

低压智能配电

综合实训教程

DIYA ZHINENG PEIDIAN
ZONGHE SHIXUN JIAOCHENG

□ 李春来 黄业安 邓大智 编著

低压智能配电综合实训教程

李春来 黄业安 邓大智 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

内容简介

本书为校企合作联合开发低压智能配电综合实训系统的配套教材,是按项目化课程改革要求编写的理论实践一体化教学用书。本书采用模块教学模式,每个模块科学设置了学习目标、工作任务和相关的实践理论知识,适合高职高专培养高技能人才的要求。本书主要介绍低压配电综合实训系统,共包括八个模块,分别为电量测量单元、互感器及变送器、测控单元、无功补偿控制单元、电动机保护单元、PLC 控制与变频调速、YD_NET 通信管理机实验、电力监控系统。内容贴近现实,体例格式新颖,实用性和创新性强,力求突出表现职业技术教育的特点。

本书可作为高职高专应用电子技术、电气自动化、测控技术、楼宇智能化等相关专业的教材,也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

低压智能配电综合实训教程 / 李春来, 黄业安, 邓大智编著. —杭州: 浙江大学出版社, 2014. 8
ISBN 978-7-308-13762-1

I. ①低… II. ①李… ②黄… ③邓… III. ①低电压—智能控制—配电系统—高等职业教育—教材 IV. ①TM726. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 191365 号

低压智能配电综合实训教程

李春来 黄业安 邓大智 编著

责任编辑 王元新

封面设计 林智广告

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州中大图文设计有限公司

印 刷 富阳市育才印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 12.75

字 数 303 千

版 印 次 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-13762-1

定 价 33.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcsb.tmall.com>

PREFACE

为了培养适合社会需要的高等技术应用型人才,我们于2011年9月成立校企合作领导小组及项目小组联合开发低压智能配电综合实训系统。本系统采用实物展示、贴近现实、理论讲解、动手实训、现场参观等手段;而且软件功能强大,实训设备高度集成,便于维护和实训前的准备循序渐进,反复接触,不断提升学生的实训技能。在研发实训系统的同时,我们编写了配套教材。在行业专家的指导下,我们从职业岗位工作任务分析着手,通过课程分析和知识、能力、素质分析,编写了这本新颖、实用性和创新性强、突出表现职业技术教育特点的教材。本书是按项目化课程改革要求编写的理论实践一体化教学用书,采用模块教学模式,每个模块科学设置了学习目标、工作任务和相关的实践理论知识,适合高职高专培养高技能人才的要求。

本书主要介绍低压配电综合实训系统,共包括八个模块,分别为电量测量单元、互感器与变送器、测控单元、无功补偿控制单元、电动机保护单元、PLC控制与变频调速、YD_NET通信管理机实验、电力监控系统;可以作为高职高专应用电子技术、电气自动化、测控技术、楼宇智能化等相关专业的教材;计划学时数70~120学时,任课教师可根据专业培养方向、学生特点灵活取舍有关内容。

本书由河源职业技术学院李春来副教授和黄业安副教授、广东雅达电子股份有限公司邓大智高级工程师担任主编,负责全书的内容结构安排、工作协调及统稿工作。参编人员有河源职业技术学院黄志忠、罗坤明、蓝小亮、董文华、贺小艳等老师。具体编写安排如下:李春来、蓝小亮编写模块五、七,黄业安编写模块一,黄志忠编写模块二和模块四,罗坤明编写模块三和模块八,董文华、贺小艳编写模块六。

在系统研发及配套教材编写过程中,得到了河源职业技术学院科研处、教务处、

电子信息工程学院领导和老师以及广东雅达电子股份有限公司领导和工程师们的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中存在疏漏及不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2014年6月

目 录

C O N T E N T S

模块一> 电量测量单元 / 1

任务一 用智能数显表测量单相交流电量 / 1

技能训练 1 单相交流电流与电压的测量 / 1

知识链接 交流电路中的电流、电压及其测量 / 3

技能训练 2 对比观察电源的电压、电流显示与 YD-STD2202 显示的电压、电流差值 / 8

知识链接 测量中的误差及减小误差的方法 / 9

技能训练 3 交流电的电压和电流频率测量 / 11

知识链接 交流电的频率及其监测 / 12

技能训练 4 交流电的功率和电能的测量 / 13

知识链接 正弦交流电路中的功率及其测量 / 14

任务二 用智能数显表测量三相交流电量 / 22

技能训练 1 三相交流电的认识 / 22

知识链接 三相正弦交流电路 / 23

技能训练 2 中性线的作用以及对电量测量的影响 / 31

知识链接 I “Y”三相四线供电系统中中线的作用 / 32

知识链接 II YD-STD2202 智能电力测控仪的结构 / 33

模块二> 互感器及变送器 / 35

任务一 电压互感器的认识及使用 / 35

技能训练 1 认识电压互感器及其同名端判别和接线方式 / 35

技能训练 2 电压互感器变比的测试 / 36

知识链接 电压互感器 / 37

任务二 电流互感器的认识及使用 / 38

技能训练 1 电流互感器与电流试验型端子开路报警试验 / 38

技能训练 2 电流互感器的星形连接训练 / 40

技能训练 3 电流互感器的不完全星形连接(V形)训练 / 40

技能训练 4 三相电的相位关系、电流互感器接乱的功率变化 / 41

知识链接 电流互感器 / 42

任务三 变送器的认识及使用 / 46

技能训练 1 用变送器测量交流电压 / 46

技能训练 2 用传感器测量直流电流 / 47

知识链接 变送器 / 47

模块三> 测控单元 / 53

任务一 电子式电能表的安装及使用 / 53

技能训练 1 单相电能表的安装及使用 / 53

技能训练 2 三相电能表的安装及使用 / 55

知识链接 电能表 / 55

技能训练 3 电能表接线故障排查 / 57

知识链接 电能表错误接线分析与判断 / 57

任务二 智能测控仪的认识和使用 / 63

技能训练 用 YD-STD2202 的 DI、DO 功能实现数字信号的输入、输出 / 63

知识链接 智能电力仪表串口通信 / 67

模块四> 无功补偿控制单元 / 73

任务一 电容器的检测及无功补偿系统的连接 / 73

技能训练 1 电力电容器的检测 / 73

知识链接 电力电容器的结构及其检测 / 74

技能训练 2 无功补偿系统的连接 / 76

知识链接 JKWFC-18Z 系列无功功率自动补偿控制器及其使用 / 77

任务二 无功补偿控制系统的电容投切 / 86

技能训练 1 电容器投切手动控制实训(接触器投切电容) / 86

技能训练 2 电流电压极性接反时的功率比较 / 88

知识链接 正弦交流电路中的无功补偿 / 89

模块五> 电动机保护单元 / 95

任务一 三相交流电动机的安装 / 95

技能训练 三相电机的认识与接线 / 95

- 知识链接 电动机的结构及工作原理 / 96
- 任务二 电机运行的智能控制 / 100
 - 技能训练 1 三相电机的降压启动线路 / 100
 - 知识链接 电机启动及运行的控制 / 101
 - 技能训练 2 用 YD2310F 实现电机的“抗晃电”重启动功能 / 106
- 任务三 电机的智能保护 / 108
 - 技能训练 电机的智能保护原理与 YD2310F 的应用 / 108
 - 知识链接 YD2310F 的智能保护 / 110

模块六> PLC 控制与变频调速 / 115

- 任务一 电动机的 PLC 控制 / 115
 - 技能训练 1 PLC 控制电机直接启动 / 115
 - 知识链接 I 可编程序控制器 / 116
 - 知识链接 II PLC 的梯形图和编程语言 / 124
 - 技能训练 2 PLC 实现电机正反转控制线路连接 / 126
 - 知识链接 I FX3U 系列 PLC 中的编程元件及指令系统 / 128
 - 知识链接 II 继电器接触器控制电路转换成梯形图法 / 133
 - 知识链接 III GX Developer 编程软件 / 135
 - 技能训练 3 PLC 实现电机降压启动线路连接 / 139
 - 知识链接 I FX 系列 PLC 的基本指令和应用指令 / 140
 - 知识链接 II PLC 控制系统的设计 / 143
 - 技能训练 4 PLC 实现十字路口交通灯控制 / 144
 - 知识链接 PLC 程序的经验设计法 / 145
- 任务二 电动机的变频调速控制 / 146
 - 技能训练 1 变频的概念与台达变频器的简介 / 146
 - 知识链接 交流变频调速相关知识 / 147
 - 技能训练 2 变频器控制电机的最简单控制 / 149
 - 知识链接 通用变频器的介绍 / 150
 - 技能训练 3 PLC 控制变频器实现电机正反转 / 159
 - 知识链接 变频调速恒压供水系统电路设计 / 160

模块七> YD_NET 通信管理机实验 / 167

- 技能训练 1 YD_NET 通信管理机网络通信 / 167
 - 知识链接 YD_NET 通信管理机 / 170
- 技能训练 2 上位机通过 RS485 控制 YD2310F / 171
 - 知识链接 上位机的安装及设置 / 172
- 技能训练 3 用空调节电控制器控制三相电开合 / 174
 - 知识链接 无线网络传感器认识 / 176

模块八> 电力监控系统 / 179

任务 电力监控系统远程测控 / 179

技能训练 YD-SCADA 电力监控系统远程测控 / 179

知识链接 I YD-SCADA 电力监控系统 / 181

知识链接 II 电力系统通信规约 / 187

模块一

电量测量单元

1

学习目标

1. 能正确地把电量数显表连接到被测电路中,并能对相关电量进行监测。
2. 通过查阅产品说明书,能正确地操作各种电量数显表的面板按键,使其显示所要的被测量,并能对测量结果进行准确描述和分析。
3. 能判断和处理简单的交、直流电路故障。

任务一 用智能数显表测量单相交流电量

技能训练 1 单相交流电流与电压的测量

一、实训目的

- (1)认识单相交流电。
- (2)单相交流电的电参量及其测量。

二、实训仪器与材料

电气实训柜 YD-STD2202 一套,插拔线若干。

三、实训内容与步骤

(1)在确认实训柜电源输出部分的 A1P 开关断开后,对实训柜中的交流电量智能数显表 YD-STD2202 按图 1.1.1 所示进行单相二线监测接线:

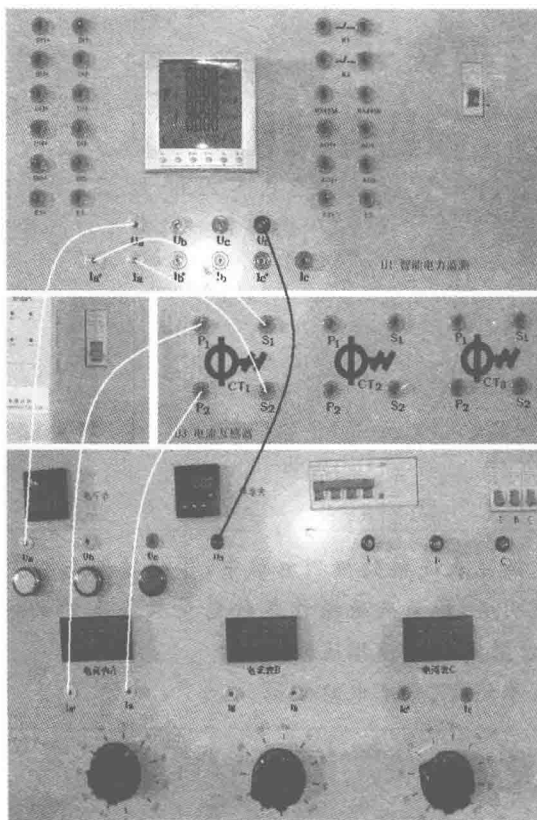


图 1.1.1 单相电量监测接线方法

①连接 YD-STD2202 的 A 相电压采集回路(用两根插拔线,一端插实训柜电源输出部分的 U_a 、 U_n 孔位,另一端插实训柜电量测量单元 U_1 的 YD-STD2202 表对应的 U_a 、 U_n 孔位)。

②连接 YD-STD2202 的 A 相电流采集回路(用两根插拔线,一端插实训柜电量测量单元 U_2 互感器部分的 CT_1 S_1 、 CT_1 S_2 孔位,另一端插实训柜电量测量单元 U_1 的 I_a^* 、 I_a 孔位)。

③连接 A 相电流互感器的 U_2 电流回路(用两根插拔线,一端插实训柜电源输出部分的 I_a^* 、 I_a 孔位,另一端插实训柜电量测量单元 U_2 互感器部分对应的 CT_1 P_1 、 CT_1 P_2 孔位)。

(2)依次接通电气实训柜电源输出部分的 4P 开关、电量测量单元 U_1 智能电力监测的 1P 开关、电源输出部分的 A1P 开关。

(3)切换 YD-STD2202 的按键,观察表面显示:电压、电流,并把观测数据填入表 1.1.1(必要时操作表面下方按键使 I 和 U 轮显)。

表 1.1.1 实验数据记录

| 电量项目 | 第一次显示值 | 第二次显示值 | 第三次显示值 | 第四次显示值 | 第五次显示值 | 平均值 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 电压 $U(V)$ | | | | | | |
| 电流 $I(A)$ | | | | | | |

四、分析与思考

- (1) 对比实训柜电源输出部分的小表显示与 U_1 智能电力监测部分的大表显示: U_a 、 I_a 。
- (2) 实训中的电路采集回路为什么要接电流互感器 CT_1 ?



知识链接

交流电路中的电流、电压及其测量

一、交流电的描述

1. 交流电流

大小和方向都随时间变化的电流称为交流电。目前作为电能应用最为普遍的是按正弦规律变化的正弦交流电。正弦交流电,每一个瞬间的大小,称为瞬时值,可用正弦函数表示为

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

式中: I_m 为最大值; ω 为角频率,单位是 rad/s (弧度/秒),表征交流电变化的快慢; φ 为 $t=0$ 时的初相角,表示正弦函数的计时起点; $\omega t + \varphi$ 为任意时刻的相位。它们在正弦波形图上的意义如图 1.1.2(a) 所示。

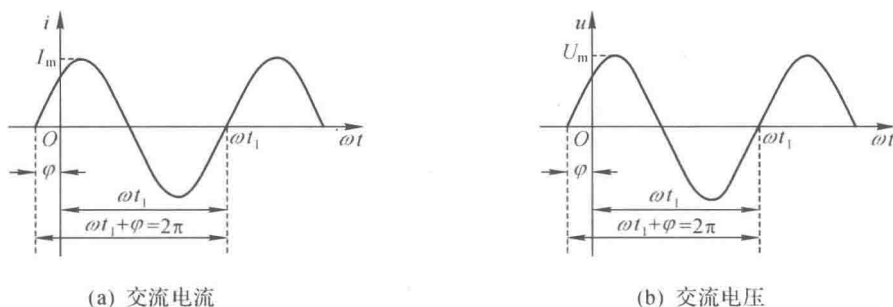


图 1.1.2 正弦交流电波形

交流电流的大小是随时间变化的,瞬时值的大小在正负峰值之间变化。虽然最大值是一常数,但它不能反映交流电做功的能力。于是引入有效值的概念,其定义为:如果把交流电和直流电分别通过同一电阻,两者在相同时间内产生的热量相等,则此直流电的数值就叫做该交流电的有效值,用大写字母“ I ”表示。理论和实验均可证明,正弦交流电流的有效值与最大值之间的关系为 $I = I_m / \sqrt{2}$,通常人们所说交流电流的大小指的就是有效值。交流电器铭牌上标示的额定值以及通常交流仪表所测的电流值均为有效值。

2. 交流电压

交流电压的瞬时值可表示为 $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$,与交流电流具有相类似的形式,如图 1.1.2(b) 所示。同样,正弦交流电压的有效值与最大值之间的关系为 $U = U_m / \sqrt{2}$ 。

3. 交流电的向量表示法

用正弦函数或者波形图表示交流电时,在进行比较或运算时十分不便,需要寻求一种

简便的表示方法。

如图 1.1.3 所示,从原点出发作一有向线段(矢量),令它的长度等于正弦量的最大值 I_m ,与水平轴的夹角等于正弦量的初相位 φ ,然后以等于正弦量角频率的角速度 ω 逆时针旋转,则在任一瞬间,该旋转矢量在纵轴上的分量就等于该正弦量的瞬时值 $I_m \sin(\omega t + \varphi)$ 。可见正弦交流电也可以用旋转矢量表示。

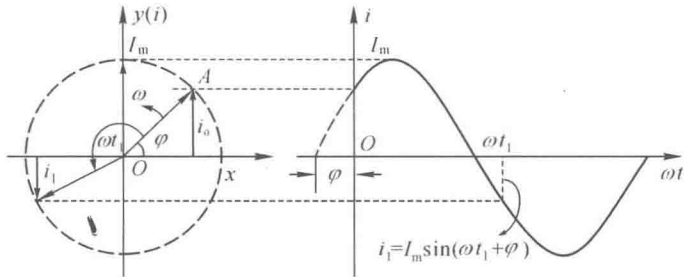


图 1.1.3 正弦交流电与旋转矢量的对应关系

从图 1.1.3 可见,用旋转矢量来表示正弦量也是很烦琐的。通常,由于正弦交流电路中的电压、电流都是同频率的,对于同频率的各种正弦量,只要各自的初相确定,则任意时刻均有同样的相位关系,因此,可以只用有向线段的初始位置($t=0$ 的位置)来表示正弦量,即用有向线段的长度表示正弦量的最大值,而正弦量的初相用有向线段与横轴正向的夹角表示,用符号“ I ”表示,这种表示正弦量的方法叫做向量法。如图 1.1.4(a)所示。

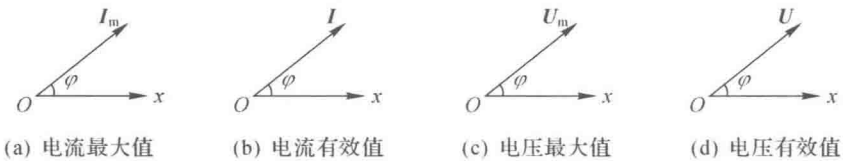


图 1.1.4 正弦电流的向量表示

在实际问题中,遇到的往往是正弦量的有效值,如果使有向线段的长度等于正弦量的有效值,这种向量叫做有效值向量,用符号“ I ”表示,如图 1.1.4(b)所示。同理,正弦电压的最大值向量表示为 U_m ,有效值向量表示为 U ,如图 1.1.4(c)和(d)所示。

当正弦量用向量表示时,如果要进行同频率正弦量的加减运算,则可从同一原点出发,先作出与各正弦量对应的向量,然后按照平行四边形法则求出合成向量,这个合成向量的长度就是总的正弦量的最大值,合成向量与横轴的夹角就是总正弦量的初相。同时还可以用复数进行运算。更为重要的原因如下:

(1)交流线性元件中只有纯电阻电路的电流与电压向量才是同方向的,而在纯电感电路和纯电容电路中电流与电压向量是互成 90° 的,如图 1.1.5 所示。

(2)RLC 串联电路中,各元件两端的电压向量与总电压向量一般都不在同一个方向,总电压的有效值与各元件电压的有效值的关系是向量和而不是代数和,如图 1.1.6 所示。

(3)RLC 并联电路中,各元件中的电流向量与总电流向量一般不会在同一个方向,总电流的有效值与各元件电流的有效值的关系是向量和而不是代数和,如图 1.1.7 所示。

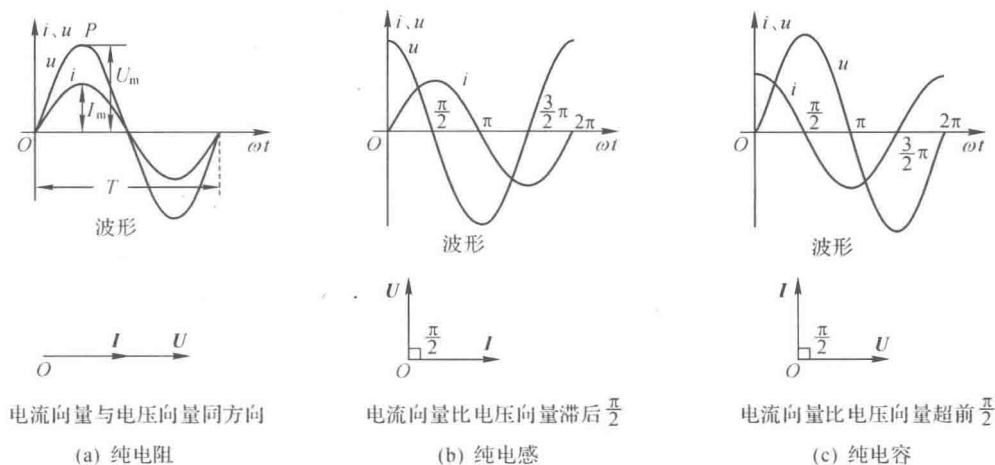


图 1.1.5 各交流线性元件中电流与电压向量的关系

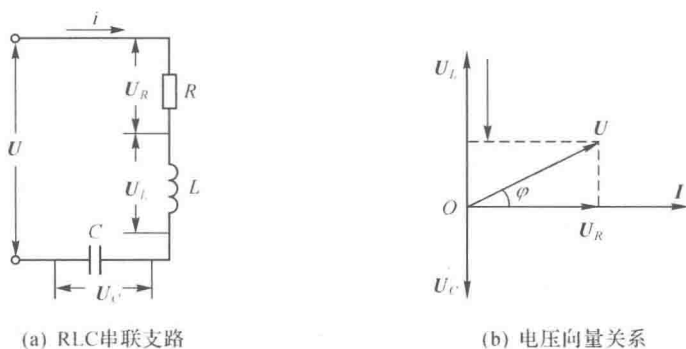


图 1.1.6 RLC 串联支路中各元件的电压向量

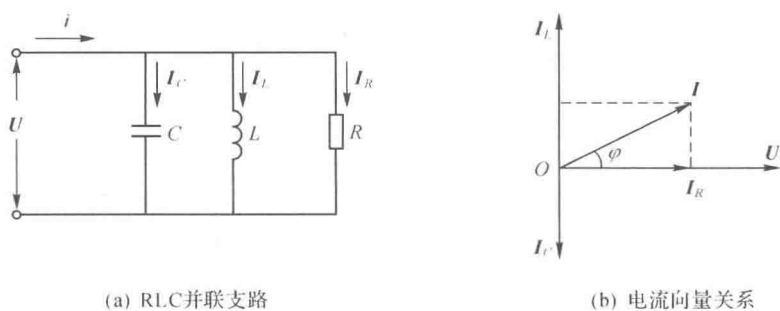


图 1.1.7 RLC 并联电路中各元件的电流向量

二、交流电流及电压的测量

1. 交流电流的传统测量方法

(1) 用指针表测量交流电流

指针式交流电流表可以分为安装式和钳形便携式两种类型。

①安装式电流表只有一个量程,直接测量时,将电流表(表内固定线圈)直接串入被测电路中即可读出被测电流的值;如果要测量较大的电流,常通过电流互感器把一次回路的大电流转变为二次回路的较小电流,然后根据电流互感器的变比读取被测电流的值。如图 1.1.8 所示。

②钳形便携式电流表可以不断开电路而直接测量正在运行的电气线路中的电流。钳形便携式电流表的使用方法很简单,只要将正在运行的待测导线夹入钳形电流表钳口内,然后读取表头指针读数即可,如图 1.1.9 所示。

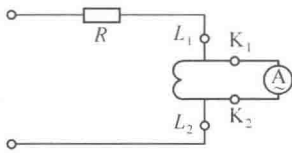


图 1.1.8 电流互感器的接线

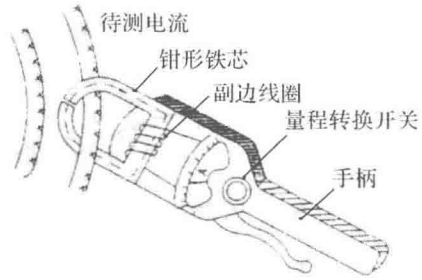


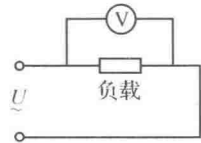
图 1.1.9 钳形便携式电流表

(2)用指针表测量交流电压

常见的指针式电压表如图 1.1.10(a)所示,测量时电压表必须并联在被测电路中,如图 1.1.10(b)所示。



(a) 常见的指针式电压表



(b) 电压表的接线方法

图 1.1.10 指针式电压表及其接线方法

测量 500V 以上交流电压时,一般都采用电压互感器来扩大交流电压表的量程。电压互感器是一次线圈匝数远大于二次线圈匝数的降压器。其一次线圈的额定电压采用不同的电压等级,而二次线圈的额定电压一般为 100V,这给测量带来很大的方便。电压互感器在线路中的符号如图 1.1.11(b)所示,电压互感器在线路中的接线方式如图 1.1.11(c)所示。一次线圈 A-X 与被测负载并联,二次线圈 a-x 与电压表连接。若一次线圈匝数为 N_1 ,二次线圈匝数为 N_2 ,则变压比 $K_V = \frac{N_1}{N_2}$;如果电压表读数为 U_2 ,则被测电压 $U_1 = K_V U_2$,这样就能将电压表的量程扩大 K_V 倍。

在使用电压互感器时应注意以下几个问题:

(1)为了便于读数,有的电压表的刻度是按电压互感器的一次电压标注的。对于与电压互感器配合使用的电压表,应选择一次线圈的额定电压与电压表的满刻度电压(量程)相等的电压互感器,如电压表满刻度电压为 1000V,则互感器的一次额定电压应选

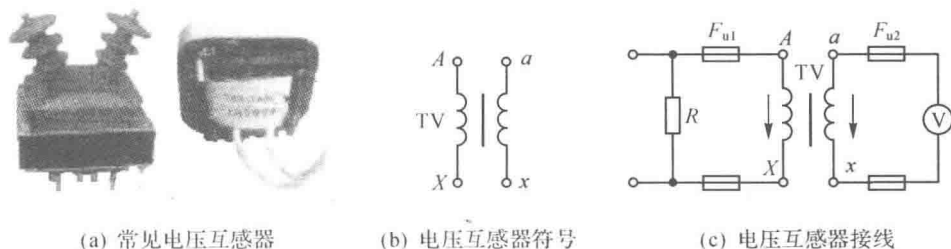


图 1.1.11 电压互感器外形、图形符号及在电路中的接法

择 1000V。

(2)电压互感器的二次线圈的一个端钮、铁芯和外壳都要可靠地接地,这样即使在绕组绝缘损坏,二次线圈另一端钮对地的电压也不会升高,以确保人身和设备安全。

(3)电压互感器的二次侧如果短路,一次、二次绕组中会有很大的短路电流,为了防止过大的短路电流损坏电压互感器,互感器一次、二次侧均应装设熔断器作短路保护。

2. 用数字交流智能表测量交流电量

虽然模拟式指针表结构简单、测量方便,但受表头精度的限制,测量精度较差,即使采用 0.5 级的高灵敏度表头,读测分辨率也只能达到半格,并且每次接线只能测量一项电参量。

数字电压表作为数字技术的成功应用,以其输入阻抗高、功能齐全、显示直观、便于智能化等突出优点而获得强势发展。图 1.1.12 所示为电气实训柜中安装的交流电量智能数显表 YD-STD2202 的外形和单相二线监测接线图。

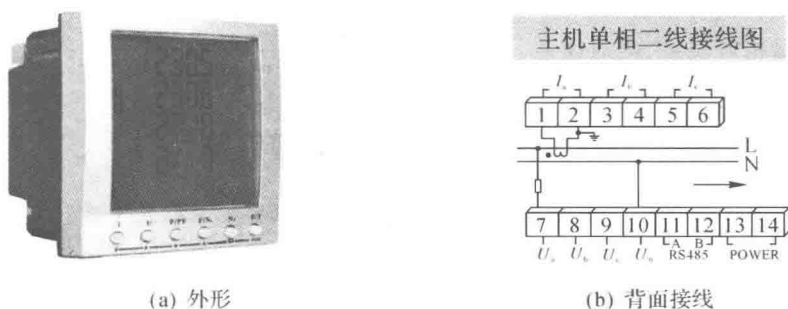


图 1.1.12 交流电量智能数显表的外形和接线

YD-STD2202 智能电力测控仪可测量单相和三相电网的全部电参数,面板上的操作键有 6 个,按键上端标示的是显示模式功能(下端标示的是编程模式下的功能),如表 1.1.2 所示。

表 1.1.2 YD-STD2202 显示模式下的按键功能

| | |
|------------------|------------------------|
| I | 切换到电流、电流需量、基波值、总畸变率 |
| U | 切换到线电压、相电压、基波值、总畸变率 |
| P/P _F | 切换到有功功率、无功功率、视在功率、功率因数 |

续表

| | |
|---------|------------------------------|
| F/N_1 | 测量参数子菜单切换,如画面在总畸变率切换到各次谐波含有率 |
| N_2 | 电能数据切换和扩展模块子菜单切换 |
| E/T | 电能和扩展模块数据切换主菜单 |

本次训练中只是用智能数显表 YD-STD2202 来测量单相交流电的电流、电压,操作方法如图 1.1.13 所示。

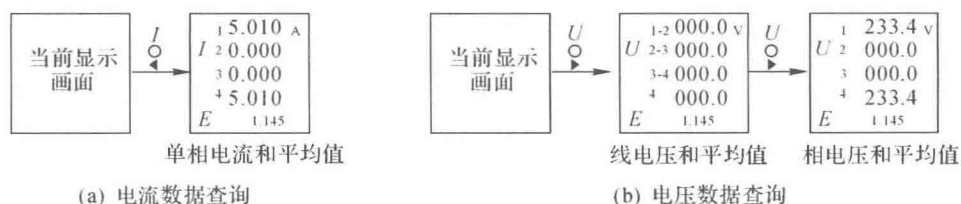


图 1.1.13 智能数显表 YD-STD2202 的电流、电压查询操作方法

技能训练 2 对比观察电源的电压、电流显示与 YD-STD2202 显示的电压、电流差值

一、实训目的

- (1)掌握误差的理论知识。
- (2)掌握相对误差、绝对误差、引用误差的算法。

二、实训仪器与材料

电气实训柜 YD-STD2202 一套,插拔线若干。

三、实训内容与步骤

(1)在确认实训柜电源输出部分的 A1P 开关断开的情况下,对实训柜中的交流电量智能数显表 YD-STD2202 进行单相二线监测接线:

①连接 YD-STD2202 的 A 相电压采集回路(用两根插拔线,一端插实训柜电源输出部分的 U_a 、 U_n 孔位,另一端插实训柜电量测量单元 U_1 的 YD-STD2202 表对应的 U_a 、 U_n 孔位);

②连接 YD-STD2202 的 A 相电流采集回路(用两根插拔线,一端插实训柜电量测量单元 U_2 互感器部分的 $CT_1 S_1$ 、 $CT_1 S_2$ 孔位,另一端插实训柜电量测量单元 U_1 的 I_a^* 、 I_a 孔位);

③连接 A 相电流互感器的 U_2 电流回路(用两根插拔线,一端插实训柜电源输出部分的 I_a^* 、 I_a 孔位,另一端插实训柜电量测量单元 U_2 互感器部分对应的 $CT_1 P_1$ 、 $CT_1 P_2$ 孔位);

(2)依次接通电气实训柜电源输出部分的 4P 开关;电量测量单元 U_1 智能电力监测