过变压器升压才能把电厂所发的电力输送出去。目前我国常用的输电电压等级有：35千伏，110千伏，220千伏，330千伏，和500千伏级等多种。

输送电能必然导致电能的损耗、这损耗与哪些因素有关，我们知道功率一定，则电流的大小决定于电压的高低，它

们的关系,可从下式表示: $P=IU$,式中 P —功率(瓦), U —电压(伏), I —电流(安)。又根据焦耳楞次定律: $Q=0.24I^2Rt$ 式中 Q —电流通过导体所产生的热量(卡), I —通过导体的电流, R —导体电阻(欧), t —电流通过导体的时间(秒)。

可知,电能在同一导线中的损耗能量程度决定于通过电流的大小,且与其平方值成正比,所以采用低电压、大电流输送电能,很不经济。因此,大的电力系统,长距离输送电能,都把输送电压升得很高。目前,我国的输送电压最高已达到500千伏。一般情况下,输送距离在50公里以下的,采用35千伏电压;在100公里上下内,采用110千伏;输送距离超过200公里的,采用220千伏或更高电压。

要使不同电压等级联成整个网络,需要通过变电设备来衔接,在大型电力系统中,通常设有一个或几个中心变电站,统一指挥调度,监视整个电网的运行,变电又分为输电电压的变换和配电电压的变换,配电站输送的电力在到达用户后,是电网中的最后一级降压变电。

电力从电厂到用户,电压经过多次变换,经过变电而把电压升高的,称为升压;把电压降低的,称为降压。用来升降电压的电器,称为变压器,习惯上把配电线路末端变电的变压器称为配电变压器。

常用的配电电压有10千伏或6千伏高压和380伏/220伏低压两种。用电量大的用户也有用35千伏直接供电的,但大多数用户是由10千伏或6千伏高压供电或380/220伏低压供电。电力分配的配电线路,构成电源与负载之间的电流通道,配电线路的使命是把电力输送到每个供电和用电环节,线路结构是非常复杂的。电工必须正确掌握有关这方面的操

作技术。内线电工接触的配电线路，多数是低压线路，低压线路构成网络时，由于配电电压较低，线路的馈线距离不能太长，在城镇一般不超过 0.6 公里，在农村不超过 1 公里为宜，否则线路末端电压很难保证在额定值范围内。线路通常都是架空敷设形式，导线一般都采用 L T 型裸铝绞线，但线路作沿墙支架敷设时，则必须采用绝缘导线。由于负载中既有照明用电，又有动力用电，同时考虑到接零保护需要，因此中心线通常都跟随相线同杆架设的，在线路的干线部分，都是四线同时架设的，在支线部分，根据用户的不同要求，分有双线，三线的或四线的三种形式。

由于公用配电变压器容量，一般都比较小，而用户又比较多，因此三相负荷的分配要力求平衡，其不平衡度一般不超过 20%，否则会出现中性点漂移，而使三相电压不等。公用低压配电线路中的中性线必须与相线有明显的区别，一般只需要相线的截面 50% 已足够。这样既节约投资，又能避免混淆不清。

第二节 内线安装的准备

现代化的工业企业的生产是建立在电气化和自动化基础上的，许多新技术、新产品、新工艺不断出现，这样对电气设备的安装也提出了新的要求。

内线安装的准备工作的，是一项十分重要的工作，它关系着安装质量。通常按照以下几项原则，做安装前的准备工作：

(一) 安装可靠，电器的设计和制造都考虑用户使用的可靠性，往往由于施工的不妥，造成很多的隐患，给以后运

行的可靠性造成很大的影响，所以必须考虑安装的可靠性。在施工前应详细熟悉设计图纸，对重要工程和复杂工程的设计图纸应进行会审，充分了解设计意图和各种交叉配合情况。并对电气设备和主要材料进行统计。施工时必须符合图纸提出的施工要求。

(二) 运行安全，在施工前尽量考虑好与给排水管道，热力管道，通风管道以及通讯线路的关系，要满足有关规定距离的要求，同时检验电器设备和材料的品质情况，以确保安全运行。

(三) 使用便利，电气设备的安装，要充分考虑运行维修的便利和留有发展的余地。

(四) 节约材料，设计和施工时，在保证可靠安全的基础上，尽量考虑其经济性，节约有色金属和钢材，降低材料消耗量。

(五) 美化环境，在施工过程中不仅保护原建筑物的美观，在安装电器设备及线路时，同样要考虑建筑物的美观问题。

复 习 思 考 题

1. 远距离输送电能为什么要升高电压来输送？
2. 35, 110 千伏输电的距离多远？
3. 低压公用配电变压器、三相负荷不平衡度不超过多少？
4. 内线安装要考虑哪些原则？

第二章 变 压 器

一、变压器概述

变压器是电力系统里常见的重要电气设备，发电厂发出的电能输送到用户所在的城市和广大农村，路程是比较远的。长途输送电能是现代供电的特点。我们知道低压输送电能，导线截面大，线路压降和线路损耗很大。为了弥补这一损失，必须提高线路的输送电压，减小导线截面，节约大量的铜、铝材料。要提高线路电压，得依靠变压器来升高电压。所以在发电厂里总是要安装各种型式的升压变压器，把发电机的出口电压提高到适合输送的较高电压，高电压用户不能直接使用，又得借变压器将电压降低至用户需要的电压。所以在负荷中心安装若干级的降压变压器和大量分散在工厂、地区的配电变压器，把输送来的高压电能变换到便于经济分配和直接使用的较低的电压。通过变压器把不同电压的电网联结在一起，组成复杂电网或大的电力系统，便于调剂电力负荷。

近代发电厂的装机容量不断扩大，单台发电机的容量提高亦很快，500千伏的超高压输电线路的运行电压不断出现，为了适应这种情况，就需要发展和制造大容量、高电压的电力变压器。现代电力系统里，1千瓦的发电容量需要配合5~8千伏安的变压器容量，所以说电力变压器的需要数量是很大的。

(一) 我国电力变压器分类

我国电力变压器种类繁多，虽然形式各种各样的，但都是按照电磁感应原理制成的，一般常用变压器分类如下：

1. 根据不同的用途分为：

(1) 电力变压器又分为输电和配电两类，输电变压器大多是升压变压器，配电变压器大多是降压变压器，它们都是电力系统中最常用的设备。

(2) 特殊用途变压器的种类较多，如冶炼用的电炉变压器，电解用的整流变压器，焊接用的电焊变压器，调压变压器等。

(3) 专供仪表和继电器使用的电压互感器，电流互感器。

(4) 对电气设备进行高压试验的高压试验变压器。

2. 按铁芯的结构形式分：

(1) 芯式变压器：

芯式变压器，它的线圈做成圆筒形，套在铁芯柱外面，线圈的端面由铁轭掩蔽。单相芯式变压器有两个铁心柱和两个铁轭，共同构成一个闭合磁路。三相芯式变压器的每相各有一个铁芯柱。由两个铁轭把它们联接起来。构成三相磁路系统。

(2) 壳式变压器：

这类变压器的线圈做成矩形、水平放置，线圈被铁芯柱包围。单相壳式变压器的铁轭分成两个支路与铁芯柱闭合，一般单相的较多，用于大电流的特殊变压器，如电炉变压器，电焊变压器等。

3. 按相数分：

(1) 单相变压器：用于单相负荷和三相变压器组。

(2) 三相变压器：用于三相系统的升、降电压。

4. 按绕组形式分：

(1) 双线圈变压器，用于连接两个电压等级。

(2) 三线圈变压器，连接三个电压等级，一般用于电力系统的区域变电站。

(3) 自耦变压器。

5. 按冷却方式分：

(1) 油浸式变压器，有油浸自冷式。油浸自冷式就是以油的自然对流作用将热量带到箱壁，然后依靠空气的对流传导将热量散发出去。油浸风冷式、油浸水冷及强迫油循环冷却等。

(2) 干式变压器，依靠空气对流进行冷却。一般用于局部照明、电子线路等小容量变压器。

(3) 充气式变压器，用特殊化学气体 (SF_6) 代替变压器散热。

(二) 变压器的铭牌

变压器铭牌是说明变压器主要特性的一些数据。每一台变压器的油箱壁上都装有一个铭牌。铭牌上包括下列内容：

1. 变压器的型式、出厂序号、相数，冷却方式和使用场所，以及变压器的技术标准代号和型式代号；

2. 变压器的额定容量和条件容量，各侧线圈的额定电压，分接开关位置和分接电压（指空载电压），额定电流，以及额定频率；

3. 变压器的结线组别和线圈联结示意图；

4. 变压器的空载电流、空载损耗、短路电压和短路损耗；

5. 变压器的总重量，运输重量，油重量和芯部重量；

6. 油箱顶盖的布置图;

7. 套管型电流互感器的技术数据等。

变压器铭牌所指额定容量是指在额定工作状态下。电力变压器输出的能力(千伏安),同时亦指这变压器冷却装置正常运行时的容量,如果冷却装置停止使用,电力变压器的实际容量应比额定容量低。

额定电压是指变压器在空载时,一次线圈和二次线圈在额定分接位置上。各端之间的电压值(伏或千伏)。

额定电流是变压器的额定容量和额定电压换算出来的一次线圈和二次线圈的电流值。

短路电压是指把变压器的二次线圈短路。一次线圈在额定分接位置上,使一次线圈中产生额定电流时所加的额定频率的电压 U_{d1} 又叫阻抗电压,通常用变压器的额定电压 U_e 的百分率表示短路电压。

$$U_d \% = \frac{U_{d1}}{U_{e1}} \times 100 \% \quad \text{式中 } U_e \text{ —— 一次线圈的额定电压。}$$

短路损耗:把变压器的二次线圈短路,一次线圈在额定分接位置上,在一次线圈中流过额定电流时,变压器消耗的功率 P_d 。这就是变压器的短路损耗。通常用变压器的额定容量 P_e 的百分率表示短路损耗。对于大型变压器, $P_d/P_e = (0.5 \sim 1.0 \%)$,

空载电流是以额定电压加在变压器一次线圈的额定分接位置上,二次线圈开路,这时一次线圈中流过的电流 I_0 ,这电流又称激磁电流。

通常,用额定电流的百分率表示空载电流,对于中小型

电力变压器。

$$\frac{I_0}{I_{1e}} = (5.0 \sim 11)\%。$$

空载损耗，以额定电压加在变压器一次线圈上，二次线圈开路，变压器所消耗的功率，空载损耗包括铁芯损耗，附加损耗(占铁芯损耗 10%)。铜损耗(不超过铁芯损耗 2%)。

(三) 变压器工作原理

在各种电气设备中，常需要各种不同的电压，如果这些电压都直接用发电机来供给不但不经济，而且给构造带来了困难。但是，我们可以利用变压器来达到目的。假定有一台发电机的输出电压为 1 万伏，要同时供给三种不同电压的负荷，如 220 伏的电灯，380 伏的电动机和 6 伏的电铃。就可以用一只变压器把电压降为 380 伏，亦可获得 220 伏电压，另用一只变压器把电压降为 6 伏。在远距离输电中，尤其要用变压器，需要把电压升得很高，送到负荷中心再把电压降低供给用户。

变压器是一种互感器电路，因此，它必须具有一个铁芯和两个电路，它的铁芯形成一个闭合磁路，这样很小的电流就可以产生很多的磁力线。通过磁力线，电能就可以从一个电路转入到另一个电路中去。变压器的输入电路，也就是接通电源的线圈，叫做原线圈(又叫一次线圈或初级线圈)，它的输出电路，也就是接通负荷的线圈，叫做副线圈或次级线圈。

当原线圈接通交流电源时，副线圈不接负荷时，在原线圈中就有电流和自感电动势产生，这时原线圈中的电流(叫激磁电流)。在铁芯中产生了交变的磁力线，因原线圈和副