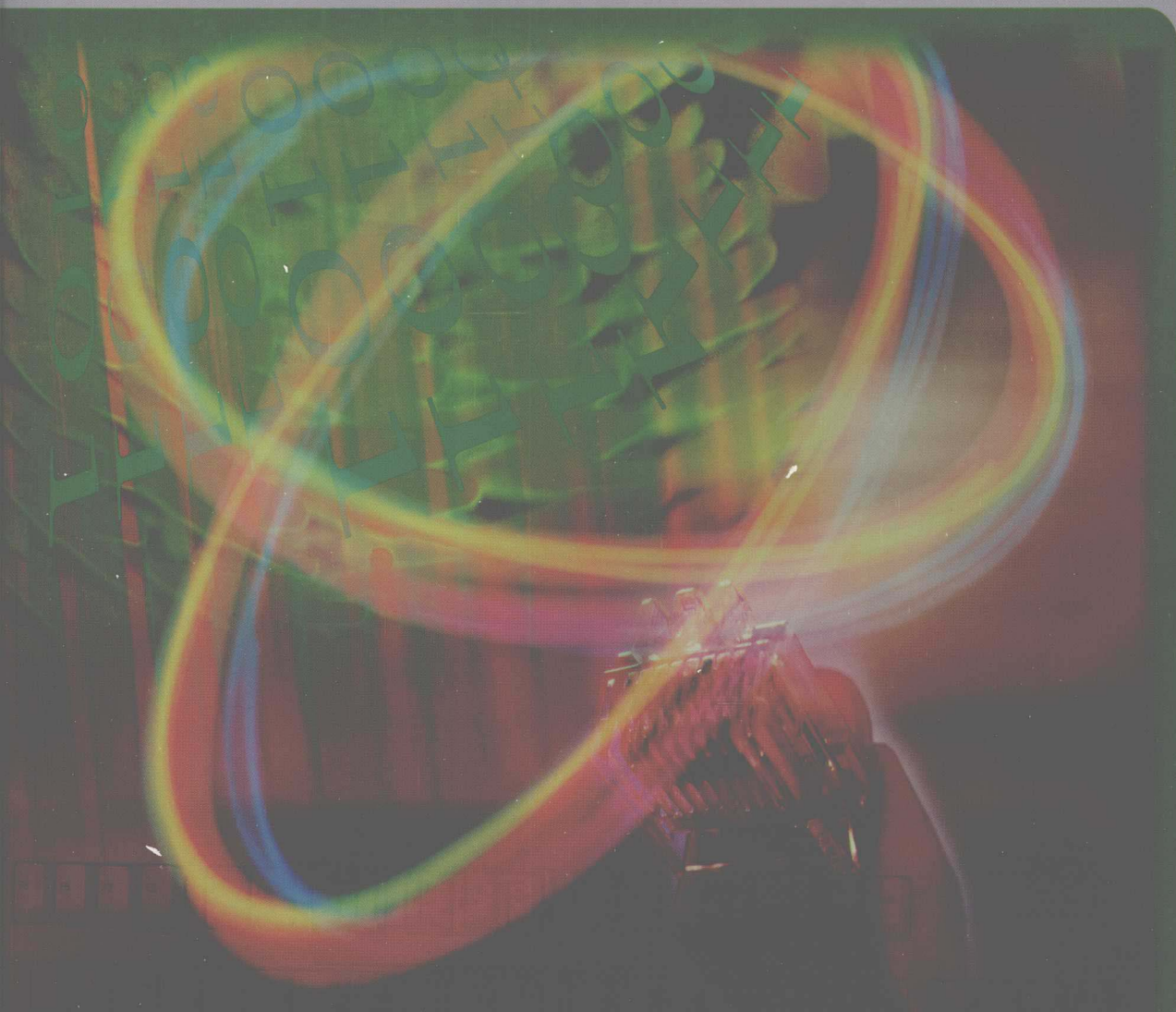


ZHIYE JINENG PEIXUN JIANDING JIAOCAI

■ 职业技能培训鉴定教材 ■



电工(高级)

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

 中国劳动社会保障出版社

ZHIYE JINENG PEIXUN JIANDING JIAOCAI

■ 职业技能培训鉴定教材 ■

主 编 刘素萍

编 者 郑 颖 池德英 杨小兵

审 稿 郭丽安

电工(高级)



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工：高级/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2010

职业技能培训鉴定教材

ISBN 978-7-5045-8107-5

I. 电… II. 人… III. 电工-职业技能鉴定-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 001438 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 14.25 印张 307 千字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

定价：25.00 元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64927085

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64954652

内 容 简 介

本教材由人力资源和社会保障部教材办公室组织编写。教材以《国家职业标准·维修电工》和《国家职业标准·农网配电营业工》为依据,紧紧围绕“以企业需求为导向,以职业能力为核心”的编写理念,力求突出职业技能培训特色,满足职业技能培训与鉴定考核的需要。

本教材详细介绍了高级电工要求掌握的最新实用知识和技术。全书分为5个模块单元,主要包括:电能计量装置的安装与接线检查、三相异步电动机的保护和故障处理、单相异步电动机的拆装与维修、工厂常用机床控制线路及维修和三菱FX系列可编程序控制器。每一单元后安排了单元测试题及答案,书末提供了理论知识和操作技能考核试卷,供读者巩固、检验学习效果时参考使用。

本教材是高级电工职业技能培训与鉴定考核用书,也可供相关人员参加在职培训、岗位培训使用。



前言

1994 年以来,劳动和社会保障部职业技能鉴定中心、教材办公室和中国劳动社会保障出版社组织有关方面专家,依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范》,编写出版了职业技能鉴定教材及其配套的职业技能鉴定指导 200 余种,作为考前培训的权威性教材,受到全国各级培训、鉴定机构的欢迎,有力地推动了职业技能鉴定工作的开展。

劳动保障部从 2000 年开始陆续制定并颁布了国家职业标准。同时,社会经济、技术不断发展,企业对劳动力素质提出了更高的要求。为了适应新形势,为各级培训、鉴定部门和广大受培训者提供优质服务,教材办公室组织有关专家、技术人员和职业培训教学管理人员、教师,依据国家职业标准和企业对各类技能人才的需求,研发了职业技能培训鉴定教材。

新编写的教材具有以下主要特点:

在编写原则上,突出以职业能力为核心。教材编写贯穿“以职业标准为依据,以企业需求为导向,以职业能力为核心”的理念,依据国家职业标准,结合企业实际,反映岗位需求,突出新知识、新技术、新工艺、新方法,注重职业能力培养。凡是职业岗位工作中要求掌握的知识和技能,均作详细介绍。

在使用功能上,注重服务于培训和鉴定。根据职业发展的实际情况和培训需求,教材力求体现职业培训的规律,反映职业技能鉴定考核的基本要求,满足培训对象参加各级各类鉴定考试的需要。

在编写模式上,采用分级模块化编写。纵向上,教材按照国家职业资格等级单独成册,各等级合理衔接、步步提升,为技能人才培养搭建科学的阶梯型培训架构。横向上,教材按照职业功能分模块展开,安排足量、适用的内容,贴近生产实际,贴近培训对象需要,贴近市场需求。

在内容安排上,增强教材的可读性。为便于培训、鉴定部门在有限的时间内把最重要的知识和技能传授给培训对象,同时也便于培训对象迅速抓住重点,提高学习效率,在教材中精心设置了“培训目标”“特别提示”等栏目,以提示应该达到的目标,需要



掌握的重点、难点、鉴定点和有关的扩展知识。另外,每个学习单元后安排了单元测试题,每个级别的教材都提供了理论知识和操作技能考核试卷,方便培训对象及时巩固、检验学习效果。

本书由刘素萍主编,郭丽安审稿,各单元编写分工为:第1单元由郑颖编写,第2单元、第3单元由池德英编写,第4单元、第5单元由杨小兵编写。

本书在编写过程中得到福建省技工教育研究室的大力支持和热情帮助,在此一并致以诚挚的谢意。

编写教材有相当的难度,是一项探索性工作。由于时间仓促,不足之处在所难免,恳切希望各使用单位和个人对教材提出宝贵意见,以便修订时加以完善。

人力资源和社会保障部教材办公室



目 录

第1单元 电能计量装置的安装与接线检查/1-38

第一节 三相三线制电路电能计量装置/3

- 一、三相三线有功电能表
- 二、三相三线无功电能表
- 三、与计量电能有关的其他设备

第二节 电能计量装置的选择/9

- 一、三相三线电能表的选择
- 二、电压互感器的选择
- 三、中、高压电能计量柜(箱)的选择

第三节 电能计量装置的安装与接线检查/14

- 一、电能计量装置的安装
- 二、三相三线制电能表的接线方式
- 三、三相三线制电能计量的接线检查

单元测试题/31

单元测试题答案/37

第2单元 三相异步电动机的保护和故障处理 39-62

第一节 三相异步电动机的保护/41

- 一、短路保护
- 二、过载(过负荷)保护
- 三、失压保护和欠压保护
- 四、缺相运行保护

第二节 三相异步电动机常见故障分析/43

- 一、检查、分析故障的步骤
- 二、常见故障及处理方法



第三节 定子绕组局部故障的检查与排除/46

- 一、绕组修理基本常识
- 二、绕组绝缘不良的处理
- 三、绕组短路故障的处理
- 四、绕组断路故障的处理
- 五、绕组接地故障的处理
- 六、绕组接线错误或嵌反故障的处理

第四节 笼型异步电动机机械故障的检查与排除/52

- 一、电动机转轴的检查和故障处理
- 二、轴承磨损的检查和故障处理
- 三、笼型转子故障的检查及排除
- 四、三相异步电动机的维护

单元测试题/59

单元测试题答案/62

第3单元 单相异步电动机的拆装与维修/63-81

第一节 单相异步电动机的基本知识/65

- 一、单相电动机的特点及应用
- 二、单相异步电动机的工作原理
- 三、分相式单相异步电动机
- 四、罩极式单相异步电动机

第二节 单相异步电动机的反转与调速/71

- 一、单相异步电动机的反转
- 二、单相异步电动机调速

第三节 单相异步电动机的检修/74

- 一、单相异步电动机的拆卸
- 二、单相异步电动机的安装
- 三、单相异步电动机的常见故障分析
- 四、启动电路故障检修

单元测试题/79



第4单元 工厂常用机床控制线路及维修/83-131

第一节 机床电气控制线路维修要求和 维修方法/85

- 一、机床电气设备维修要求
- 二、机床电气设备的日常维修
- 三、机床电气设备故障检修的一般方法
- 四、机床电气设备常用测量故障点方法

第二节 CY6140 型车床电气控制线路检修/91

- 一、CY6140 型车床概述
- 二、CY6140 型车床电气控制原理
- 三、CY6140 型车床电气控制线路典型故障分析

第三节 X62W 型万能铣床电气控制线路检修/98

- 一、X62W 型万能铣床概述
- 二、X62W 型万能铣床电气控制原理
- 三、X62W 型万能铣床电气控制线路典型故障分析

第四节 Z3040 型摇臂钻床电气控制线路检修/109

- 一、Z3040 型摇臂钻床概述
- 二、Z3040 型摇臂钻床电气控制原理
- 三、电气控制线路典型故障分析

第五节 数控机床自动控制系统检修/118

- 一、数控机床概述
- 二、数控机床检修与维护常识

单元测试题/127

单元测试题答案/131

第5单元 三菱FX系列可编程序控 制器/133-197

第一节 PLC的基本组成和工作原理/135

- 一、PLC的基本组成
- 二、PLC的工作原理
- 三、PLC技术应用



第二节 PLC 的编程技术基础/143

一、PLC 的编程语言

二、PLC 软器件（软继电器）

三、PLC 指令系统

第三节 PLC 典型程序识读/158

一、识读 PLC 梯形图和指令语句表的方法和步骤

二、典型 PLC 控制程序识读

三、PLC 梯形图和指令语句表识读

第四节 PLC 控制程序的设计/172

一、PLC 编程器和编程软件

二、PLC 控制程序的设计

三、程序设计实例

第五节 PLC 控制系统的安装、调试与维护/188

一、安装环境

二、安装调试

三、日常维护

单元测试题/191

单元测试题答案/195

理论知识考核试卷（一）/198

理论知识考核试卷（二）/201

理论知识考核试卷（一）答案/205

理论知识考核试卷（二）答案/207

操作技能考核试卷（一）/209

操作技能考核试卷（二）/214

第



单元

电能计量装置的安装与 接线检查

- 第一节 三相三线制电路电能计量装置/3
- 第二节 电能计量装置的选择/9
- 第三节 电能计量装置的安装与接线
检查/14

电能作为现代社会中不可缺少的二次能源，其计量装置在发、供、用电环节中的地位十分重要，它能够客观地显现给定时间内电能的生产与消费的关系，也是国民经济中加强企业管理、考量经济指标、实现成本核算的必不可少的重要工具。



示单

已禁安泊置禁量竹翁申
查針匙對

E\置禁量竹翁申報申補匙三財三 廿一策 □

E\對匙泊置禁量竹翁申 廿二策 □

匙對已禁安泊置禁量竹翁申 廿三策 □

AI\查針



第一节 三相三线制电路电能计量装置

培训 目标

- 掌握三相三线有功、无功电能表的工作原理
- 了解三相三线电能表的用途

一、三相三线有功电能表

1. 三相三线交流感应式电能表的工作原理及用途

三相三线交流感应式电能表与三相四线交流感应式电能表一样，主要由驱动元件、转动元件、制动元件和计度器等部件组成。根据它的转动元件数量不同，三相三线交流感应式电能表可分为双转盘式和单转盘式两种。其中单转盘三相三线交流感应式电能表现在已很少使用。

图 1—1 是两元件双转盘式三相三线交流感应式电能表的结构示意图。它的特点是：两组电磁元件各自作用在一个转盘上，两个转盘同轴，作用在转动元件上的驱动力矩取决于两组电磁元件产生的驱动力矩的代数和，并由一个计度器显示三相电路消耗的总电能。

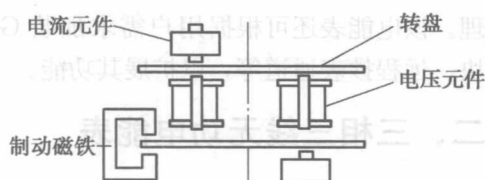


图 1—1 三相三线两元件电能表元件结构示意图（双转盘式）

三相三线交流感应式电能表与三相四线交流感应式电能表的主要结构区别是：三相四线交流感应式电能表有三组电磁元件，三相三线交流感应式电能表只有两组电磁元件。

三相三线交流感应式电能表适用于 35 kV、10 kV 电压等级、中性点绝缘的城乡配电网，经常安装在用户配电变压器的一次高压侧，俗称“高供高计”。一般与 Vv 接线方式的电压互感器及两元件电流互感器配合使用，实现用户用电量的计量。

2. 三相三线电子式多功能电能表的工作原理及用途

三相三线电子式多功能电能表是采用当今最先进的电能表专用集成电路，按国际电工委员会（IEC）标准制造的换代型电能表。它的特点是不需要转动圆盘、转动轴承等机械零件，具有损耗小、寿命长等优点。为与三相三线感应式电能表区别，三相三线电子式多功能电能表也称静止式电能表。

（1）三相三线电子式多功能电能表的工作原理。U、V、W 三相电压、电流信号经电能表采样电路、缓冲器和功率计量处理器，转换成相应的数字信息，传送给数据处理中心，通过程序计算并显示各相电压、电流、功率、电量、需量、功率因数等参数，分析、判断和显示各相电压、电流有无失压、失流等异常状态。其工作原理框图如图 1—2 所示。

（2）三相三线电子式多功能电能表的用途。三相三线电子式多功能电能表具备有功

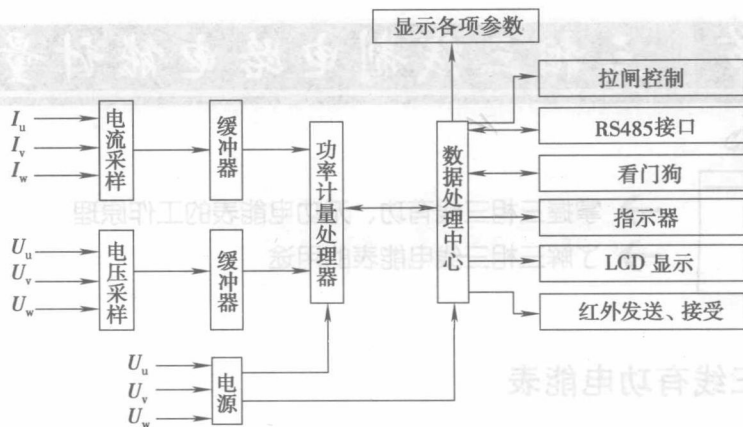


图 1—2 工作原理框图

双向分时电能计量、需量计量、正弦式无功计量、功率因数计量等功能；可实现显示和远程传送实时电压、电流、功率、负载曲线等功能；可按电力部门标准实现失压、失流、电压合格率记录、报警和显示等功能；能有效杜绝窃电行为，实现对用户的科学管理。该电能表还可根据用户需求加装 GPRS 模块（内置或外配）、无线模块、GSM 模块、远程抄表通道等，以扩展其功能。

二、三相三线无功电能表

感应式无功电能表由于设计原理及结构的原因，准确度等级较低，一般为 3.0 级。电子式无功电能表的准确度等级一般为 2.0 级，比电子式有功电能表低。

1. 60°内相角无功电能表

60°内相角三相三线无功电能表必须配以电流互感器和电压互感器，仅能测量三相三线制电路的无功电能，一般多用于高压供电系统中的无功电能测量。图 1—3 为经电压、电流互感器接入的内相角为 60°的三相三线无功电能表接线图和相量图。

从图 1—3a 中可见，60°内相角无功电能表为两元件无功电能表，其接线方式记为第一元件： $\dot{U}_{vw}$ 、 $\dot{I}_U$ ；第二元件： $\dot{U}_{uw}$ 、 $\dot{I}_W$ 。其特点是在电压线圈的首端人为地串联一个附加电阻 R ，使电压线圈的电阻成分增加。

从图 1—3b 中可见，电压线圈的阻抗角从原来的 90°减少为 60°，使得电压工作磁通 Φ_U 仅滞后 $\dot{U}$ 60°，而不像有功电能表的电压工作磁通滞后于电压 90°。

为防止现场接线错误，无功电能表与有功电能表外部接线盒的接线方式完全一致，线接入表后，在表内改变线路走向，达到不同的计量目的。

2. 三相三线正弦式无功电能表

三相三线正弦式无功电能表适用于三相三线制供电系统，这种接线方式能正确测量三相三线制电路的无功电能，而不论其负载是否三相对称。其正确接线如图 1—4 所示，它实际上是两只单相正弦型无功电能表的组合体，在电压回路中串联一个电阻 R_U ，在电流回路中并联一个电阻 R_I ，其接线原则与两元件三相有功电能表相同。

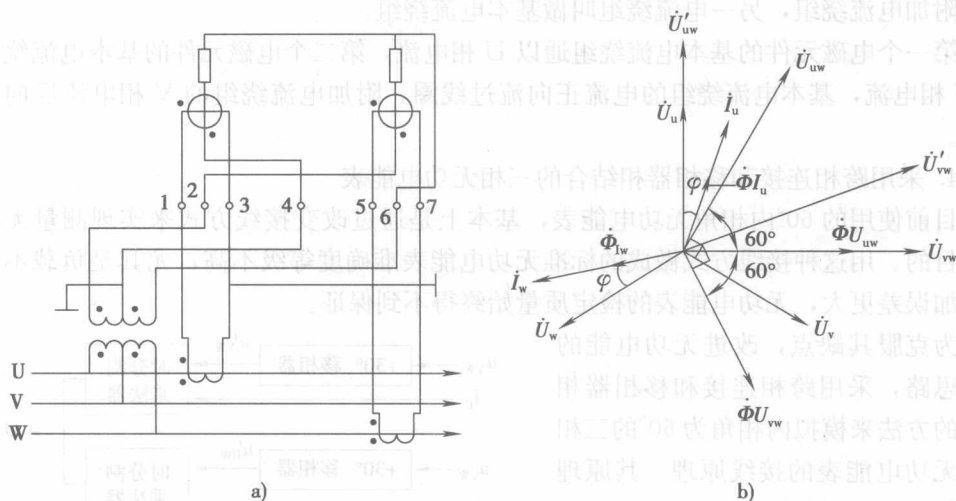


图 1—3 60°内相角无功电能表的正确接线和相量图
a) 内相角为 60°的三相三线无功电能表接线图 b) 相量图

特别提示

这种接线方式不能用来测量三相四线制电路的无功电能。

图中第一元件取电压 $\dot{U}_{UV}$ ，取电流 $-\dot{I}_U$ ；第二元件取电压 $\dot{U}_{WV}$ ，取电流 $-\dot{I}_W$ 。

3. 带有附加电流绕组的三相无功电能表

带有附加电流绕组的三相无功电能表接线较为复杂，它不仅能测量三相三线制电路的无功电能，同时也能测量三相四线制电路的无功电能。其直接接入式、经电流互感器接入式接线如图 1—5 所示。

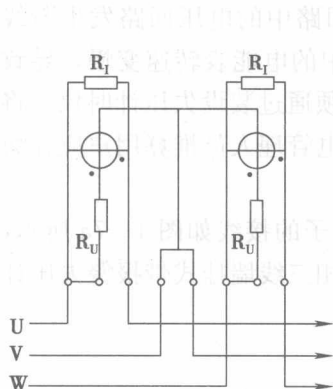


图 1—4 三相三线正弦式无功
电能表接线图

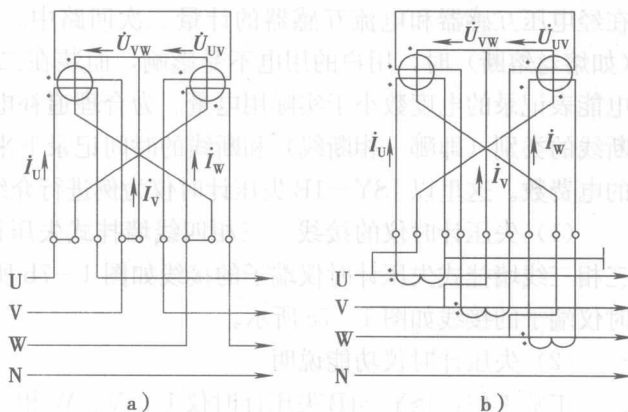


图 1—5 带有附加电流绕组的三相无功电能表接线图
a) 直接接入式 b) 经电流互感器接入式

带有附加电流绕组的三相无功电能表有两个电磁元件，每个电磁元件各有一个电压线圈、两个电流线圈。两个电流线圈的匝数和绕制方向相同，其中通有 V 相电流的绕组



叫做附加电流绕组,另一电流绕组叫做基本电流绕组。

第一个电磁元件的基本电流绕组通以 U 相电流,第二个电磁元件的基本电流绕组通以 W 相电流,基本电流绕组的电流正向流过线圈,附加电流绕组的 V 相电流反向流过线圈。

4. 采用跨相连接和移相器相结合的三相无功电能表

目前使用的 60° 内相角无功电能表,基本上是通过改变接线方式来实现测量无功电能的目的。用这种接线方式做成的标准无功电能表准确度等级不高,尤其是负载不对称时附加误差更大,无功电能表的检定质量始终得不到保证。

为克服其缺点,改进无功电能的测试思路,采用跨相连接和移相器相结合的方法来模拟内相角为 60° 的三相三线无功电能表的接线原理。其原理框图如图 1—6 所示。

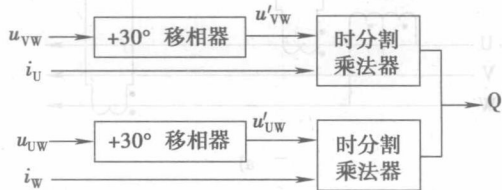


图 1—6 模拟内相角为 60° 的三相三线无功电能表

用这种方式检定内相角为 60° 的无功电能表,检定时可减小接线误差。

其接线方式记为第一元件: $\dot{U}_{vw}$ 、 $\dot{I}_u$; 第二元件: $\dot{U}_{uw}$ 、 $\dot{I}_w$ 。瞬时值 u_{vw} 经移相器超前了 30° , 变为 u'_{vw} ; 瞬时值 u_{uw} 经移相器也超前了 30° , 变为 u'_{uw} 。其有效值未变,因此这种接线方式的无功电能表和接线方式为 60° 内相角的无功电能表完全一样。

三、与计量电能有关的其他设备

1. 失压计时仪

根据中华人民共和国电力行业标准规定,在电能计量回路中必须装设失压计时仪。因为在大电力用户计量回路中一般都装有电压互感器和电流互感器,电能表实际上是接在经电压互感器和电流互感器的计量二次回路中。当二次回路中的电压回路发生断线(如熔丝熔断)时,用户的用电不受影响,而装在二次回路中的电能表转速变慢,导致电能表记录的电度数小于实际用电量。为合理追补电量,必须通过装设失压计时仪,将断线的类别(即哪一相断线)和断线的时间记录下来,供用电管理人员推算用户应补缴的电费数。这里以 JSY-1B 失压计时仪为例进行介绍。

(1) 失压计时仪的接线。三相四线墙挂式失压计时仪端子的接线如图 1—7a 所示,三相三线墙挂式失压计时仪端子的接线如图 1—7b 所示,三相三线墙挂式带报警失压计时仪端子的接线如图 1—7c 所示。

(2) 失压计时仪功能说明

正常工作: JSY-1B 失压计时仪 U、V、W 相三相的信号灯全亮。

逆相序指示: 当失压计时仪接线接成逆相序时,失压计时仪的 U、V、W 相信号灯不是全亮,而是以 W、V、U 相次序每隔 0.5 s 轮流点亮,此时应改正接线。

失压计时显示: 对三相三线失压计时仪而言,失压显示有“U”“V”“W”“UVW”四种方式。例如当失压计时仪 U 相断线失压时, U 相指示灯熄灭(V、W 相指示灯仍点

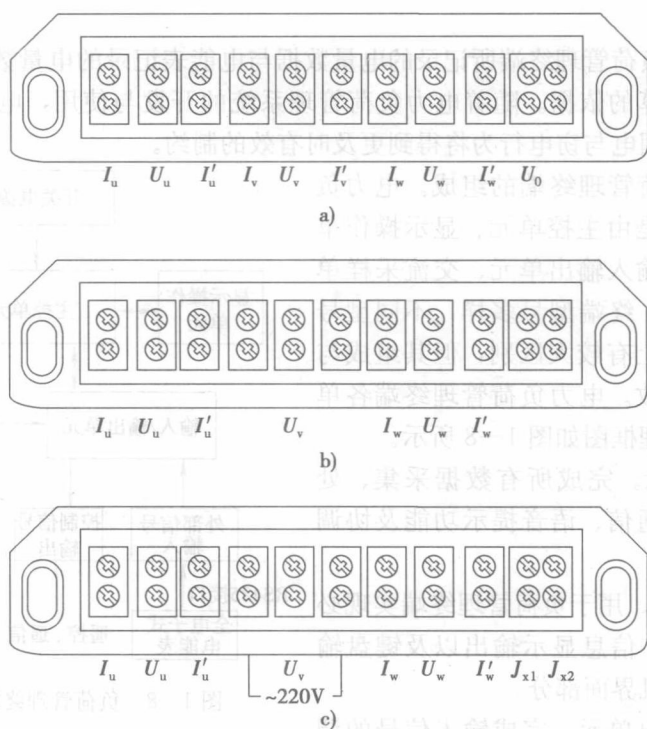


图 1—7 失压计时仪的接线

- a) 三相四线墙挂式失压计时仪端子的接线 b) 三相三线墙挂式失压计时仪端子的接线
c) 三相三线墙挂式带报警失压计时仪端子的接线

亮), 液晶显示屏上最末一位数字闪烁, 每经过 36 s 累计数字加 1, 直至失压故障消除, 此时液晶显示屏上的数字即为 U 相失压时间。如果液晶显示屏轮番显示的最低位数字不闪烁, 说明失压计时仪记录的参数为以往发生的失压情况。

失流显示: 失压计时仪增加了失流显示功能, 其目的是监视计量装置电流回路是否存在开路故障。如果液晶屏显示 “ I_u ” “no”, 说明计量装置电流回路 U 相开路, 应及时检查并进行处理。三相三线失压计时仪, 失流显示有 “ I_u ” “ I_v ” “ I_w ” “ I_{uvw} ” 四种。

2. 电力负荷管理终端

电力负荷管理系统是这几年来在全国范围内大力建设的系统。它以计算机应用技术、现代通信技术、电力负荷控制技术为基础, 能实现信息采集、信息处理和实时监控。

(1) 电力负荷管理终端采集计量数据的类别。电力负荷管理终端能实现对用户端实时用电数据、计量工况和事件的采集, 其采集计量数据的信息主要有以下几类:

1) 负荷数据。包括实时有功功率总加、实时无功功率总加、每日和当前有功及无功功率曲线、功率最大/最小值及其出现时间、最大需量及其出现时间等。

2) 电能量数据。包括每月、每日和当前有功及无功电能量累积值、分时有功电能量累积值、有功及无功电能量曲线等。通过终端与电能表直接通信, 可远程读取电能表的计量数据。

3) 电能质量数据。包括每日和当前电压、功率因数、谐波、停电时间及相关统计