

XIANCHANG YUNXING RENYUAN
JIDIAN BAOHU SHIYONG JISHU

现场运行人员 继电保护实用技术

廖小君 杨先义 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

现场运行人员 继电保护实用技术

XIANCHANG YUNXING RENYUAN
JIDIAN BAOHU SHIYONG JISHU

廖小君 杨先义 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书介绍了基础的继电保护装置调试、检验技术，现场的各种装置及回路检验技术、投运及验收技术，二次回路审图中典型问题，常见的各种缺陷处理技术，通道调试维护技术等继电保护实用技术。

全书共十二章，主要内容包括继电保护检验基础知识，继电保护测试仪及使用，继电保护通用检验调试项目，110kV及以下线路保护调试与检验，220kV及以上线路保护调试与检验，变压器保护调试与检验，母线保护及断路器失灵保护调试与检验，电容器及电抗器保护调试与检验，备用电源自动投入装置调试与检验，保护投运及带负荷测试，二次回路审图及验收，典型缺陷处理技术。

本书实用性强，可供从事继电保护专业的检修、调试、运行维护人员学习参考，亦可供变电运行等人员学习参考。同时本书系统性很强，可用作继电保护专业技术人员的培训教材，也可作为本科或专科继电保护专业学生的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

现场运行人员继电保护实用技术/廖小君，杨先义编著.
北京：中国电力出版社，2011.6

ISBN 978-7-5123-1854-0

I. ①现… II. ①廖… ②杨… III. ①电力系统-继电保护-基本知识 IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 128241 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http://www.cepp.sgcc.com.cn)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 8 月第一版 2011 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 446 千字

印数 0001—3000 册 定价 42.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

继电保护装置的调试、检验、投运、维护、缺陷处理及二次回路审图验收等是继电保护专业工作人员非常重要的工作内容。本书紧密结合上述现场实用技术，从基础的检验调试到高级的缺陷处理等方面进行了系统介绍。

全书共十二章，其中第一～三章主要介绍继电保护检验基础知识、检验要求、状态检修基础、继电保护测试仪及使用、继电保护装置输入/输出等通用检验调试项目。第四～九章介绍各类电压等级的线路保护调试、变压器保护调试与检验，母线保护调试与检验，电容器及电抗器保护调试与检验，备用电源自动投入装置调试与检验等基本的实用技术。装置检验调试详细介绍了保护原理基础知识、安全措施准备及保护各功能调试检验方法，并给出了详细接线方法、参数设置及案例等。第十～十二章则重点介绍保护投运及验收，二次回路审图及验收，典型缺陷处理技术等与现场联系紧密的更高层次的实用技术。保护投运及验收重点介绍了各种保护的带负荷测试检验判断方法，并通过案例进行说明。二次回路审图及验收则详细介绍了现场验收过程中各种典型二次回路图纸的缺陷及改进方法。典型缺陷处理技术介绍了保护及回路等常见的七大类缺陷排查和处理方法。为便于初学者学习，附录给出了广泛使用的PW系列继电保护测试仪的基本使用方法。

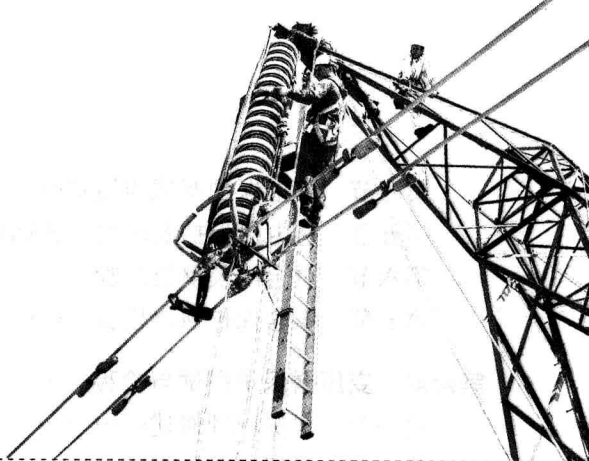
本书的编写注重实用性、系统性，与实际结合紧密。同时针对现场人员的工作特点及要求，引入了许多案例。

本书第一～九章由四川省电力公司生产技术技能培训中心廖小君编写，第十～十二章由成都电业局杨先义编写，全书由廖小君统稿、初审。本书编写过程中，得到了四川省电力公司调度中心余锐、超高压运检中心王静及成都电业局继电保护所等的大力支持，同时得到了国网技术学院王涛老师的指导和鼓励，在此一并向他们表示感谢！

由于水平所限，书中错误与疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者
2011年7月

目 录

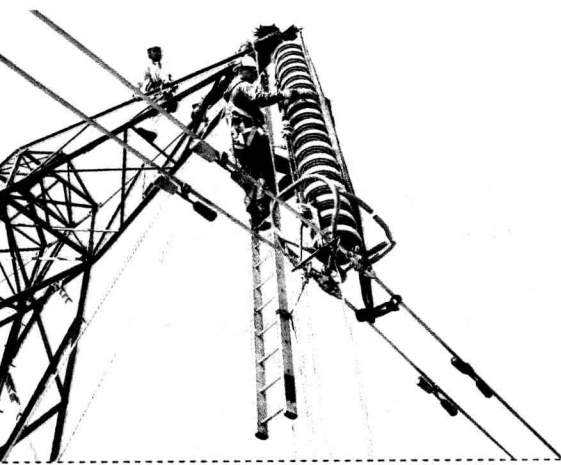


前言

第一章 继电保护检验基础知识	1
第一节 继电保护检验.....	1
第二节 继电保护检验常用仪器.....	5
第三节 继电器及装置检验基本方法.....	12
第四节 继电保护状态检修基础.....	22
第二章 继电保护测试仪及使用	29
第一节 继电保护测试装置.....	29
第二节 微机保护测试仪软件功能及使用.....	36
第三节 数字式继电保护测试仪.....	42
第三章 继电保护通用检验调试项目	46
第一节 概述.....	46
第二节 现场检验安全措施.....	51
第三节 外部、绝缘及电源检验.....	55
第四节 输入系统检验.....	58
第五节 输出系统检验.....	64
第六节 整组试验.....	68
第四章 110kV 及以下线路保护调试与检验	71
第一节 保护原理概述.....	71
第二节 常规检验.....	78
第三节 馈线保护逻辑功能测试.....	80
第四节 110kV 线路保护逻辑功能测试.....	93
第五节 低频减载及低压减载功能测试.....	104
第五章 220kV 及以上线路保护调试与检验	111
第一节 保护原理概述.....	111
第二节 超高压线路保护常规检验.....	122
第三节 纵联保护调试与检验.....	123

第四节	其他保护调试与检验	128
第五节	过电压保护及远跳装置调试与检验	131
第六节	重合闸及整组试验	131
第七节	纵联保护通道检验	136
第六章	变压器保护调试与检验	139
第一节	保护原理概述	139
第二节	常规检验	150
第三节	变压器差动保护调试与检验	151
第四节	变压器后备保护调试与检验	157
第五节	变压器其他保护及整组调试与检验	163
第七章	母线保护及断路器失灵保护调试与检验	167
第一节	保护原理概述	167
第二节	常规检验	175
第三节	母线差动保护调试与检验	177
第四节	母联相关保护调试与检验	185
第五节	断路器失灵保护调试与检验	189
第八章	电容器及电抗器保护调试与检验	192
第一节	保护原理概述	192
第二节	常规检验	194
第三节	电容器保护逻辑功能检验	195
第四节	高压电抗器保护检验	199
第九章	备用电源自动投入装置调试与检验	201
第一节	保护原理概述	201
第二节	常规检验	203
第三节	备用电源自动投入装置逻辑功能调试与检验	204
第十章	保护投运及带负荷测试	210
第一节	概述	210
第二节	线路保护投运及带负荷测试	210
第三节	变压器保护投运及带负荷测试	214
第四节	母线保护投运及带负荷测试	220
第十一章	二次回路审图及验收	223
第一节	二次回路概述	223
第二节	二次回路审图常见问题	224
第三节	继电保护验收	239
第十二章	典型缺陷处理技术	251

第一节	交流回路检查及处理·····	251
第二节	操作回路检查及处理·····	261
第三节	直流回路检查及处理·····	263
第四节	高频通道缺陷处理·····	267
第五节	光纤通道故障处理·····	277
第六节	重合闸缺陷处理·····	279
第七节	综自“四遥”缺陷处理·····	280
附录 A	PW 系列继电保护测试仪使用方法·····	284
参考文献	·····	292



继电保护检验基础知识

第一节 继电保护检验

一、概述

继电保护及二次系统是电力系统中非常重要的一个系统，主要包括微机保护装置、各种安全自动装置及相应的连接回路。随着继电保护技术的发展，继电保护装置从电磁型、晶体管型、集成型进入了微机保护的時代。目前微机保护已经经历了三代，其功能更加强大、可靠性及动作正确率更高、性能更优良，而在使用、维护、调试方面则更加简单、方便。目前，系统中绝大多数保护装置都已经更换成微机保护装置，且许多第二代微机保护装置也在升级换代中，因此本书大部分的内容都针对微机保护装置的检验、调试及运行维护。

继电保护系统应当满足四个基本要求，即选择性、快速性、灵敏性和可靠性。而一个可靠的保护系统需要从各个方面予以保证，其中对保护系统的检验和调试是非常重要的环节。保护系统在出厂、现场安装调试、运行维护等各个方面都要进行各种检验、调试，以保证继电保护及安全自动装置二次回路的可靠性。继电保护及安全自动装置检验工作是保证继电保护及安全自动装置正确动作的技术手段和有效措施。由于原理和构成方式上的区别，电磁型保护和微机保护的检验内容及方法有较大区别：电磁型的继电器检验更复杂些，还涉及相关的机械等部分；微机保护的检验则相对简单，尤其微机保护具有自检功能，因此对微机保护装置的检验，应充分利用其自检功能，着重检验自检功能无法检测的项目。另外，保护系统的检验应当不仅仅是对装置而言，对保护系统的二次回路同样应当重视，包括交流输入回路及跳合闸回路等。

对保护系统而言，“检验”和“试验”是有区别的两项工作。它们的共同之处都是要对实体的特性进行测量，确定其量值；不同之处是，“试验”不判断其测量的结果是否符合规定的要求，而“检验”要判断其测量结果是否符合规定的要求。继电保护及自动化装置行业制定了不少国家标准、行业标准。国家标准大都是产品的通用技术要求和试验方法的标准，大部分是等同或等效采用 IEC 标准。同时，电力行业也制定了继电保护及自动化装置的技术规程、运行管理规程、检验条例、反事故措施要点及运行评价规程。这些规定都提出了对继电保护及自动化装置在投入运行前及运行后对其产品的有关性能进行检验的要求和检验的依据，充分肯定了

检验工作对电力系统安全可靠运行的重要性。对继电保护系统的最新检验标准是 DL/T 995—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》(以下简称《检验规程》),对继电器的检验标准有 GB/T 7261—2008《继电保护和电网安全自动装置基本试验方法》等。

《检验规程》是在原水利电力部以 87 水电电生字 108 号文颁发的《继电保护及电网安全自动装置检验条例》(以下简称《检验条例》)基础上进行补充、修改、完善而成的。《检验规程》是在电网规模日益扩大,继电保护及安全自动装置的数量和种类日益繁多,电力体制改革不断深化,继电保护及安全自动装置的运行环境、管理模式亦有深刻变化的背景下对《检验条例》进行修编而成的。《检验规程》与原《检验条例》相比,变化主要体现在以下七个方面:

(1) 检验对象主要以微机型装置为主,兼顾常规装置。微机继电保护及安全自动装置大量采用新原理、新技术,不断推陈出新,微机保护已逐步替代了常规保护。微机保护集成度越来越高,功能越来越强,而且具有强大的自检功能,从而使得装置自身的检验、调试得以简化,使调试时间得以缩短,调试手段更先进、效率更加高效。因此,《检验规程》针对微机保护的这些特点进行了补充,如检验周期、开入开出、检验重点等。对常规继电器的检验则以附录的形式对检验要求进行了说明。

(2) 将检验工作的重点放在了现场检验上。针对保护专业调试检验的发展特点,加强了对现场检验的相关规定,对电流互感器、电压互感器、二次回路、屏柜及装置、整定值的整定、纵联保护通道、操作箱及整组试验等制定了详细的试验规定及试验中应注意的问题。其中对逆变电源、模数变换检验及纵联通道检验等内容属于新增内容。

(3) 突出了一、二次检验的配合。由于继电保护是为一次系统服务,但其检修的确需要必要的停电时间,如回路绝缘和接线正确性的检查等,因此应尽量结合一次设备停电的机会进行检验。各级继电保护职能部门必须高度重视继电保护检验工作,严格执行《检验规程》,要确保继电保护装置按规定周期检验;继电保护原则上随同一次设备停电进行检验,不再另行单独安排停电时间。

(4) 增加了安全自动装置、厂站自动化、继电保护信息管理系统等设备的检验。《检验规程》增加了自动化专业和保护检验的配合及检验的内容、项目和要求等。

(5) 考虑了通信等相关专业的配合。由于通信及通道等新技术在保护专业的应用越来越广泛,因此《检验规程》增加了相关通信通道方面的检验配合要求及项目要求等,尤其是载波通道及光纤通道的检验。

(6) 强调了装置投运的检验要求。《检验规程》对装置投运前准备,以及如何利用一次电流、电压对保护系统进行检验作了要求,包括检验内容、项目及检验要求等。

(7) 对检验工作所需的仪器、仪表的要求及配置进行了规定。《检验规程》对班组应当配置的检验仪器仪表进行了规定。

二、继电保护检验类型及周期

(一) 检验类型

按照最新检验规程对检验的相关分类,检验类型分为三种,分别是新安装装置的验收检验、运行中装置的定期检验(简称定期检验)和运行中装置的补充检验(简称补充检验)。

1. 新安装装置的验收检验

新安装装置的验收检验指当新安装的一次设备投入运行时,或在现有的一次设备上投入



新安装的装置时进行的验收检验。尤其不能忽略在现有一次设备更换新装置的检验，因为这可能涉及原来的一些回路参数、新旧技术规范等的变化，安全措施也更加重要，因此更应引起重视。新安装置验收检验非常重要，应当对装置及系统的各个方面进行认真检验，确保满足系统安全、可靠运行的要求。

2. 定期检验

保护装置运行到一定时间，需要对保护装置进行检验，以检验保护的各項性能是否满足运行要求。运行中的定期检验分为全部检验、部分检验和用装置进行断路器跳闸及合闸试验三种。

全部检验指对保护装置的各个方面都进行检验；而部分检验则只对一部分重要的内容进行检验；用装置进行断路器跳、合闸试验是在一些特定情况下对跳、合闸回路进行试验。一般情况下，定期检验在一次设备停电检修期间配合进行。

3. 补充检验

运行中的补充检验是在保护系统的工作条件发生大的变化时进行的检验，主要有以下五种情况：

- (1) 对运行中的装置进行较大的更改或增设新的回路后的检验；
- (2) 检修或更换一次设备后的检验；
- (3) 运行中发现异常设备后的检验；
- (4) 事故后检验；
- (5) 已投运行的装置停电1年及以上，再次投入运行时的检验。

(二) 定期检验周期的规定

《检验规程》根据保护装置的特点及多年运行经验，对检验周期进行了适当的延长，定期检验周期包括全部检验周期和部分检验周期。

1. 全部检验周期

新安装装置投运后1年内必须进行第一次全部检验。同时强调在装置第二次全部检验后，若发现装置运行情况较差或已暴露出需予以监督的缺陷，可考虑适当缩短部分检验周期，并有目的、有重点地选择检验项目。

对微机型装置每6年进行一次全部检验，对非微机型装置每4年进行一次。全部检验对象包括装置引入端子外的交、直流及操作回路，以及涉及的辅助继电器、操动机构的辅助触点、直流控制回路的自动开关等。对纵联保护的相关通道、光纤和载波通道也是每6年进行一次全部检验。光纤通道的检验指站端保护装置连接用光纤通道及光电转换装置。保护用载波通道的检验则包括高频电缆、结合滤波器等。

2. 部分检验

微机型装置每2~3年进行一次部分检验，非微机型装置每年进行一次部分检验。对保护的光纤通道和载波通道，配合保护配置每2~3年进行一次部分检验。

三、继电保护装置的检验项目

由于微机保护正常运行中能够完成自动检测，具备完善的自诊断措施，《检验规程》针对微机保护的特点，对检验项目内容作了一定的简化，着重检验“自检”功能无法检测的项目。对于由软件构成的各种逻辑关系的确认在试验室的型式试验中完成，而现场着重检验装

置的输入、输出回路及定值的正确性。

继电保护系统的检验项目对整个保护系统从输入回路（模拟量输入、开关量输入）、保护装置、跳合闸输出回路、信号回路、通道等各个系统进行检验。同时新安装、全部检验及部分检验的内容也不同，新安装需要检验的项目更多。表 1-1 给出了新安装、全部检验及部分检验的项目内容。

表 1-1 新安装、全部检验及部分检验的项目内容

序号	检验项目	新安装	全部检验	部分检验	说明
1	检验前准备	✓	✓	✓	检验前的工器具及安全措施等
2	电流、电压互感器检验	✓			互感器的极性、变比、阻抗等检验
3	二次回路检验	✓	✓	✓	二次回路的完好性检验
4	二次回路绝缘检查	✓	✓	✓	
5	外观检查	✓	✓	✓	屏、柜等外观检查
6	绝缘试验	✓			
7	上电检查	✓	✓	✓	上电后对装置的信息检验
8	逆变电源检查	✓	✓	✓	
9	开关量输入回路检验	✓	✓	✓	
10	输出触点及信号检查	✓	✓	✓	
11	模数变换系统检验	✓	✓	✓	
12	整定值的整定及检验	✓	✓	✓	功能定值整定及检验
13	纵联保护通道检验	✓	✓	✓	
14	操作箱检验	✓			
15	整组试验	✓	✓	✓	带断路器进行传动试验等
16	与厂站自动化系统、继电保护积极故障信息管理系统的配合检验	✓	✓	✓	校验相关的信息传输检验
17	装置投运	✓			主要进行带负荷测试

对于上述检验项目的具体内容、要求及检验方法，在相关章节进行详细介绍。

四、继电保护检验注意事项

(1) 断开直流电源辅助激励量后，才允许插拔插件或模块。插拔交流插件时，应防止交流电流回路开路。

(2) 存放程序的 EPROM 芯片的窗口要用防紫外线的不干胶封死。

(3) 打印机及每个插件应保持清洁，注意防尘。

(4) 在调试过程中如发现问题，不要轻易更换芯片，要先查明原因，经证实需要更换芯片时，才更换为经老化检测合格的芯片，并应按正确的插入方法插入，保证接触可靠。

(5) 在检验过程中，检验人员应采取防静电措施，防止在接触及更换芯片时因人体静电而损坏芯片。



(6) 在检验过程中, 检验人员应尽量避免使用电烙铁。如确实需要使用, 电烙铁必须有接地措施或者断开电源后再进行焊接。

(7) 替换元器件时, 应采用经老化筛选并通过检验合格的元器件。

(8) 在检验中, 使用交流电源的各种仪器、仪表(如示波器、频率表、微机继电保护测试仪等)测试产品性能及电气参数时, 仪器、仪表的外壳应与保护装置在同一点接地。

(9) 检验过程中插拔插件时, 应按产品使用说明书规定的位置插拔, 注意不要将插件插错位置, 防止装置损坏。

(10) 加入装置的试验电压、电流, 均应接至装置的端子。

(11) 短接或断开装置端子时, 应对短接或断开的端子作好记录, 试验结束后立即恢复。

(12) 试验前应仔细阅读产品的技术说明书及使用说明书等技术资料, 熟悉和了解产品保护的配置、菜单结构及操作方法, 装置的端子图、检验内容及检验方法。

(13) 使用微机继电保护测试仪时, 也应仔细阅读测试仪的用户手册, 熟悉和了解产品的功能、试验程序、试验参数的设置及试验方法。

第二节 继电保护检验常用仪器

继电保护检验与调试过程中需要用到各种检验与调试工器具, “工欲善其事, 必先利其器”, 掌握并正确使用好相关的工器具是进行继电保护检验的基础。

在《检验规程》中, 增加了对检验工作所需的仪器、仪表的要求及配置的相关规定:

(1) 装置检验所使用的仪器、仪表必须经过检验合格, 并应满足 GB/T 7261—2008 的规定。一般指针式仪表的检验周期为 1 年, 数字式仪表的检验周期为 2 年, 微机型继电保护试验装置的检验周期为 2 年。定值检验所使用的仪器、仪表的准确度等级应不低于 0.5 级。

(2) 220kV 以上变电站如需调试载波通道, 应配置高频振荡器和选频表。220kV 及以上变电站或集控站应配置一套至少可同时输出三相电路四相电压的微机成套试验仪及试验连线等工具。

(3) 继电保护班组应至少配置以下仪器、仪表: 指针式电压、电流表, 数字式电压、电流表, 钳形电流表, 相位表, 毫秒计, 电桥等; 500、1000、2500V 绝缘电阻表(又称兆欧表); 可记忆示波器; 载波通道测试所需的高频振荡器和选频表、无感电阻、可变衰耗器等; 微机成套试验仪。

建议配置便携式录波器(波形记录仪)和模拟断路器。

如需调试纵联电流差动保护, 宜配置 GPS 对时天线和选用可对时触发的微机成套试验仪。

如需调试光纤纵联通道, 应配置光源、光功率计、误码仪、可变光衰耗器等仪器。

同时, 国家电网公司为了加强生产标准化建设, 规范输变电设备运行、检修装备管理, 统一生产装备基本配置, 制定了《国家电网公司输变电装备配置管理规范(试行)》, 其中规定继电保护专业必须配置的试验装备有继电保护三相测试仪(单相测试仪)、保护相量分析仪、双钳数字相位表、音频信号发生器、电平振荡器、选频电平表、大电流发生器、电流互感器伏安检验装置、可变电阻、可变衰耗器、光万用表、光源及光功率计等。下面对常用的

试验设备进行介绍。

一、试验电源

继电保护进行检验测试需要直流电压源、交流电压源、交流电流源。继电保护的试验电源要求比较高，对幅值、相位及频率等都有一定要求。在现场保护及自动装置的检验调试中，往往同时需要许多试验电源，因此采用可同时输出这几种试验电源的成套微机继电保护测试仪是更好的选择。它也是 220kV 及以上变电站进行调试的必备设备之一。

由于继电保护测试仪较昂贵，因此在各个院校中采用独立电源的情况较多，同时一些中、小供电公司也仍在使用独立电源。

对直流电源，要求其纹波系数要小。所谓纹波系数，是指直流分量中所含交流分量的大小。纹波系数应当不超过 5%，否则不能作为试验电源。有条件的可考虑增加蓄电池等。

对交流电压源和交流电流源，要求幅值精度和相位误差满足一定的要求。对试验室而言，主要考虑谐波的影响和频率的影响，因为在进行检验调试的时候，往往外接的仪器设备反映的是工频，如果有谐波，频率有偏移，对保护系统的检验将会有一定的影响。可采用一些专用仪器对试验电源进行检测，合格后方可采用。另外，为了满足对方向继电器及阻抗继电器等的测试，需要采用移相器，利用其调整电压和电流的相位以满足检验及调试要求。

需要注意的是：现场进行调试检验时，继电保护及安全自动装置检验所需电源必须取自检修电源箱或继电保护试验电源屏。不允许取自运行设备的交、直流电源。

二、通用测量仪表

采用各种组合设备进行保护检验时，因为试验电源的输出值调整不够准确，所以需外接 0.5 级以下的各种仪表，以满足定值检验要求。在进行保护有关缺陷处理、事故查找及带负荷测试等工作时，也往往会使用一些通用测量仪表对电流、电压的幅值、相位等进行测量，或者对一些元器件的阻抗等参数进行测量，所以应当熟练、正确地掌握一些电流、电压、阻抗等参数测量的仪器、仪表的工作原理和使用方法。

外接仪表的类型很多，常用的是电流表、电压表、功率表、钳形相位表、数字万用表等。电流表和电压表接在测试回路中，仪表采用指针磁电式的较多，在进行测试时，应当注意是否满足精度要求，还应注意输入信号不应超出仪表的工作范围。功率表在进行带负荷测试时采用。

现场调试工作中，数字式万用表应用更广泛，尤其在现场进行故障查找和缺陷处理时应用较多。在进行带负荷测试时，更多的是采用钳形相位表或其他电力参数测试仪进行测量，因此下面重点介绍这几种仪器及其使用注意事项。

（一）数字万用表

数字万用表由于功能强大、携带使用方便被广泛采用。现场也常会用到数字万用表，因此应当熟悉数字万用表的性能参数和使用方法。

1. 数字万用表使用注意事项

（1）对于所用数字万用表，应仔细阅读其使用说明书，了解其技术性能和使用条件。数字万用表的准确度指标仅在许可的标准条件下才能有所保证，实际使用时不得超出规定的使用条件。

（2）在使用之前，要熟悉电源开关，转换开关，各种功能键（如交流/直流选择键、读



数保持键、峰值保持键、真有效值功能键、相对值功能键、存储键等), 各种输入插孔、专用插孔、旋钮和仪表附件的作用。此外, 还要掌握仪表的过载显示、极性显示、低电压指示、其他标志符显示及声光报警的特征, 对小数点位置的变化规律做到心中有数。

(3) 在测量操作前, 要认真检查表笔引线的绝缘层有无破损, 表笔位置是否插对, 输入插孔(或专用插孔)是否选对, 以确保仪表和人员及设备的安全。同时, 必须明确要测量什么项目和如何测量, 然后将功能转换开关置于相应的挡位。

(4) 虽然数字万用表具有比较完善的保护电路, 仍要尽量避免出现误操作, 如用电阻挡去测电压或电流, 用电流挡去测电压, 用电容挡去测带电的电容器等, 以免将仪表损坏。更重要的是, 在进行二次回路测量时如果出现误操作, 将可能导致保护装置误动而引起事故, 因此应力求避免误操作。表笔插孔旁边标有提示符号的, 表示输入电压或电流不得超过所示极限值, 否则将损坏仪表内部电路元件。

(5) 如仪表长期不使用, 应将电池从表内取出, 以免电池渗出电解液将印制板腐蚀, 造成故障。叠层电池不宜长期存放。

(6) 对于具有自动关机功能的数字万用表, 当仪表停止使用或停留在某一挡位超过一定时间(如 15min)时, 仪表会自动切断主电源, 进入低功耗的备用状态。此时 LCD 屏幕消隐, 仪表不能继续测量, 必须按动两次电源开关才可恢复正常。

(7) 新型数字万用表大多带读数保持键(HOLD), 按下此键即可将测量时的读数保持下来, 供读取数值或记录用。进行连续测量时不必使用此键, 否则仪表不能正常采样并刷新显示值。使用有读数保持键的数字万用表时, 若发现刚开机时液晶屏显示某一固定数值且不随被测量发生变化, 这很可能是误将 HOLD 键按下所致, 此时只要松开此键即可转入正常测量状态。

(8) 数字万用表的最大显示值与满量程相差一个字。在测量时, 若仪表仅显示数字“1”, 其他位均消隐, 证明仪表已出现溢出现象, 此时应更换为更高的量程进行测量。

(9) 每次测量完毕, 应将量程转换开关拨至最高电压挡或空位挡, 以防止下次开始测量时不慎将仪表损坏。暂时停用的仪表应关掉电源开关, 以免空耗电池, 缩短其使用寿命。有的数字万用表未设置电源开关, 而是设有“OFF”挡。对于这种表, 用完后应将转换开关置于“OFF”位置。

2. 电压测量

电压测量包括直流电压和交流电压测量, 测量的方法基本相同。下面以测量 12V 直流蓄电池为例, 说明测量步骤。

(1) 将红表笔插入 V/ Ω 插孔, 黑表笔插入 COM 插孔。

(2) 将转换开关置于 DCV 200V 挡。

(3) 将电源开关按下(ON)。

(4) 将红表笔接在蓄电池的“+”极上, 黑表笔接在“-”极上, 此时液晶屏上显示“11.9”, 说明该被测蓄电池的电压为 11.9V。若将红、黑表笔对调测量, 则液晶屏显示“-11.9”。

测量交流电压的方法与此类似, 只是挡位应当选择在交流挡(ACV)上, 而且对极性不作要求。

进行电压测量时需注意：

(1) 如果事先不知道被测电压的大小，应先将功能转换开关拨至最高量程试测一次，然后再根据实际情况选择合适的量程。

(2) 如果在测量时液晶屏只显示“1”，说明被测的电压值已超出所选量程，此时应改换为更高的量程进行测量。

(3) 测量高压时，务必要注意人身安全。操作时，手不要触碰表笔的金属部位，以防发生触电事故。当电压超过几百伏时应单手操作，即先把黑表笔固定在被测电路的公共端，再用一只手持红表笔去接触测试点。测量 1000V 以上的高压时必须使用高压探头，因为普通表笔及引线的绝缘性能较差，不能承受 1000V 以上的高压。

(4) 测量电压时，若误用直流电压挡测量交流电压，或者误用交流电压挡测量直流电压，仪表将显示“000”，或在低位上出现跳数现象，此时应及时调换至正确的挡位。

(5) 由于数字万用表电压挡的输入电阻很高（一般为 $10\text{M}\Omega$ 以上），所以当两支表笔处于开路状态时，外界干扰信号很容易从输入端窜入，使仪表在低位上出现没有规律跳动的数字。这并非仪表有故障，而属于正常现象。

(6) 测交流电压时，为了消除仪表输入端对地（COM）分布电容的影响，减小测量误差，可用黑表笔接触被测电压的低电位端（例如被测信号源的公共地端，220V 交流电的零线端等）。袖珍式数字万用表的频率特性较差，在规定准确度指标内，交流电压的频率上限一般为 400Hz（少数仪表可达 500Hz 或 1kHz 以上）。当频率超过此值时，测量误差将增大。

(7) 袖珍式数字万用表大多采用平均值响应的 AC/DC 转换器，测量电路实际反映的是正弦电压的平均值。由于正弦电压的有效值与平均值存在确定的关系，通过调整线性整流放大器的输出电压幅度，才可使仪表直接显示出电压有效值。但当被测正弦电压的失真度超过 5% 时，测量误差将明显增大。平均值响应的数字万用表不能直接测量方波、矩形波、三角波、锯齿波、梯形波、阶梯波等非正弦电压。

(8) 禁止在测量高压（100V 以上）时拨动量程开关，以免产生电弧，烧坏转换开关的触点。

3. 电流测量

电流测量也分为直流和交流电流测量，基本方法是将万用表串联接入被测电路进行测量。二次回路电流测量一般采用钳形电流表，应注意防止电流二次回路开路，这里不再介绍。

4. 电阻测量

(1) 将黑表笔插入“COM”插孔，将红表笔插入“V/ Ω ”插孔。此时，红表笔的极性为正。

(2) 将功能开关置于“ Ω ”挡相应量程。

(3) 将数字万用表的电源开关按下（ON），把两表笔分开，液晶屏上显示“1”。将两表笔短接，液晶屏显示“0.00 Ω ”。

(4) 将红、黑表笔分别接待测电阻的两端，液晶屏上即显示出被测量电阻值。

使用电阻挡有以下注意事项：

(1) 在使用大于 $1\text{M}\Omega$ 电阻挡（如 2、 $20\text{M}\Omega$ 挡）进行测量时，液晶屏的显示值会出现



跳动现象，经过几秒钟后才趋于稳定，这属于正常现象，应等示值稳定后再读数。

(2) 如果被测电阻值超出所选量程的最大值，液晶屏将显示溢出符号“1”，遇此情况，应改换为更高的量程进行测量。当无输入时（即两表笔开路），液晶屏显示溢出符号“1”，这是正常现象。

(3) 用 200Ω 电阻挡测量低电阻时，应首先将两支表笔短路，测出两根表笔引线的电阻值，此值视仪表型号不同而不同，一般为 $0.1\sim 0.3\Omega$ 。每次测量完毕需把测量结果减去此值，才是实际电阻值。对于 $2k\Omega\sim 20M\Omega$ 挡，表笔引线电阻可忽略不计，因此不需要修正。

(4) 测量电阻（特别是低电阻）时，测试插头与插座之间必须接触良好，否则会引起测量误差或导致读数不稳定。

(5) 测量在线电阻时，应考虑与之并联的其他元器件的影响。

(6) 测量电阻时，两手不得碰触表笔的金属端或元器件的引出端，以免引入人体电阻，影响测量结果。

(7) 严禁在被测线路带电的情况下测量电阻，也不允许直接测量电池的内阻。因为这相当于给仪表输入端外加一个测试电压，不仅使测量结果失去意义，而且还容易损坏仪表。

5. 蜂鸣挡使用

蜂鸣挡可以测量二极管的正向压降，也可用来快速测量通断（电阻值小于 70Ω 时发出声音），因此现场常可通过蜂鸣挡来判断保护的输出触点的状态。以下是测量二极管通道的步骤：

(1) 将电源开关按下（ON）。

(2) 将黑表笔插入“COM”插孔，红表笔插入V/ Ω 插孔。

(3) 将功能开关拨到蜂鸣挡（二极管）位置。

(4) 将红表笔接被测二极管的正极，黑表笔接负极，此时液晶屏上显示的即为被测二极管的正向压降 U_F 。

(5) 若表笔所接的两个测试点的电阻值小于 70Ω （不同型号的仪表，此值略有差异），内置蜂鸣器将发出声响。

(二) 数字式钳形相位表

在进行带负荷测试（用一次电压、电流对二次回路的正确性进行检验）时，往往采用数字式钳形相位表。以下介绍 SMG2000B 型数字双钳相位表的使用。

1. 相位表面板说明

典型相位表面板布置如图 1-1 所示。

2. 相位表的相位测量

(1) 相位表的相位满度校准。在使用相位表测量相位前，先进行相位的满度校准。方法如下：按下“电

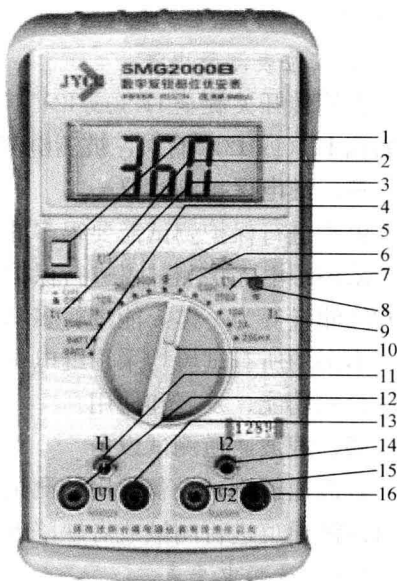


图 1-1 相位表面板布置

- 1—电源开关；2—一路电压测量；
- 3—一路电流测量；4—电池检测；
- 5—相位测量；6— 360° 校准；
- 7—二路电压测量；8— 360° 校准电位器；9—二路电流测量；
- 10—旋转开关；11—一路电流插孔；12—一路电压插孔正端；
- 13—一路电压插孔负端；14—二路电流插孔；15—二路电压插孔正端；16—二路电压插孔负端

源”键，将旋转开关旋至“360°校准”挡，调节相位校准电位器 W，使显示屏显示 360°。

(2) 用相位表测量两路电压之间的相位。旋转开关旋至“ φ ”挡，将两路电压分别从 U1 和 U2 端输入，注意电压的假设正方向为由左端到右端。示值即为 U1 路电压超前 U2 路电压的相位角。

(3) 用相位表测量两路电流之间的相位。将旋转开关旋至“ φ ”挡，将两路电流信号通过卡钳钳口从 I1 和 I2 插孔输入，此时注意假设电流正方向时从卡钳“*”（红点）端流入，示值为 I1 插孔电流超前 I2 插孔电流的相位角。

(4) 用相位表测量电压与电流之间的相位。用相位表测量电压与电流之间的相位时，将电压从 U1 端输入，电流从 I2 插孔输入，或将电压从 U2 端输入，而电流从 I1 插孔输入，注意电压假设正方向为由左端到右端，电流假设正方向从卡钳“*”（红点）端流入。将旋转开关拨至“ φ ”挡，示值为 I 路超前 II 路的相位角。

3. 相位表测量电压

将旋转开关旋至 U1（或 U2）500V（或 200V）量程挡，电压信号从电压端 U1（或 U2）输入，示值为所测电压值。注意：如果不知所测电压范围，应将旋转开关先拨至 500V 挡。

4. 相位表测量电流

将旋转开关旋至 I1（或 I2）10A（或 2A、200mA）挡，电流信号通过卡钳互感器从电流插孔 I1（或 I2）输入，被测电流线置于卡钳窗口中心位置，示值即为所测电流值。

三、继电保护测试仪

由于进行保护测试需要很多的试验电源及仪表等，传统的测试设备又很笨重，因此现在广泛采用继电保护测试仪进行保护检验。继电保护测试仪是集试验电源发生、仪表测量、动作时间测量等为一体，能进行多功能、自动化测量的继电保护测试系统。

本书的所有试验均采用继电保护测试仪作为主要测试设备，第二章将详细介绍继电保护测试仪的功能、发展和使用。

四、载波通道测试设备

载波通道测试设备常用的测试仪器包括选频电平表和电平振荡器，二者经常配合使用，以对载波通道进行测试或者缺陷处理。

（一）选频电平表

选频电平表主要功能包括选频测试、宽带测试、选频搜索、扫频测量、阻抗测量等，其中应用较多的功能是选频测试。

1. 选频测试

选频测试的目的在于从若干干扰信号中可靠地检测出有用的频率成分，它是一种高选择性的窄带测量。设置好相关参数后，测试工作自动完成。

进行选频测试的功能操作设置一般包括设置选频频率、选频工作模式、输入阻抗，设置 3dB 带宽。设置完成后选频表自动完成测试，在电平测试窗口显示测量值，并且可以进行电平显示转换。详细操作请参考厂家使用说明书。

2. 宽带测试

宽带测试可同时测试被测信号的电平值和频率值，并一起显示在测试界面中。