

微机型

继电保护及

韩天行 主编

自动化装置 检验调试手册



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



微机型继电保护及 自动化装置检验调试手册

韩天行 主编



机械工业出版社

编 委 会 名 单

主 编：韩天行（原国家继电器质量监督检验中心、许昌继电器研究所）

副主编：李 冶（国家发展改革委员会）

李 秦（国务院三峡办）

李文毅（国家电网公司工程建设部）

梁志诚（电力工业电力系统自动化设备质量检验测试中心）

程利军（国电南瑞中德保护控制系统有限公司）

编 委：张立超（国家发展改革委员会）

何孔德（中国机械工业联合会）

翼有党 马师模（北京四方继保自动化有限公司）

胡家为（北京清华紫光测控公司）

唐昆明（重庆新世纪电气有限公司）

姜红辉 于成功（南京力导保护控制系统有限公司）

张文斌 黄国庆（湖南安力电子（集团）有限公司）

陈良秋 郑 萍（南京恒星自动化设备有限公司）

郑镇江 张伟莉（汕头自动化电器设备总厂有限公司）

陆建忠 虞迅遂（无锡东升无线电器材厂）

陈 卫（北京博电新力电力系统保护与测试有限公司）

韩 青（原国家继电器质量监督检验中心）

前 言

在 GB7261—1987《继电器及继电保护装置基本试验方法》颁布后,为了配合 GB7261—1987《继电器及继电保护装置基本试验方法》的贯彻实施,编者编写了一本《继电器试验手册》。该手册在贯彻实施国家标准、规范继电器及装置产品的检验工作和提高产品质量等方面起到了积极推动作用。随着科学技术的发展,产品在不断更新,新的试验方法和新的试验设备不断涌现。GB7261—1987《继电器及继电保护装置基本试验方法》已无法适应电力系统继电保护及自动化装置产品的发展,我们在总结贯彻实施 GB7261—1987 中所出现的问题、调查新一代产品的检验工作所要求采用新的试验方法和技术、研究国际电工委员会 IEC 标准在该领域发展的基础上,组织行业有关企业的检验人员和标准化工作人员一起对 GB7261—1987 标准进行全面修订,经过一年多的辛勤工作,编写出新的试验方法标准。新标准广泛地征求了生产企业、高等院校及电力行业用户、设计院、研究单位等方面的教授、专家、学者及质量检验人员的意见,经全国量度继电器及设备标准化技术委员会全体委员审查通过,最后由国家质量技术监督局正式批准、颁布实施。新的试验方法标准为 GB/T7261—2000《继电器及装置基本试验方法》。

新的试验方法标准的颁布实施正逢我国对电力系统城市和农村电网进行大规模改造的高潮,同时又是我国第十个五年计划开始执行的新世纪开始的第一年。新的世纪要求我国的电力系统将朝着更高电压等级、更长输送距离以及更大的电网和单机容量方向发展,同时还要实现“西电东送”的目标。这些远大的发展目标都对继电保护及自动化装置产品发展提出更高的要求,同时随着科学技术的发展,也为继电保护及自动化装置的创新提供了广阔的天地,新的产品不断涌现又为电力系统的发展奠定了坚实的基础。现在新的微机型及数字型继电保护及自动化装置已成为电力系统继电保护的主力军。由于老的检验方法已不适应微机型继电保护及自动化装置的需要,为了更好地帮助运行及调试人员做好对微机型继电保护及自动化装置的检验工作,并结合对新标准的贯彻实施,编者编写了《微机型继电保护及自动化装置检验调试手册》,以促进和推动继电保护及自动化装置产品质量的提高,也为我国进入世贸组织(WTO)后做好与国际接轨工作。

《微机型继电保护及自动化装置检验调试手册》在编写的内容上力求做到先进性和实用性,在编写上我们做了以下工作:

内容先进性方面:随着科学技术的发展,国内主要的生产企业都大量推出了新的微机型、数字式继电保护装置,这些保护装置原理先进,生产及工艺水平高,产品质量有较大幅度的提高,已达到国际同类产品的先进水平。产品的可靠性和抗扰度性能的提高都为电力系统的安全可靠运行奠定了基础。本手册以 GB/T7261—2000《继电器及装置基本试验方法》标准的内容为基础,编制出近几年所出现的新的微机型、数字型产品的检验方法,内容丰富,方法先进。

内容实用性方面:本手册编写以实用为主线,适用性强。介绍的检验方法可以通过不同的手法来实现。适用于微机型、数字型等由不同工作原理设计和制造的产品,也适用于传统的机电型、晶体管型、集成电路型的产品。既能用于电力系统的运行使用部门,也适用于生产制造企业;既适用于具有先进设备的检验机构和企业,又能适用于一些规模较小、仅具有

一些简陋设备的企业；手册具有较强的实用性。

本手册可供从事电力系统继电保护及自动化装置运行部门的质量认证、检验、调试的工程技术人员使用，也可以作为从事电力系统二次回路设计、制造及管理工作的工程技术人员的参考工具书。

原中国机械工业联合会常务副主任、原机械工业部副部长陆燕荪同志为本手册撰写了序，并关心和指导全书的编写工作。在手册编写过程中还得到了北京四方控制与保护有限公司杨奇逊院士、王树昭教授、陶惠良教授、许继集团何光华副总裁、南瑞继保公司夏期玉副总师、南京电力自动化设备总厂夏盛铭副总、华中科技大学程世杰教授、河北工业大学陆俭国教授、清华大学沈斐博士、河南电力试验研究所王筠英教授级高工、天津双源继电器科技有限公司张耀松总经理、北京继电器有限公司刘乃文总经理、加拿大 RTDS 公司以及林华谕先生等继电保护及自动化装置各方人士的大力支持和帮助，在此表示深深的谢意。

由于编写时间仓促，手册中不当和错误之处在所难免。恳请各位专家、学者、从事质检的工作人员以及所有的读者批评指正。

作者

序

党的十六大明确提出走一条以信息化带动工业化，以工业化促进信息化的新型工业化路子。根据十六大的精神，要实现在 2020 年国民经济的 GDP 翻两番的要求，就必须高速度发展电力工业，同时要用高新技术和先进适用技术改造传统产业，大力振兴装备制造业。电力工业的发展给电力装备的制造行业带来机遇和挑战。

按国民经济 GDP 增长 1%，电力工业增长 0.5% 的速度来发展，到 2020 年我国的装机容量应增加到 9 亿 kW。作为电力系统二次回路的继电保护及自动化装置也具有美好的前景。

随着科学技术的进步，继电保护及自动化装置发生了巨大的变化，由传统的电磁型产品逐步发展为微机型及数字式产品，以适应电力系统高电压、大容量、远距离输送的需要，实现“西电东送”的发展目标。

当前经济全球化形成，资源向有利于发展的地区流动。我国加入 WTO 后，国内巨大的市场和稳定的社会环境都成为良好的投资环境，吸引着国外许多企业和公司将资金、先进的设备及产品投向中国市场，市场竞争日趋激烈，竞争的核心就是技术和产品的质量。企业必须提高核心竞争力来迎接挑战。而核心竞争力的标志是品牌，品牌的基础是精品，精品的内涵就是产品质量、优质服务。这是企业保持竞争力的永恒主题，也是立业之本、兴国之道。

产品检验及认证是鉴定产品质量的一个重要的环节。检验及认证的目的就是验证产品的性能是否符合国家标准和技术规范的要求，检查企业的质量保证体系是否完善、运行是否有效。本书围绕继电保护及自动化装置的产品检验的基本方法及具体方法等内容，为满足从事电力系统继电保护及自动化装置的检验、质量认证、设计以及运行、调试等人员的要求而编写。希望本书为进一步促进继电保护及自动化装置产品的发展和产品质量的提高起到一定的作用。

陆逸森

2003 年 6 月 18 日

目 录

序

前言

绪论 1

第一篇 检验基础知识及通用检验方法

第一章 产品质量检验的基本条件	5	第五章 微机型保护装置的软件功能 检验	43
第二章 继电器及装置的基本检验 方法	14	第六章 功率消耗测量	46
第一节 线圈的基本参数测量	14	第七章 绝缘性能检验	48
第二节 触点的基本参数测量	18	第一节 绝缘性能及影响因素	48
第三节 继电器及装置的准确度表示方 法	20	第二节 电气间隙及爬电距离	55
第四节 继电器及装置的动作特性检验	21	第三节 试验与测量	57
第五节 继电器及装置的时间特性检验	28	第八章 整组功能试验	61
第三章 外观检查	32	第一节 静态模拟试验	62
第一节 继电器及装置的结构与外观检 查	32	第二节 电力系统动态模拟试验	67
第二节 屏(柜、台)的结构与外观检 查	33	第三节 电力系统数字仿真试验	83
第四章 微机型保护装置的硬件性能 检验	39	第九章 微机型继电保护测试仪及常用 的仪表	99
		第一节 微机型继电保护测试仪	99
		第二节 测量相位、频率及时间的仪表	135

第二篇 主设备保护装置的电气性能检验

第十章 保护元件的电气性能检验	147	第十三节 变压器差动保护	176
第一节 电流保护	147	第十四节 功率方向保护	183
第二节 过电流保护	149	第十五节 负序功率方向保护	188
第三节 负序电流(延时)保护	151	第十六节 逆功率保护	193
第四节 低定值电流保护	155	第十七节 阻抗保护	196
第五节 电压保护	158	第十八节 失磁保护	205
第六节 负序电压保护	161	第十九节 转子过负荷保护	212
第七节 正序电压保护	164	第二十节 定子过负荷保护	214
第八节 零序电压保护	166	第二十一节 转子一点接地保护	216
第九节 低电压保护	168	第二十二节 转子两点接地保护	218
第十节 复合电压保护	170	第二十三节 定子接地保护	219
第十一节 2次谐波(100Hz)电压保护	172	第二十四节 欠频率保护	222
第十二节 发电机差动保护	174	第二十五节 过频率保护	226

第二十六节 低频累加保护	231	性能检验	256
第二十七节 发电机匝间保护	233	第一节 微机型、数字型变压器成套保护装置	256
第二十八节 电流横差保护	235	第二节 微机型、数字型发电机变压器组成套保护装置	386
第二十九节 过励磁保护	237	第三节 微机型母线保护装置	449
第三十节 主变零序保护	240	第四节 微机型、数字型电动机保护装置	474
第三十一节 电流回路 TA 断线闭锁保护	243	第五节 微机型、数字型电容器保护装置	488
第三十二节 电压回路 TV 断线闭锁保护	244	第六节 微机型、数字型电抗器保护装置	500
第三十三节 非全相保护	245		
第三十四节 失灵保护	248		
第三十五节 失步保护	250		
第十一章 主设备成套保护装置的电气			

第三篇 输电线路保护装置电气性能检验

第十二章 输电线路各保护装置电气性能检验	507	第十三章 输电线路成套保护装置电气性能检验	543
第一节 负序、零序电流增量保护装置	507	第一节 超高压输电线路成套保护装置 (屏、柜)	543
第二节 零序电流方向保护装置	516	第二节 微机型、数字型高压线路成套保护装置	592
第三节 距离保护装置	521	第三节 微机型、数字型线路保护装置	699
第四节 相差高频保护装置	525	第四节 微机型馈线保护装置	773
第五节 方向比较式纵联保护装置	527	第五节 微机型高压柜综合保护装置	776
第六节 继电保护专用载波收发信机	530		
第七节 综合重合闸	533		
第八节 三相一次重合闸	539		
第九节 分相操作箱	540		

第四篇 自动化装置及其他电气性能检验

第十四章 自动化装置电气性能检验	780	第七节 小电流接地装置	806
第一节 运动终端及配电网自动化系统远方终端	780	第八节 小电流接地选线装置	808
第二节 自动准同期装置	785	第九节 中央信号屏 (装置)	809
第三节 故障录波装置	789	第十五章 直流电源屏 (柜、台) 电气性能检验	815
第四节 低频减载装置 (屏)	797	第一节 充电装置	815
第五节 备用电源自动投入装置	802	第二节 蓄电池组	818
第六节 综合测控装置	805		

绪 论

电力系统二次回路主要是由继电保护及自动化装置等设备组成。继电保护及自动化装置等设备包括电力系统用有或无继电器、量度继电器、主设备保护装置、输电线路保护装置和安全、调度、监控及自动化装置以及由它们组成的整套保护及自动化系统等设备。电力系统既要通过继电保护装置反映电力系统中所运行的一次设备的工作状况和电力系统安全运行的情况，又要通过自动化装置对电力系统的运行情况通过“三遥”等方式实现无人值班和远程控制及调度，保证电力系统的安全运行。一旦电力系统运行的某一部分出现不正常状况或发生故障时，继电保护装置就会发出各种信号，及时将故障切除，并通知调度人员，使未发生故障的设备或线路继续运行，防止故障的扩大。通过自动化装置还能对电力系统进行实时监控和自动调节，提高电力系统运行的可靠性。这对即将实现的电力市场就显得尤为重要。总之，随着科学技术的发展，电力系统对继电保护及自动化装置的要求也越来越高，同时科学的进步也为继电保护及自动化装置的发展提供了更加广阔的天地，加快了发展的步伐。现在，二次回路的设备除了应具有快速性、灵敏性和可靠性外，还要求二次回路的设备具有更加完整的功能，成为实现监控、远程控制及调度于一体的设备，为实现电力系统的无人值班和电力市场化奠定基础。

一、继电保护及自动化装置产品的发展过程

我国继电保护及自动化装置产品的发展是从无到有并且不断发展、创新的过程。到目前为止，我国生产的继电保护及自动化装置产品的技术水平已达到国际先进水平。整个发展的过程可以大致分为以下几个阶段：

第一阶段是 20 世纪 50~60 年代。新中国刚刚成立，国民经济正处于恢复时期。旧中国还没有一个继电器产品的生产企业，电力工业也十分落后。解放后，国家首先在黑龙江省阿城县建立了我国第一个继电器生产厂——阿城继电器厂。当时主要生产的产品全部是仿前苏联的电磁型和感应型的继电器，这些继电器都是单一功能的产品，然后根据电力系统二次回路的要求组成一些简单的保护屏和控制屏。

那时我国电力系统的容量比较小、电压等级也比较低。

第二阶段是 20 世纪 70 年代。在许昌继电器厂的带动下，生产由我国工程技术人员自行开发和设计的适合我国国情的第一代电磁型和整流型继电器，同时也设计出多功能的组合式继电器。新的产品以它优美的外观、新颖的结构、较好的性能在较短的时间内逐步取代仿造前苏联的产品，为电力系统继电保护的发展做出了一定的贡献。

第三阶段是 20 世纪 70 年代末、80 年代初。该时期，我国工程技术人员首先研制成功了我国第一套整流型线路保护屏，改变了由单个继电器组成保护装置的历史。同时在一些企业里开始研制晶体管型继电器和成套保护装置，为我国静态型产品的发展奠定了基础。

第四阶段是 20 世纪 80 年代的中期到末期。由原机械工业部和原电力工业部牵头，成立了由制造企业、电力工业的运行、设计、试验等方面的工程技术人员组成的联合设计工作组，研制输电线路保护的“四统一”产品。同时，我国自行设计的集成电路型继电保护装置也开始在电力系统中运行。在继电保护及自动化装置产品方面，为我国电力系统向高电压、大容量、远距离发展做好了准备。

第五阶段是 20 世纪 90 年代至今。继电保护及自动化装置产品随着计算机技术的普及和广泛的应用，也成功研制和生产出微型产品。在 20 世纪 90 年代初期，华北电力大学杨奇逊教授等研制出我国第一代单 CPU 的微型线路保护装置，接着第二代、第三代多 CPU 的微型保护装置像雨后春笋般出现在全国各地电力系统二次回路中，到 20 世纪 90 年代末期，研制了以数字电路为代表的微型产品，其产品技术性能达到当代国际同类产品的领先水平。这些新型产品中已采用了 32 位的 CPU，同时广泛采用了多层印制板、元器件的表面贴装以及总线不外露等先进的生产工艺技术，产品的抗干扰性能得到提高。微机综合自动化装置设备的开发，实现了远程监控及调度的无人值班变电站。为我国城乡电网改造提供了大量的优良装备，同时也为我国电力系统的安全可靠运行提供了保障。

二、产品质量检验工作

产品的发展离不开产品质量检验工作,它是衡量并提高产品质量的重要手段。随着市场经济的逐步形成,企业逐步认识到产品质量高低对企业生存的重要性,“质量第一”的思想已不再是一句空话。各企业也越来越重视新产品的开发工作,用技术指标先进、性能可靠的产品去占领市场。这一切都离不开产品质量检验工作,通过质量检验能确定产品的技术性能是否满足产品标准的要求,也能反映产品技术性能的高低,检查产品设计的合理性和制造工艺的可行性。在检验过程中,还能发现产品内部所存在的各种隐患和弊病,为分析这些缺陷提供依据,也能为改进产品质量提出建设性的建议。因此,产品质量检验工作不是产品设计、生产中的消极措施,而是产品设计、生产过程中的一个重要环节。对电力系统运行企业来说,产品质量的检验是保证电力系统安全可靠运行的重要措施之一,必须予以高度重视。

什么是“检验”?国际标准化组织(ISO)/国际电工委员会(IEC)有关质量的术语的标准中规定:检验是“对实体的一个或多个特性诸如测量、检查、试验或度量,并将其结果与规定的要求进行比较,以确定每项特性的合格情况所进行的活动。”在“检验”的术语定义中提出了“测量”、“检查”、“试验”和“度量”四种方法,在这里我们特别将“试验”这一方法加以说明,其含义可以用“检测”这个动词的定义给予解释。所谓“检测”就是指“对给定的产品、材料、设备、生物体、物理现象、工艺过程或服务,按照规定的程序确定一种或多种特性的技术操作。”简而言之,就是“为了确定量值进行的一组操作。”从上面几个定义可以看出,“检验”和“试验”是有区别的两项工作,它们的共同之处就是对实体的特性要进行测量,确定其量值。不同之处就是“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。

检验工作要对测量结果是否符合规定的要求进行评定,其规定的要求就是在标准中规定的,即标准是检验工作的依据。按国家标准化法的规定:标准有国家标准、行业标准和企业标准三类。国家鼓励企业积极采用国际 IEC 标准和先进发达国家的标准,同时还鼓励企业制定高于国家标准、行业标准的企业标准。这一点必须引起生产企业的高度重视,重视产品标准制定工作的重要性。

继电保护及自动化装置行业制定了不少的国家标准、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。而行业标准都是某大类的产品通用技术要求。因此用这些标准无法去判断每一个具体型号产品的测量结果,还必须由企业按国家标准和行业标准的通用要求去制定具体产品的企业标准。产品的检验就是依据产品的企业标准和有关国家标准、行业标准的通用要求来判断测量结果的。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都要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。

总之,检验工作是一项极为重要的工作。希望各类人员对其高度重视,为保证产品质量而努力。

三、产品检验的项目

产品检验项目根据产品制造企业和电力行业的运行企业的要求是不同的。

1. 产品制造企业产品检验

(1) 出厂检验。

(2) 型式检验(型式检验又分新产品的定型检验和在产品的定期检验)。

根据产品通用技术条件标准的规定,产品制造企业产品出厂检验和型式检验的项目见表 0-1。

2. 电力行业运行企业产品检验

(1) 新安装装置的验收检验

1) 未经鉴定的新型装置:要进行全面检验,并经有关继电保护的运行部门审查,其技术性能满足有关标准要求时,才能投入电力系统电网中试运行。

2) 已鉴定的新安装的装置:

① 当新安装的一次设备投入运行时。

② 当已安装的一次设备上投入新安装装置时。

③ 当对已运行中的装置进行较大的更改或增设新的回路时。

(2) 运行中装置的定期检验

1) 全部检验。

2) 部分检验。

3) 用装置进行断路器跳合闸试验。

(3) 运行中装置的补充检验

1) 装置改造后的检验。

2) 检修和更换一次设备后的检验。

3) 运行中发现异常情况后的检验。

表 0-1 产品制造企业产品检验项目

序号	检验项目	型式 检验	出厂 检验	备注	序号	检验项目	型式 检验	出厂 检验	备注
1	结构及外观检查	✓	✓	—	8	过载能力检验	—	—	—
2	触点及线圈等基本参数测试	—	✓	—		(1) 短时过载能力检验	✓	—	—
3	基本电气性能检验	—	—	—		(2) 极限动稳定检验	✓	—	—
	(1) 动作特性(整定值的准确度)检验	✓	✓	平均误差及一致性	9	功率消耗检验	✓	—	—
	(2) 时间特性(整定值的准确度)检验	✓	✓	平均误差及一致性	10	寿命检验	—	—	—
4	影响量及影响因素的影响检验	—	—	—		(1) 触点性能检验	✓	—	—
	(1) 大气环境条件的影响检验	—	—	—		(2) 电寿命检验	✓*	—	—
	① 高温检验	✓	—	—	11	(3) 机械寿命检验	✓*	—	—
4	② 低温检验	✓	—	—		功能检验	—	—	—
	③ 大气压力影响检验	✓	—	—		(1) 静态模拟试验	✓	✓	—
4	(2) 机械环境条件的影响检验	—	—	—	12	(2) 电力系统动态模拟试验	✓	—	—
	① 振动响应检验	✓*	—	—		(3) 电力系统数字仿真试验	✓	—	—
	② 振动耐久性检验	✓*	—	—	13	环境温度极端范围极限值检验	✓	—	—
4	③ 冲击响应检验	✓*	—	—		电磁兼容抗扰度检验	—	—	—
	④ 冲击耐久性检验	✓*	—	—		(1) 1MHz(100kHz)脉冲群抗扰度检验	✓	—	—
4	⑤ 碰撞检验	✓*	—	—	14	(2) 静电放电抗扰度检验	✓	—	—
	(3) 电源性能的影响检验	—	—	—		(3) 射频电磁场辐射抗扰度检验	✓	—	—
	① 交流电源频率影响检验	✓	—	—		(4) 电快速瞬变脉冲群抗扰度检验	✓	—	—
5	② 交流电源波形畸变影响检验	✓	—	—	15	(5) 浪涌(冲击)抗扰度检验	✓	—	—
	③ 直流电源波动影响检验	✓	—	—		(6) 射频场感应的传导骚扰抗扰度检验	✓	—	—
	④ 直流电源纹波影响检验	✓	—	—		(7) 工频抗扰度检验	✓	—	—
6	⑤ 直流辅助激励量中断	✓	—	—	16	电磁发射限值检验	—	—	—
	绝缘性能检验	—	—	—		电磁传导、辐射发射限值检验	✓	—	—
	(1) 绝缘间隙和爬电距离测试	✓	✓	—	15	安全性能检验	—	—	—
5	(2) 绝缘电阻测试	✓	✓	—		(1) 外壳防护检验	✓	—	—
	(3) 介质强度检验	✓	—	—		(2) 电击防护检验	✓	—	—
6	(4) 冲击电压检验	✓	—	—	15	(3) 着火危险检验	✓	—	—
	潮湿检验	✓	—	—		(4) 漏电流起痕指数(CTI)检验	✓	—	—
	热性能检验	✓	—	—	16	可靠性试验	✓*	—	—
7	(1) 最高允许温度检验	✓	—	—					
	(2) 短期耐热极限值检验	✓	—	—					

注:带有“*”的项目为在产品定期型式检验可不需要进行检验的项目。

4) 事故后检验。

电力行业运行企业根据电力行业颁布的《继电保

护及电网安全自动装置检验条例》各类检验的检验项目见表 0-2。

表 0-2 电力行业运行企业各类检验的检验项目

序号	检验项目	验收 检验	全部 检验	部分 检验	序号	检验项目	验收 检验	全部 检验	部分 检验
1	外观及接线检查	✓	✓	✓	4	硬件及软件功能检验	—	—	—
2	自检功能检验	✓	✓	—		(1) 软件版本与程序校验码检查	✓	✓	✓
3	硬件性能检验	—	—	—		(2) 时钟的整定与校核	✓	✓	✓
	(1) 直流电源(逆变电源)检验	—	—	—		(3) 定值整定功能检验	—	—	—
	① 自启动性能检验	✓	✓	—		① 输入定值的功能检验	✓	✓	✓
	② 输出电压及电压稳定性检验	✓	—	—		② 固化定值的功能检验	✓	✓	✓
	③ 空载特性检验	✓	✓	—		(4) 管理功能检验	—	—	—
	④ 正常工作状态特性检验	✓	✓	✓		① 采样功能检验	✓	✓	✓
	⑤ 在满负载时输出电压及稳定性检验	✓	—	—		② 显示功能检验	✓	✓	✓
	(2) 辅助设备功能检验	—	—	—		③ 打印功能检验	✓	✓	✓
	① 装置通电状态检查	✓	✓	✓		④ 报告及管理功能检验	✓	✓	✓
	② 键盘工作状态检查	✓	✓	✓		⑤ 硬件测试功能检验	✓	—	—
	③ 打印机与装置联机的功能检查	✓	✓	—	5	基本电气性能检验	—	—	—
	(3) 模拟量输入回路检验	✓	✓	—		(1) 动作特性(整定值的准确度)检验	✓	✓	✓
	(4) 数模转换系统检验	—	—	—		(2) 时间特性(整定值的准确度)检验	✓	✓	✓
	① 零漂检验	✓	✓	✓	6	绝缘性能检查	—	—	—
	② 模拟量输入的幅值特性检验	✓	✓	—		(1) 绝缘电阻检测	✓	✓	✓
	③ 模拟量输入的相位特性检验	✓	✓	—		(2) 介质强度试验	✓	✓	—
	(5) 告警回路检验	✓	✓	—	7	功耗检验	✓	—	—
	(6) 输出触点及信号检查	✓	✓	✓	8	功能检验	✓	✓	✓*
	(7) 开入量输入回路检验	✓	✓	✓	9	安全性能检查	—	—	—
						(1) 绝缘间隙与爬电距离检查	✓	✓	✓
						(2) 接地的标志与接地检查	✓	✓	✓

第一篇 检验基础知识及通用检验方法

第一章 产品质量检验的基本条件

为了准确地检验继电器、继电保护及自动化装置等产品的性能,排除各种影响量及影响因素对产品性能的影响,要求检验继电器、继电保护及自动化装置等产品性能时,必须在一个基准的试验条件下进行,基准的试验条件包括环境条件、电源条件、产品的安装条件等。除此之外,根据被测产品性能的高低要求测试的仪器、仪表有一定的准确度。只有这样才能保证产品测试结果的准确性和可靠性。

一、试验条件

国家标准 GB/T7261—2000《继电器及装置基本试验方法》依照国际电工委员会 TC—95 技术委员会所颁布的 IEC—60255 系列标准,对产品试验的试验条件作了如下的规定:

(一) 试验的环境条件

1. 有或无继电器试验的环境条件 除另有规定外,试验应在正常试验大气条件下进行。正常试验大气条件为

环境温度: 15 ~ 35℃;

相对湿度: 45% ~ 75%;

大气压力: 86 ~ 106kPa。

对于具有准确度要求的有或无继电器应在基准条件下进行试验。基准条件为

环境温度: 20℃ ± 2℃;

相对湿度: 45% ~ 75%;

大气压力: 86 ~ 106kPa。

2. 量度继电器及装置试验的环境条件 除另有规定和变差试验外,试验应在基准条件下进行。试验环境的基准条件及试验允许偏差(以下简称试验允差)见表 1-1。

表 1-1 试验环境的基准条件及试验允差

环境条件	基准条件	试验允差
环境温度/℃	20	± 2
相对湿度 (%)	45 ~ 75	—
大气压力/kPa	86 ~ 106	—
外磁感应/mT	0	0.5

(二) 试验的电源性能

除变差试验外,所有试验应在基准试验条件下进行,试验电源的基准条件及试验允差见表 1-2。

表 1-2 试验电源的基准条件及“试验允差”

试验电源	基准条件	试验允差
交流电源频率	50Hz	± 5%
交流电源波形	正弦波	波形畸变 5% (或 2%) ^①
交流电源中直流分量	0	峰值的 2%
直流电源中的交流分量	0	0 ~ 6% ^②
三相平衡电源中相电压或线电压	大小相等	差异应不大于电压平均值的 1%
三相平衡电源中相电流	大小相等	差异应不大于电流平均值的 1%
三相平衡电源中各相电压与该相电流间夹角	相等	2°

① 为多输入量的量度继电器及装置试验电源的交流电源波形畸变系数。

② 按峰—峰值波纹系数定义。交流分量峰谷值对脉动量的直流分量绝对值之比时,试验允差为 6%。

(三) 安装位置

产品试验时,安装位置对于任一方向允许偏差为 2°。

(四) 试验用仪器、仪表

除另有规定外,试验时使用的仪器、仪表准确度应满足下面要求:

(1) 一般使用仪表准确度应根据被测量的误差等级按表 1-3 进行选择;

表 1-3 仪表准确度等级

误差	< 0.5%	≥ 0.5% ~ 1.5%	> 1.5% ~ 5%	≥ 5%
仪表准确度	0.1 级	0.2 级	0.5 级	1.0 级
数字仪表 准确度	6 位半	5 位半	4 位半	4 位半

- (2) 测量相位用仪表不低于 1.0 级；
 (3) 测量温度用仪表误差不超过 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；
 (4) 测量时间用仪表，当测量时间大于 1s 时，相对误差应不大于 5/1000；测量时间小于等于 1s 时，分辨力应为 0.1ms；

(5) 其他试验仪表准确度应满足相应标准要求，并符合有关计量认证的要求。

二、试验电源

试验电源性能的好坏直接影响到产品性能检验结果的准确性。因此，正确选择试验电源、改进试验电源的性能对检验工作是一项极为重要的工作。

(一) 直流电源

反映直流电源性能的主要技术指标是直流电源中所含有交流分量的大小，即纹波因数。

在 IEC 标准中定义直流电源的纹波因数为直流电源中的交流分量的峰—峰值与直流电源的平均值之比。直流电源中所含有的交流分量越大，则直流电源的纹波因数越大，直流电源的性能越差，对产品性能检测的影响越大。

目前实验室所使用的直流电源大多数都是整流电源。整流电源是利用整流二极管或大功率晶闸管，将交流电源通过不同的整流方式变成直流电源。这些整流方式有单相半波整流、单相全波整流、单相桥式整流、三相半波整流、三相全波整流、三相桥式整流等等。不管采用哪种整流方式所得到的直流电源都不是平整的直流电源，而是含有一定脉动量的直流电源，这种脉动量就是直流电源中所含有的交流分量。在众多的整流方式中，以单相半波整流的直流电源含有的交流分量最为严重，纹波因数最大。

由于含有交流分量的直流电源对产品性能检验结果影响较大，因此要采取措施减小纹波因数。其方法是在整流电源中增加滤波回路，以此来减小直流电源的脉动。

纹波因数可以通过图 1-1 所示的线路来进行测试。

图中，直流电压表测量直流电源的直流电压的平均值，测量直流电压的交流分量，应使用数字式峰—峰值电压表。没有数字式峰—峰值电压表时，也可选用真空管式电压表、电子管电压表、方均根响应的数字式电压表和峰值电压表等。这些仪表测量交流分量的峰—峰值时，误差较大，测量值反映的是交流分量的最大值，需要换算为交流分量的峰—峰值。

具体计算过程如下：

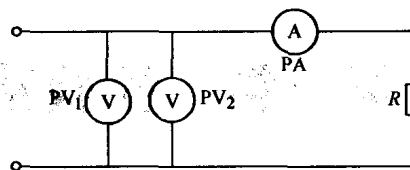


图 1-1 直流电源纹波因数测试线路

PV₁—直流电压表 PV₂—数字式峰—峰值电压表

1. 真空管电压表、电子管电压表、方均根响应的数字式电压表 测量值乘以 $2\sqrt{2}$ ，即为交流分量的峰—峰值。

2. 峰值电压表 测量值乘以 2，即为交流分量的峰—峰值。

计算出纹波因数 K_f ： $K_f = \text{交流分量的峰—峰值} / \text{直流电压的平均值}$ 。

直流电源的纹波因数 $K_f > 6\%$ 时，不能作为试验电源使用。但可以通过改变滤波回路中元器件的参数（如增大电容器的电容量来减小交流分量），来降低纹波因数，从而得到符合有关标准要求的直流电源。

除了用两表法测量纹波因数的方法外，还可以用示波器来观察直流电源的波形。有的示波器直接显示电源波形的峰—峰值的大小，可以用图示法计算出纹波因数的大小。

对于有条件的实验室，可以使用直流发电机和蓄电池等直流电源，它们输出直流电源的纹波因数很小甚至接近于零，是最理想的直流电源。

直流电源的技术指标除了纹波因数外，还有稳压精度、稳流精度等。要求稳压精度、稳流精度高，并且这两个参数不能因负载的变化而变化。一般要求这两个参数不应超过 2%。

(二) 交流电源

在实验室所使用的交流电源主要有单相电源和三相电源两种。

1. 单相电源 单相交流电源的主要技术指标是波形畸变，波形畸变的大小用波形畸变因数来衡量。

一般讲，交流电源都是指正弦波交流电源，但实际上许多实验室和企业的质检部门都是用低压供电网络的交流电源作为试验电源。目前低压供电网络的交流电不是完全的正弦波交流电源，而是含有一定谐波的非正弦波电源，这些电源的波形都存在着一定的波形畸变。同时在低压供电网络中还要使用大量电气设备，如非线性电阻、变压器、变流器、移相器、电抗器、互感器和稳压器等，使用这些设备会增大电源波形的畸变。非正弦波的电压和电流

施加于继电保护及自动化装置时,要引起继电保护及自动化装置动作特性的变化,影响试验结果的正确性。

为了使试验结果准确,首先要测量所使用的交流电源的波形畸变因数。测量波形畸变因数应使用失真度试验仪,测试线路见图 1-2。

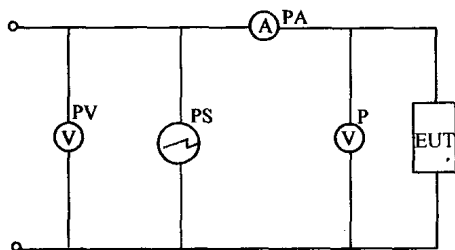


图 1-2 交流波形畸变系数测试线路

P—失真度试验仪 PS—示波器

测量波形畸变因数还可以用示波器观察,也可以用谐波分析仪来检测交流电源中所含有的谐波量的大小。

测量的波形畸变因数超过 5% 的交流电源不能作为试验电源使用。

2. 三相电源 除了对单相电源的要求外,三相电源的另一个重要的技术指标是三相电源是否是三相平衡电源。

三相平衡电源的技术指标有:三相电源的相电压或线电压大小应相等;相电流大小应相等;各相电压与该相电流间夹角也应相等。上述技术指标的允差见表 1-2。

目前许多实验室所用的三相电源一般都是低压供电网络中的交流电源。这些电源由于负载等原因,很难达到三相平衡电源的要求。因此,用这样的电源无法去检测继电保护及自动化装置的性能,特别是对检验带有相位的两个激励量的功率和阻抗继电器及保护装置等产品以及检验按对称分量原理构成的正序电压和负序电压继电器及保护装置等产品,影响很大。因此要求使用一些专用继电保护测试装置。因为这些装置中都配备有三相平衡电源,同时这些电源的波形畸变因数一般都小于 2%。

3. 交流电源频率 电源频率的变化不仅影响继电保护及自动化装置各类线圈、变换器的阻抗值,对继电器和装置的动作值等许多基本技术参数都有不同程度的影响;同样对有相位的两个激励量产品的影响更严重。频率变化对试验仪表的准确度也有影响,尤其是电动式仪表。

有关标准的规定:交流电源的频率为 $50\text{Hz} \pm 0.5\text{Hz}$,电网的频率有时达不到此要求。在检验工作

中,应注意电源频率变化引起被试产品和试验仪表的误差。

三、仪器、仪表的要求

(一) 电气测量仪表的分类

电气测量仪表种类繁多,分类的方法也很多,常用的分类方法有如下几种:

(1) 按工作原理分类:磁电式、电磁式、电动式、感应式、整流式、热电式和数字式等;

(2) 按用途分类:电流表(安培表、毫安表、微安表),电压表(伏特表、毫伏表),功率表(瓦特表),电阻表(高阻表、绝缘电阻(兆欧)表、欧姆表、毫欧表),相位表(功率因数表),频率表,多用表(万用表)等;

(3) 按测量的电源分类:交流表、直流表,交流直流两用表等;

(4) 按使用的方式分类:固定式、携带式等;

(5) 按防电磁性能分类:屏蔽式、不屏蔽式;

(6) 按使用的条件分类:分 A、B、C 三类;

(7) 按测量的准确度分类:0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 级。

各类仪表及附件的图形符号见表 1-4。

(二) 电气测量仪表的误差

使用任何类型的测量仪表去测量被测量时,测量仪表的指示值与被测量的真值之间都会存在一定的差别,这个差别就是测量仪表的误差。误差的大小反映测量仪表的指示值与被测量的真值的差别程度的大小。

可以用仪表的误差来反映仪表的准确度,测量仪表的准确度越高表示测量仪表的误差越小。

根据电气测量仪表的特点,仪表的误差有两类:

1. 基本误差 仪表在正常工作条件下进行测量时所产生的误差。基本误差是仪表本身的固有误差。它是由仪表设计、工艺、制造过程的不完善所引起的。

正常工作条件:

环境温度: $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;

仪表的工作位置:正常使用位置;

周围的电磁环境:除地磁场(地磁场的场强应不大于 0.5mT)外,应无其他电磁物质和铁磁物质存在;

交流电源:对交流仪表的测量应为额定频率下的正弦波。

仪表的基本误差是以不超过仪表的满量程的大小来规定的,具体规定见表 1-5。

表 1-4 电工仪表和附件的图形符号

名 称	图形符号	名 称	图形符号	名 称	图形符号
磁电系仪表		磁电系比率表		电磁系仪表	
电磁系比率表		电动系仪表		电动系比率表	
铁磁电动系仪表		铁磁电动系比率表		感应系仪表	
静电系仪表		热电式仪表		整流式仪表	
直流		交流		直流和交流	
以标度尺量限百分数表示准确度例如 1.5 级	1.5	以标度尺长度百分数表示准确度例如 1.5 级		以指示值百分数表示准确度例如 1.5 级	
标度尺位置为垂直方向		标度尺位置为水平方向		危险	
不进行绝缘强度试验		绝缘强度试验电压为 500V		绝缘强度试验电压为 2000V	
发电机端钮	☆	接地端钮		与外壳相连的接地端钮	
屏蔽相连的端钮		调零器		I 级防磁	
II 级防磁		III 级防磁		A 组仪表	
B 组仪表		C 组仪表			

表 1-5 仪表基本误差的规定

仪表准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差 (%)	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±1.5	±2.5	±5.0

2. 附加误差 仪表在非正常工作条件下进行测量时，除基本误差外，还会出现附加的误差。

(三) 电气测量仪表的误差表示方式

1. 绝对误差 测量值与被测量真值之间的差值。

$$\Delta = A_x - A_0$$

式中 A_x ——测量值（测量结果）；

A_0 ——被测量真值；

Δ ——绝对误差。

2. 相对误差 绝对误差 Δ 与被测量真值 A_0 之间的比值，通常用百分数 γ 表示。

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\%$$

3. 引用误差 绝对误差 Δ 与仪表误差的最大量程 A_m 之间的比值，通常用百分数 γ_m 表示。

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\%$$

4. 应用仪表准确度估计测量误差 在使用电气测量仪表进行直接测量时，可以根据仪表的准确度

等级来估计测量结果的误差。仪表在规定的正常条件下进行测量，在测量过程中可能出现的最大绝对误差，除了与仪表的准确度等级成正比外，还与仪表测量的最大量程大小有关。

$$\Delta_m = \pm K\% A_m$$

式中 Δ_m ——最大绝对误差；

$\pm K\%$ ——仪表准确度；

A_m ——仪表测量最大量程。

用该仪表进行测量，所得到的测量值为 A_x ，其测量结果可能出现的最大相对误差为

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm K\% A_m}{A_x} \times 100\%$$

5. 使用仪表的一般要求 为了保证测量结果的准确性，应根据被测量的特性来选择合适的仪表。对继电保护及自动化装置的试验，应要求所使用的全部仪表的准确度满足表 1-3 的要求。完成一次试验将会使用许多仪表，在试验过程中，测量结果与被测量之间会存在误差。产生误差的原因，除了仪表本身的基本误差和使用条件所引起的附加误差外，还有一个重要原因是由于测量方法的不当和仪表选择不合理所造成的。因此，全面地了解仪表的技术性能、合理选择仪表、正确使用仪表，就能使测量结果的误差降低到最小。

几种常用仪表的技术特性见表 1-6。

表 1-6 各类仪表的技术特性表

技术特性	仪表类型					
	磁电系	整流系	电磁系	电动系	铁磁电动系	感应系
测量基本量	电流、电压	电流、电压	电流、电压	电流、电压可测交、直流功率及相位、频率	电流、电压可测交、直流功率及相位、频率	交流电能及功率
用途	直流或交流量中恒定分量	交流平均值正弦波的有效值	交流有效值或直流	交流有效值或直流	交流有效值或直流	也可以测量交流电压或电流
刻度特性	均匀	接近均匀在交流正弦波下为有效值	不均匀	不均匀用作功率表时，刻度均匀	不均匀	用作功率表时，刻度均匀
使用频率范围 /Hz		45 ~ 1000	50（频率变化时，误差大）	50	50	50
准确度	高 一般为 0.1 ~ 1.0 级 可达 0.1 ~ 0.05 级	低 一般为 0.5 ~ 2.5 级 可达 0.1 ~ 0.5 级	低 一般为 0.5 ~ 2.5 级 可达 0.2 ~ 0.1 级	高 一般为 0.5 ~ 1.0 级 可达 0.1 ~ 0.05 级	低 一般为 1.5 ~ 2.5 级	低 一般为 1.0 ~ 3.0 级