ICS 29.120.70;29.240.30
K 45

中华人民共和国国家标准

GB/T 7261—2016
代替 GB/T 7261—2008

继电保护和安全自动装置基本试验方法

Basic testing method for relaying protection and security automatic equipment

2016-02-24 发布　　2016-05-02 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

刮涂层 查真伪

目　　次

前言 …… V
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 2
4　试验条件 …… 4
4.1　试验的环境条件 …… 4
4.2　安装位置 …… 5
4.3　试验用仪器、仪表 …… 5
5　结构及外观检查 …… 5
5.1　检查内容及方法 …… 5
5.2　检查要求 …… 5
6　基本性能试验 …… 6
6.1　触点基本参数试验 …… 6
6.2　线圈基本参数试验 …… 8
6.3　变换器基本参数的测试 …… 10
6.4　有或无继电器功能试验 …… 13
6.5　量度继电器及装置特性量的准确度试验 …… 14
6.6　时间特性试验 …… 21
6.7　开关量输入和输出试验 …… 22
6.8　测控性能试验 …… 22
6.9　时间同步性能试验 …… 22
7　基于 IEC 61850 的数字化接口试验 …… 23
8　功率消耗试验 …… 23
8.1　试验方法 …… 23
8.2　功率消耗测试 …… 23
8.3　要求 …… 27
9　温升试验 …… 27
9.1　试验条件 …… 27
9.2　试验方法 …… 27
10　气候环境试验 …… 28
10.1　运行温度试验 …… 28
10.2　贮存温度试验 …… 30
10.3　温度变化试验 …… 31
10.4　恒定湿热试验 …… 33
10.5　交变湿热试验 …… 33

10.6 低气压试验 …… 37
11 电源影响试验 …… 38
11.1 辅助激励量电压变化影响试验 …… 38
11.2 交流电源频率变化影响试验 …… 38
12 机械性能试验 …… 38
12.1 振动试验 …… 38
12.2 冲击与碰撞试验 …… 38
12.3 地震试验 …… 39
13 绝缘性能试验 …… 44
13.1 绝缘电阻测量 …… 44
13.2 介质强度试验 …… 45
13.3 冲击电压试验 …… 46
14 电磁兼容试验 …… 47
14.1 被试设备的端口 …… 47
14.2 电磁发射试验 …… 47
14.3 抗扰度试验 …… 48
15 过载试验 …… 53
15.1 总则 …… 53
15.2 短时耐热极限值试验 …… 53
15.3 激励量动稳定极限值试验 …… 53
15.4 连续过载试验 …… 53
15.5 多输入激励量的过载试验 …… 54
16 触点性能和机械寿命试验 …… 54
16.1 总则 …… 54
16.2 触点性能 …… 54
16.3 机械寿命试验 …… 54
17 安全试验 …… 55
17.1 电气间隙试验 …… 55
17.2 爬电距离测量 …… 55
17.3 接触电流测量 …… 55
17.4 外壳防护等级试验 …… 55
17.5 保护联接试验 …… 56
17.6 着火危险试验 …… 56
17.7 安全标志检查 …… 57
18 通信及规约试验 …… 57
18.1 光口发送/接收功率试验 …… 57
18.2 通信规约一致性试验 …… 57
18.3 通信性能试验 …… 57
18.4 网络压力试验 …… 58
18.5 通信可靠性试验 …… 58

19 装置功能试验 …… 59
附录 A（资料性附录） 测时电路 …… 60
附录 B（资料性附录） 用热电偶测量温度的推荐方法 …… 62
附录 C（资料性附录） 型式试验导则 …… 63
附录 D（资料性附录） 固有误差、运行误差和系统误差 …… 66
附录 E（资料性附录） 基于 IEC 61850 的数字化接口试验 …… 68
附录 F（资料性附录） 地震试验选择原则 …… 78

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 7261—2008《继电保护和安全自动装置基本试验方法》。

本标准与 GB/T 7261—2008 相比主要变化如下：

——试验基准条件按 GB/T 14598.2 修改；

——删除了 6.1 中触点压力、触点间隙、触点超行程；

——删除了 6.2 中线圈电感参数；

——增加了激励量阶梯缓慢施加方法；

——增加了辅助电路静态功耗、最大功耗、浪涌和启动时间测试及开关量输入功耗测试；

——增加了时间同步性能试验；

——增加基于 IEC 61850 的数字化接口试验；

——删除了红外线测试温升法；

——环境试验改为气候环境试验，按标准要求进行修改，增加恢复过程；

——电源电压暂降、中断及纹波分类到电磁兼容；

——电磁兼容试验顺序进行了调整；

——通信规约试验改为通信与规约试验，增加了相关内容；

——增加了附录 E。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会(SAC/TC 154)归口。

本标准起草单位：许昌开普检测技术有限公司、长园深瑞继保自动化有限公司、中国电力科学研究院、北京四方继保自动化股份有限公司、河北电力调度控制中心、南京南瑞继保电气有限公司、许昌开普电气研究院、许继电气股份有限公司、积成电子股份有限公司、国电南京自动化股份有限公司、北京紫光测控有限公司、东方电子股份有限公司、珠海万力达电气自动化有限公司、国网电力科学研究院、哈尔滨电气集团阿城继电器有限责任公司、河北北恒电气科技有限公司、江苏金智科技股份有限公司、ABB(中国)有限公司、施耐德电气(中国)有限公司、上海华建电力设备股份有限公司。

本标准主要起草人：李全喜、贺春、刘宏君、刘慧海、范暐、孙利强、凌刚、李志勇、杨慧霞、梁经宛、袁文广、余华武、胡家为、余越、赵洪强、朱志伟、俞波、陈振中、田建军、沈峻、李燕、杨立璠、王琦、蒋冠前、胡晓静。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 7261—1987、GB/T 7261—2000、GB/T 7261—2008。

学兔兔 www.bzfxw.com

继电保护和安全自动装置基本试验方法

1 范围

本标准规定了继电保护和安全自动装置的基本试验方法。

本标准适用于电力系统二次回路所用有或无继电器、量度继电器、保护装置、安全自动装置(保护装置和安全自动装置以下简称装置)及其接口设备等产品的试验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2422 环境试验 试验方法编写导则 术语和定义

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温

GB/T 2423.3—2006 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Cab:恒定湿热试验

GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Db:交变湿热(12 h+12 h循环)

GB/T 2423.21—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验M:低气压

GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语

GB/T 2900.17 电工术语 量度继电器

GB/T 2900.49 电工术语 电力系统保护

GB 4208—2008 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 4365 电工术语 电磁兼容

GB 4824 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 骚扰特性 限值和测量方法

GB/T 5169.16—2008 电工电子产品着火危险试验 第16部分:试验火焰 50 W水平和垂直火焰试验方法

GB 9254 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法

GB/T 11287—2000 电气继电器 第21部分:量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第1篇:振动试验(正弦)

GB/T 12113—2003 接触电流和保护导体电流的测量方法

GB/T 13729—2002 远动终端设备

GB/T 14537—1993 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验

GB/T 14598.2—2011 量度继电器和保护装置 第1部分:通用要求

GB/T 14598.26—2015 量度继电器和保护装置 第26部分:电磁兼容要求

GB 14598.27—2008 量度继电器和保护装置 第27部分:产品安全要求

GB/T 17626.9—2011 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验

GB/T 17626.10—1998 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验

GB/T 21711.1—2008 基础机电继电器 第1部分:总则与安全要求

学兔兔 www.bzfxw.com

GB/T 25919.1—2010 Modbus 测试规范 第 1 部分:Modbus 串行链路一致性测试规范

GB/T 25919.2—2010 Modbus 测试规范 第 2 部分:Modbus 串行链路互操作测试规范

GB/T 26864 电力系统继电保护产品动模试验

DL/T 634.56—2010 远动设备及系统 第 5-6 部分:IEC 60870-5 配套标准一致性测试导则

DL/Z 860.2—2006 变电站通信网络和系统 第 2 部分:术语

DL/T 860.10 变电站通信网络和系统 第 10 部分:一致性测试

IEC 60255-21-3:1993 电气继电器 第 21 部分:量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第 3 篇:地震试验(Electrical relays; part 21: vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment; section 3: seismic tests)

3 术语和定义

GB/T 2422、GB/T 2900.1、GB/T 2900.17、GB/T 2900.49、GB/T 4365 和 DL/Z 860.2 界定的术语和定义以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

基本试验方法 basic testing method

在规定的试验条件下,对产品进行试验的通用试验方法,它不包括某类产品的专门试验、特定试验所遵循的方法。

3.2

变差试验 variation test

在试验期间,产品的某个影响量或影响因素处于标称范围的极限值,其余影响量或影响因素处于基准条件下所进行的试验。

3.3

试验条件允许偏差 permissible deviation of the testing condition

如果规定试验条件的参数为 M,实际试验条件的参数为 N,则试验条件的允许偏差见式(1):

$$\frac{N-M}{M}\times 100\% \qquad \cdots\cdots(1)$$

注:试验条件允许偏差也可以用绝对值表示。允许偏差是指这一数值的允许变动范围。

3.4

被试设备 equipment under test; EUT

被试验的设备。除另有规定外,应包含所有附属设备。

3.5

冷态 cold state

在不施加激励量的情况下,其各部分的温度与周围环境温度之差不大于 3 K 的状态。

3.6

热态(热稳定状态) thermal state(thermally stable state)

在规定的激励量的作用下,产品温升达到稳定的状态。在该状态下每隔半小时测得的温度差不超过 1 K。

3.7

单轴正弦扫频地震试验 single axis sine sweep seismic test

被试设备的三个正交轴向依次经受标准频率范围内的等位移或者等加速度扫频正弦振动的试验。

3.8

双轴试验 biaxial test

被试设备的水平轴向和垂直轴向同时经受振动的试验。

学兔兔 www.bzfxw.com

3.9

双轴多频随机地震试验 biaxial multi-frequency random seismic test

被试设备经受试验响应谱的随机序列振动的试验。试验响应谱能够通过双轴多频输入运动复现标准响应谱。

3.10

标准响应谱 standard response spectrum

一种响应谱，其波形符合图 32，其主要参数为 3.11 和 3.12 定义的阻尼和零周期加速度。

3.11

阻尼 damping

一个表征系统中许多能量耗散机理的通用术语。

注：实际上，阻尼取决于许多参数，例如结构、振型、应变、作用力、速度、材料、连接滑移等。

3.12

零周期加速度 zero period acceleration

响应谱加速度的高频渐近值(见图 32)。

注：零周期加速度具有实际意义，因为在一个时间历程中，它代表最大的峰值加速度。这种零周期加速度不可与响应谱的峰值加速度相混淆。

3.13

随机运动样本 random motion sample

改变随机运动记录的频率范围和幅值后形成的样本，以便复现所需响应谱或者标准响应谱。

3.14

时间历程 time-history

由某一给定运动产生的加速度或位移或速度随时间变化的记录(见图 33)。

3.15

时间历程强部 strong part of time-history

从时间历程曲线第一次达到 25%最大值起，至最后一次降低到 25%最大值为止的时间历程部分(见图 33)。

3.16

一致性测试 conformance test

检验通信信道上数据流与标准条件的一致性，涉及访问组织、格式、位序列、时间同步、定时、信号格式和电平、对错误的反应等。执行一致性测试，证明与标准或标准特定描述部分相一致。

[DL/Z 860.2—2006，定义 2.16]

3.17

通用面向对象的变电站事件 generic object oriented substaiton event；GOOSE

当发生任何状态变化时，智能电子设备将借助变化报告，多播一个高速二进制对象——通用面向对象的变电站事件(GOOSE)报告。该报告一般包含：状态输入、起动和输出元件、继电器等实际和虚拟的每一个双点命令状态。

在第一次报告后，该报告一般以间隔 2 ms、4 ms、8 ms…，60 000 ms 顺序重发(第一重发延时不固定，可长可短)。

通用面向对象的变电站事件报告允许传送高速跳闸信号，具有高传输成功概率。

[DL/Z 860.2—2006，定义 2.44]

3.18

信息模型 information model

关于变电站功能(装置)，并借助于 DL/T 860 标准，使之可视、可访问的知识。该模型以抽象方式简化描述实际功能或装置。

[DL/Z 860.2—2006，定义 2.53]

学兔兔 www.bzfxw.com

3.19

合并单元　merging unit;MU

接口单元。该单元接收多路电流、电压互感器模拟量和二进制输入，产生多路时间同步串行单向多点数字点对点输出，经逻辑接口 4 和 5 进行数据通信。

[DL/Z 860.2—2006，定义 2.79]

3.20

否定测试　negative test

验证装置或系统对下列标准给予否定响应为正确响应的测试：

——未在被测试装置或系统中实现的 DL/T 860 标准一致性信息和服务；

——发送给被测装置或系统的非 DL/T 860 标准一致性信息和服务。

[DL/Z 860.2—2006，定义 2.85]

3.21

采样值　sampled value;SV

基于发布/订阅机制，交换采样数据集中的采样值的相关模型对象和服务，以及这些模型对象和服务到 ISO/IEC 8802-3 帧之间的映射。

3.22

智能终端　smart terminal

一种装置。与一次设备采用电缆连接，与保护、测控等二次设备采用光纤连接，实现对一次设备（如：断路器、刀闸、主变压器等）的测量、控制等功能。

4　试验条件

4.1　试验的环境条件

除另有规定外，所有试验应在表 1 规定的条件下进行。

表 1　试验基准条件

影响量	基准条件
工作温度	20 ℃±5 ℃
相对湿度	45%～75%
大气压力	86 kPa～106 kPa
辅助电源电压	额定电源电压±1%
零序电压[a]	≤1.0%
外部持续磁场	磁场感应强度不大于 0.5 mT
交流电压和电流中的直流分量	不超过峰值的 2%
直流辅助激励量中的交流分量	峰值纹波系数为直流额定值的 0%～15%
波形	正弦波，畸变因数不超过 5%[b]
频率	额定频率(50 Hz 或 60 Hz)±0.2%

[a] 三相系统中所有相对地电压的向量和。

[b] 畸变因数：从非正弦周期量中减去基波所得到的谐波量均方根值与非正弦量均方根值的比值，通常用百分数表示。

学兔兔 www.bzfxw.com

4.2 安装位置

试验时，按正常工作位安装，安装位置对于任一方向的允许偏差为 2°。

4.3 试验用仪器、仪表

4.3.1 一般使用仪表仪器的准确度应根据被测量的误差等级按表 2 进行选择。

表 2 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

4.3.2 测量相位用仪表的准确度不应低于 1.0 级。

4.3.3 测量温度用仪表的误差不应超过±1 ℃。

4.3.4 测量时间用仪表：当测量时间大于 1 s 时，相对误差不大于 0.1%；测量时间不大于 1 s 时，误差不大于 1 ms，分辨率不低于 0.1 ms。

4.3.5 其他测试仪表的准确度应满足相应标准规定的要求。

5 结构及外观检查

5.1 检查内容及方法

5.1.1 目测被试设备所有零件锡焊处的质量，如是否存在针孔、气泡、裂纹、挂锡、拉尖、桥接及焊点润湿不良等现象。

5.1.2 检查被试设备是否按产品标准规定对有关部位进行漆封。

5.1.3 目测被试设备表面的涂覆层的颜色是否均匀一致，有无明显的色差和眩光，检查涂覆层表面是否有砂粒、趋皱、流痕等缺陷。

5.1.4 检查被试设备连接导线的颜色、线径及连接方式等是否符合产品标准的规定。

5.1.5 检查被试设备铭牌标志和端子号是否符合标准的规定。

5.1.6 检查插拔式被试设备的接插件插拔的灵活性和互换性。

5.1.7 检查被试设备包装是否符合有关包装标准的规定。

5.1.8 被试设备的外形尺寸和安装尺寸等可采用钢直尺和钢带卷尺进行检查，必要时可采用精度更高的测量仪器。

5.1.9 被试设备的质量用天平或磅秤等进行检查。

5.1.10 检查被试设备内各元器件的安装及装配是否符合图纸和工艺的要求。

5.1.11 检查被试设备中电镀零件、喷漆零件、塑料零件的表面质量，例如有无划伤、碰伤和变形现象。

5.1.12 被试设备中是否存在引起电化学腐蚀的不同金属材料或电镀层的直接连接。

5.2 检查要求

5.2.1 一般检查被试设备应在无损试验下进行。

5.2.2 一般检查应在正常照明和视觉条件下进行。

5.2.3 对于严重缺陷或缺陷无法用文字叙述时，可以用相机拍照记录。

学兔兔 www.bzfxw.com

6 基本性能试验

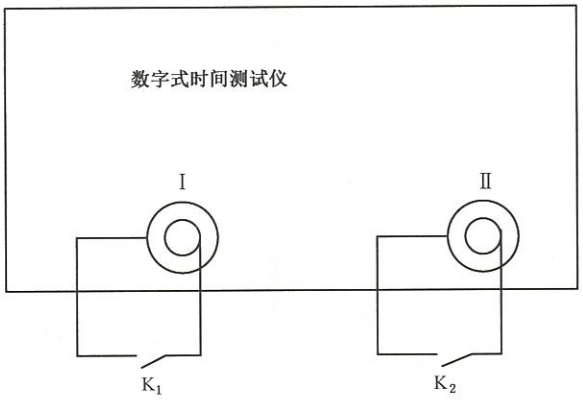
6.1 触点基本参数试验

6.1.1 触点接触同步测试

6.1.1.1 测试方法：

a) 触点接触不同步时差可分别测量各触点组的动作时间或返回时间，然后再进行比较。

b) 两组触点接触不同步时差测试方法测试电路如图 1 所示。对于多组触点应以某一组触点为基准，其他各组触点分别与该组触点进行测试。



K_1、K_2 为两组触点

图 1 两组触点接触不同步时差测试电路示例

6.1.1.2 测试程序：

a) 触点 K_1、K_2 同时接触，数字时间测试仪指示为零；

b) 触点 K_1 先于 K_2 接触，数字时间测试仪指示数值为两触点不同步时差；

c) 触点 K_1 后于 K_2 接触，数字时间测试仪指示数值连续不停增加时，更换两触点测试回路位置再进行测试。

6.1.1.3 测试要求：

a) 当对动合触点不同步时差进行测试时，应对继电器突然施加额定激励量，使继电器动作；

b) 当对动断触点不同步时差进行测试时，应对继电器突然去除激励量，使继电器返回。

6.1.2 触点接触电阻测试

6.1.2.1 测试方法：

a) 采用伏-安法测触点接触电阻的测试电路如图 2 所示；

按产品标准要求，使触点回路通过规定的电流，测量触点两端电压，根据电流、电压值用式(2)计算触点接触电阻。

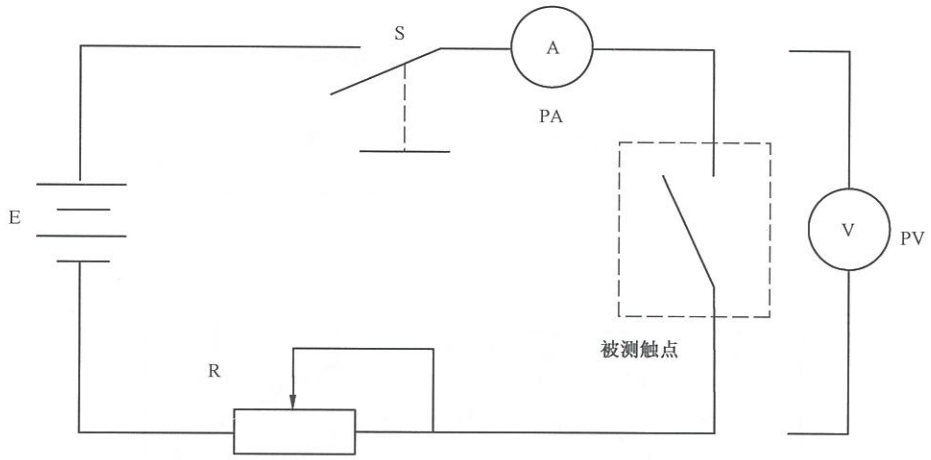
$$R_j = \frac{U}{I} \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：

U ——触点两端电压，单位为伏特(V)；

I ——通过触点电流，单位为安培(A)。

学兔兔 www.bzfxw.com



说明：

E ——直流电源；

R ——可调电阻；

PA——电流表；

PV——电压表；

S ——单刀开关。

图 2 采用伏-安法测触点接触电阻的测试电路示例

b) 采用直流双臂电桥测触点接触电阻的测试电路如图 3 所示；

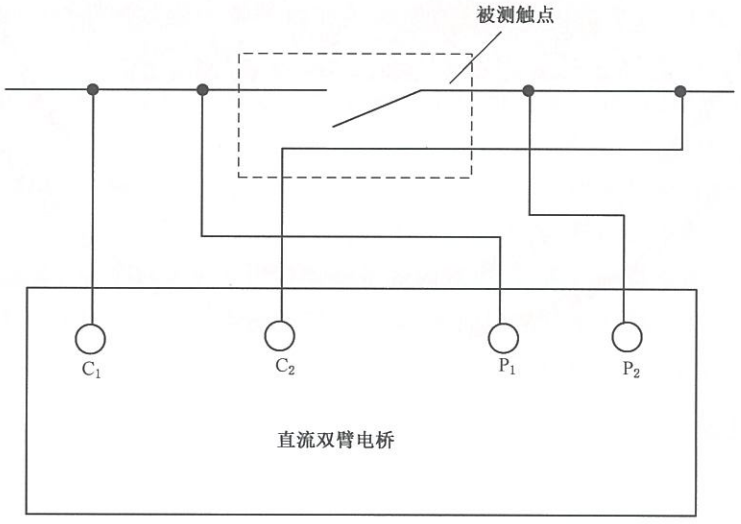


图 3 采用直流双臂电桥测触点接触电阻的测试电路示例

c) 采用低电阻测试仪测触点接触电阻的测试电路如图 4 所示。

学兔兔 www.bzfxw.com

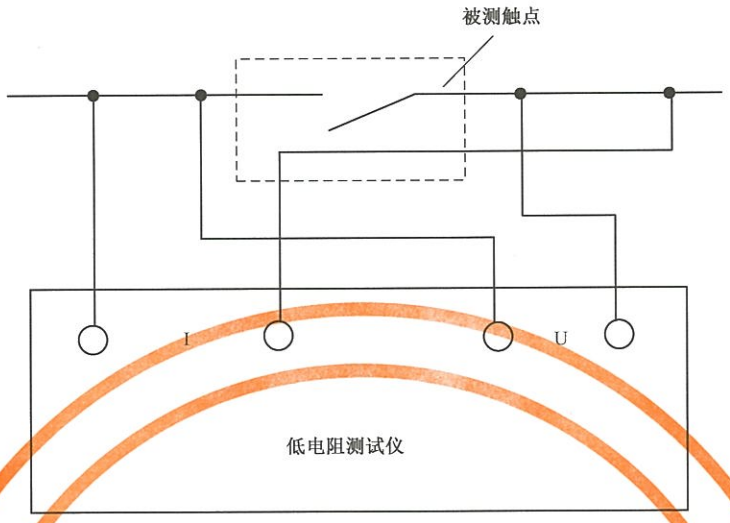


图 4　采用低电阻测试仪测触点接触电阻的测试电路示例

6.1.2.2　测试程序：

a）　继电器处于释放状态时，单独测量动断触点的接触电阻；

b）　继电器处于动作状态时，单独测量动合触点的接触电阻；

c）　测量 6 次，计算平均值。

6.1.2.3　测试要求：

a）　测试接触电阻的方法选择、测试时电流和电压的大小按产品标准规定执行；

b）　测试触点接触电阻，是指包括触点的输出端在内的整个触点回路（例如触点输出端、连接导线、触点组等）；

c）　采用伏-安法测试时，电压表的内阻不应低于被测量电阻的 100 倍。采用直流电源作测试源时，可用直流电位差计或数字式电压表代替电压表；

d）　采用直流电源作测试源时，应分别在两种不同极性下各测量 3 次，计算 6 次测量平均值；

e）　触点在开闭过程中，触点回路不允许加负载；

f）　采用四端子法测量接触电阻时，电流两端子应接在电压两端子外面，各端子连接应良好，同时被测部分的连接导线应尽可能粗而短，减少因接触不良及导线电阻所带来的测量误差；

g）　测试时，应防止触点受到超过规定的电流的冲击。

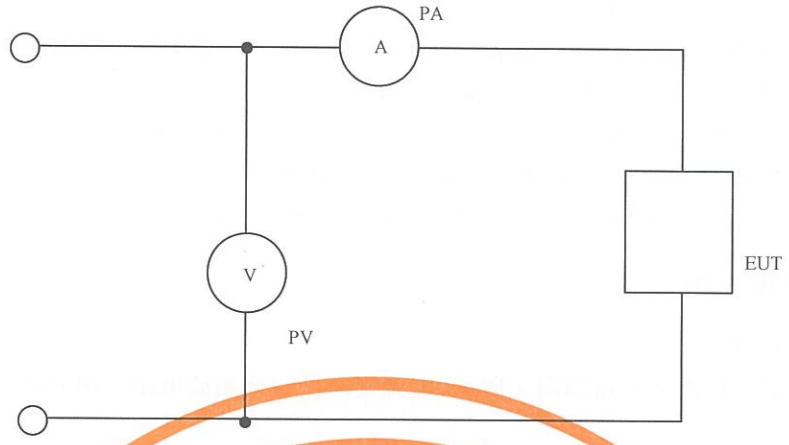
6.2　线圈基本参数试验

6.2.1　测试方法

a）　伏-安法测量线圈电阻；

电压型线圈电阻的测量电路如图 5 所示，电流型线圈电阻的测量电路如图 6 所示。

学兔兔 www.bzfxw.com



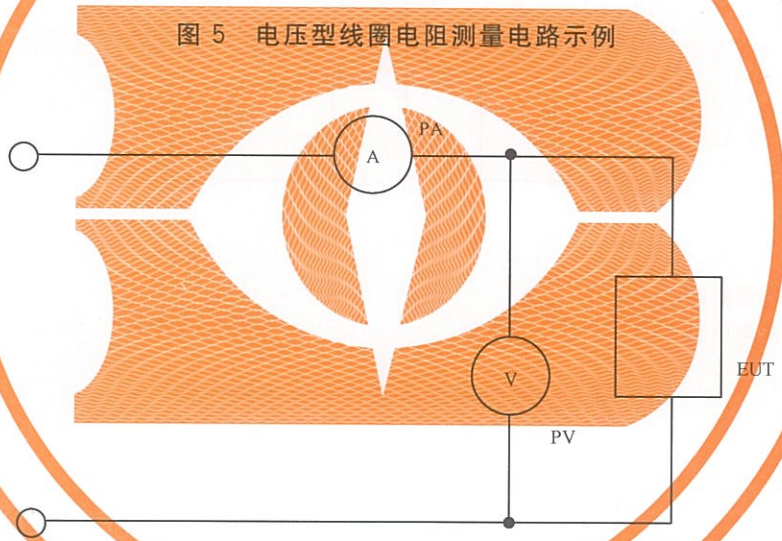
说明：

PV ——直流电压表；

PA ——直流电流表；

EUT——被试设备。

图 5 电压型线圈电阻测量电路示例



说明：

PV ——直流电压表；

PA ——直流电流表；

EUT——被试设备。

图 6 电流型线圈电阻测量电路示例

b) 电桥法测量线圈电阻：

——电压型线圈电阻用直流单臂电桥测量；

——电流型线圈电阻用直流双臂电桥测量。

c) 电阻测量仪测量线圈电阻；

根据线圈的类型，选用电阻测试仪测量电流型或电压型线圈的电阻。

6.2.2 测试要求

a) 测试前被测线圈放置在测试环境的时间不应小于 2 h；

学兔兔 www.bzfxw.com

b) 测试方法的选用按产品标准规定；

c) 用伏-安法测量线圈电阻时，电压表应采用高内阻电压表，电流表应采用低内阻电流表；

d) 用伏-安法测量线圈电阻时，通过线圈的电压或电流不宜过大，一般不超过继电器的额定工作电压或额定工作电流，通过时间不宜过长，以免线圈发热增大测量误差；

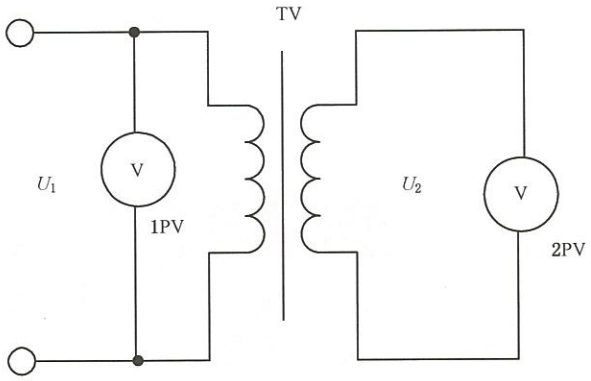
e) 被测线圈电阻较小时，宜尽量减少测试接线引起的测量误差；

f) 测量线圈电阻时应包括线圈输入端子在内的整个回路部分的电阻。

6.3 变换器基本参数的测试

6.3.1 变换器变比的测试：

a) 电压变换器变比测试电路如图 7 所示，电流变换器变比测试电路如图 8 所示；

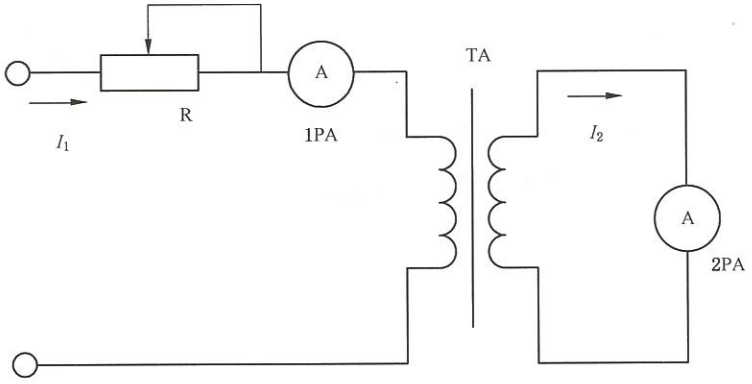


说明：

TV ——电压变换器；

1PV，2PV ——交流电压表。

图 7 电压变换器变比测试电路示例



说明：

R ——可调电阻；

TA ——电流变换器；

1PA，2PA——交流电流表。

图 8 电流变换器变比测试电路示例

学兔兔 www.bzfxw.com

b) 对电压变换器初级绕组施加电压 U_1 为额定电压，测量次级绕组电压 U_2；

对电流变换器初级绕阻施加电流 I_1 为额定电流，测量次级绕组电流 I_2。

c) 计算变比

电压变换器变比用式(3)计算：

$$K_U = \frac{U_2}{U_1} \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：

U_1——初级绕组施加电压，单位为伏特(V)，(1PV 电压表指示值)；

U_2——次级绕组电压，单位为伏特(V)，(2PV 电压表指示值)。

电流变换器变比用式(4)计算：

$$K_I = \frac{I_2}{I_1} \qquad \cdots\cdots(4)$$

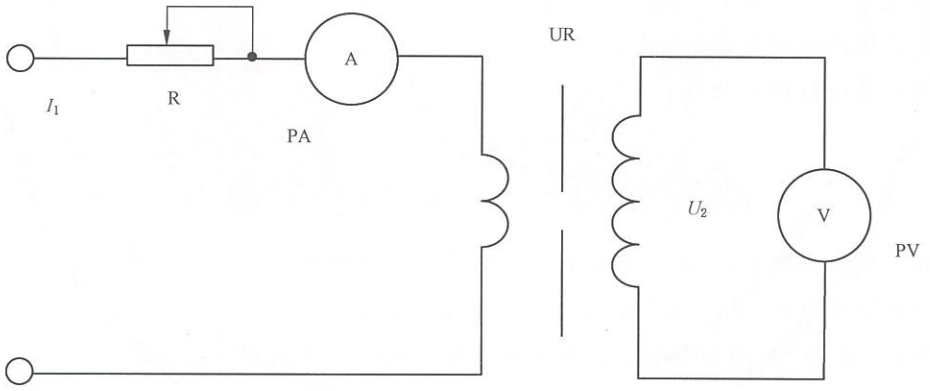
式中：

I_1——初级绕组施加电流，单位为安培(A)，(1PA 电流表指示值)；

I_2——次级绕组电流，单位为安培(A)，(2PA 电流表指示值)。

6.3.2 转移阻抗和转移阻抗角测试：

a) 转移阻抗的测试电路如图 9 所示，转移阻抗角的测试电路如图 10 所示；



说明：

R ——可调电阻；

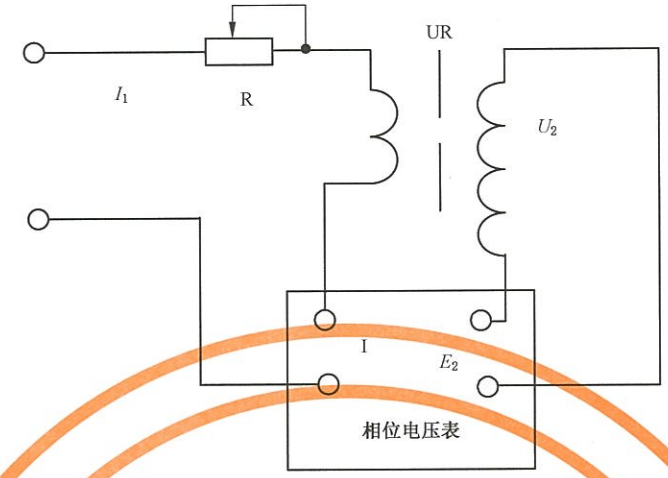
UR——电抗变换器；

PV——交流电压表；

PA——交流电流表。

图 9 转移阻抗测试电路示例

学兔兔 www.bzfxw.com



说明：

R ——可调电阻；

UR——电抗变换器。

图 10 转移阻抗角测试电路示例

b) 初级绕组施加电流 I_1 为额定电流；

c) 测量次级绕组空载时电压 U_2；

d) 计算转移阻抗用式(5)：

$$Z=\frac{U_2}{I_1} \quad \cdots\cdots(5)$$

式中：

I_1——初级绕组施加电流，单位为安培(A)，(PA 电流表指示值)；

U_2——次级绕组电压，单位为伏特(V)，(PV 电压表指示值)。

e) 测量转移阻抗角，用相位电压表测量初级绕组电流 I_1 和次级绕组空载电压 U_2 之间的相角差。

6.3.3 伏安特性测试：

a) 测试电路如图 9 所示；

b) 变换器在试验前应先去磁；

c) 初级绕组输入不同的电流值 I；

d) 测量不同电流值下次级绕组的空载电压 U；

e) 做出伏-安特性曲线 $U=f(I)$。

6.3.4 相序滤过器输出电压测试：

a) 测试电路如图 11 所示；

b) 输入三相正序额定电压(或电流)，测量二次输出电压；

c) 输入三相负序额定电压(或电流)，测量二次输出电压。

学兔兔 www.bzfxw.com

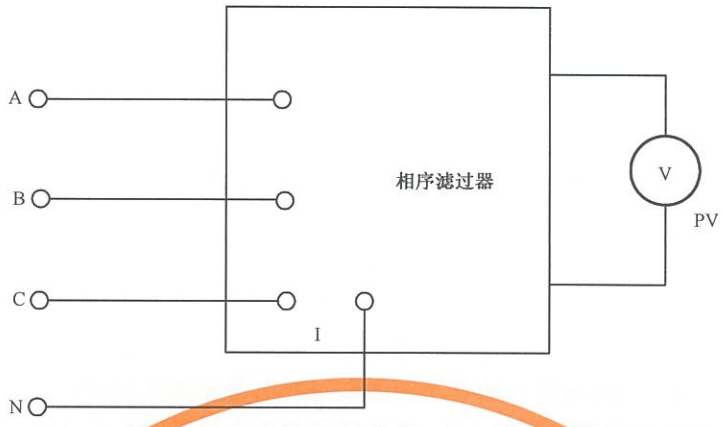


图 11　相序滤过器输出电压测试电路示例

6.4　有或无继电器功能试验

6.4.1　有或无继电器试验程序

有或无继电器的功能试验参照 GB/T 21711.1—2008。试验程序如图 12 所示。图中上面的波形表示激励值，下面的波形表示触点的状态("0"表示释放状态，"1"表示动作状态)。试验时继电器施加激励量采用突然施加的方法，每个程序试验 5 次。

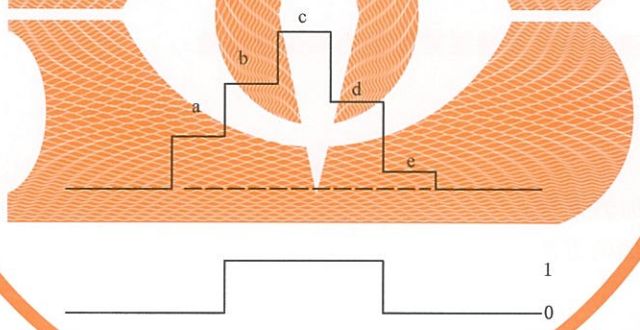


图 12　有或无继电器功能试验程序

施加的激励量及继电器相应的工作状态见表 3。

表 3　继电器工作状态

图 12 中符号	施加值	继电器工作状态
a	不动作值[a]	不动作
b	动作值	动作
c	额定值	保持动作
d	不返回值[a]	保持动作
e	返回值	释放
[a] 当产品标准有要求时才进行试验。		

学兔兔 www.bzfxw.com

6.4.2 测试要求

测试要求如下：

a) 除另有规定外，继电器试验应在无自热状态下进行；

b) 继电器在突然施加激励量时，动作或返回前后电压变化不允许超过5%，当电压有变化时，应取动作前的电压为动作电压，返回前的电压为返回电压；

c) 当产品标准规定在不同极性下进行试验时，应分别在不同电源极性下进行试验；

d) 继电器的动作状态可以用中间继电器或灯光信号显示；

e) 对具有延时功能的继电器应注意延时特性对继电器工作状态的影响；

f) 对于多个输出触点的继电器应注意不同触点对继电器功能的影响；

g) 合格判据：根据所施加激励量的大小，继电器是否处于规定的工作状态来判断；

h) 如果不是按上述规定的试验方法进行试验，可在产品标准中另行规定。

6.5 量度继电器及装置特性量的准确度试验

6.5.1 与特性量相关的准确度表示

与特性量有关的准确度采用以下任一种方式表示：

a) 一个绝对值；

b) 一个整定值的百分比；

c) 一个整定值的百分比和一个固定的绝对值。

准确度可用最大误差值或平均误差值表示。

6.5.2 单输入激励量量度继电器及装置特性量的准确度试验

6.5.2.1 试验方法

试验方法分为：

a) 激励量缓慢施加的方法；

b) 激励量突然施加的方法。

6.5.2.2 试验程序

6.5.2.2.1 单激励量缓慢施加方法的试验程序：

a) 过量继电器及装置：

1) 激励量连续缓慢施加：过量继电器及装置特性量准确度缓慢施加方法的试验程序如图13所示。试验时，所施加的激励量从零开始逐渐增大到动作值，然后逐渐减少至返回值，再由返回值降至零，测量5次。

2) 激励量阶梯缓慢施加：激励量采用阶梯缓慢施加方法时，按下列方式施加：

——激励量的初始值：测试动作值时，初始值为至少低于定值规定准确度的2倍；测试返回值时，初始值为至少高于定值规定准确度的2倍；

——激励量的步长不大于规定值；

——时间步长应至少是规定动作时间值的2倍，但不超过5倍。

例如，定值为100 V，误差为±10%，动作时间为20 ms，步长规定为准确度的1/10。在动作值测试时，激励量的初始值80 V，变化步长为1 V，时间步长为40 ms～100 ms。在返回值测试时，激励量的初始值120 V，变化步长为1 V，时间步长为40 ms～100 ms。

动作值试验时，激励量从初始值开始以设定的步长增加，直到元件动作。重复试验5次。

返回值试验时，施加激励量为初始值，使元件动作。激励量从初始值开始以设定的步长减少，直到

学兔兔 www.bzfxw.com

元件复归。重复试验 5 次。

b） 欠量继电器及装置：

1） 激励量连续缓慢施加：欠量继电器及装置特性量准确度缓慢施加方法的试验程序如图 14 所示。试验时，首先使激励量从零开始缓慢增大到初始值，初始值为至少高于定值规定准确度的 2 倍。此阶段不测量欠量继电器及装置特性量的准确度。然后，将激励量从初始值开始缓慢下降至动作值，再逐渐增大至返回值，然后由返回值增大至初始值，测量 5 次。

2） 激励量阶梯缓慢施加：激励量采用阶梯缓慢施加试验方法时，按下列方式施加：

——激励量的初始值：在测试动作值时，初始值为至少高于定值规定准确度的 2 倍；在测试返回值时，初始值为至少低于定值规定准确度的 2 倍；

——激励量的步长不应大于规定值；

——时间步长应至少是规定动作时间值的 2 倍，但不超过 5 倍。

例如，定值为 100 V，误差为±10%，动作时间为 20 ms，步长规定为准确度的 1/10。在动作值测试时，激励量的初始值 120 V，变化步长为 1 V，时间步长为 40 ms～100 ms。在返回值测试时，激励量的初始值 80 V，变化步长为 1 V，时间步长为 40 ms～100 ms。

动作值试验时，激励量的初始值至少高于定值规定准确度的 2 倍，激励量从初始值开始以设定的步长减少，直到元件动作。重复试验 5 次。

返回值试验时，激励量的初始值至少低于动作值规定准确度的 2 倍，激励量从初始值开始以设定的步长增加 ，直到元件复归。重复试验 5 次。

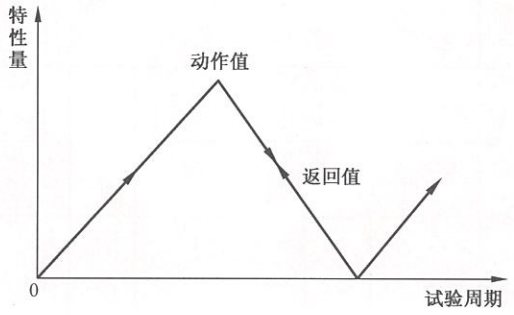


图 13 缓慢法测量过量继电器及装置的准确度试验程序

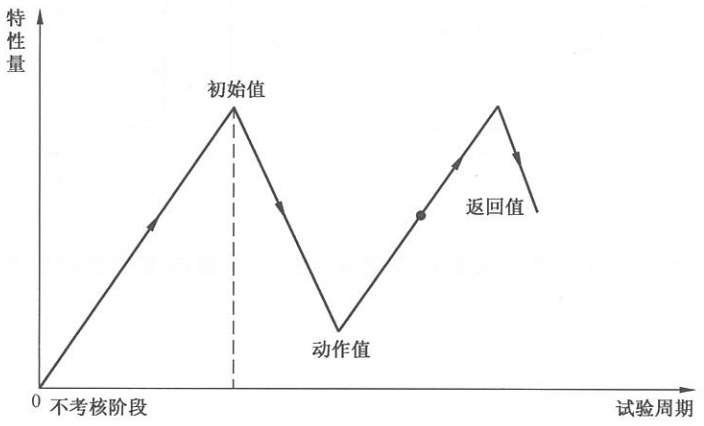


图 14 缓慢法测量欠量继电器及装置的准确度试验程序

学兔兔 www.bzfxw.com

6.5.2.2.2 单激励量突然施加方法的试验程序：

a) 过量继电器及装置：过量继电器及装置特性量准确度突然施加方法的试验程序如图 15 所示。试验时，先设定目标激励量的大小分别为 $A_z-\Delta A$ 和 $A_z+\Delta A$（A_z 为特性量的整定值，ΔA 为误差要求）。然后，激励量分别从零增加到 $A_z-\Delta A$ 和 $A_z+\Delta A$，合闸相角为随机任意角，观察被试设备的动作情况。

当激励量从零增加到 $A_z-\Delta A$，被试设备不应动作。

当激励量由零增加到 $A_z+\Delta A$，被试设备应可靠动作。

重复试验 5 次。

b) 欠量继电器及装置：欠量继电器及装置特性量准确度突然施加方法的试验程序如图 16 所示。试验时，先将激励量增大至初始值 B_n，初始值为至少高于定值规定准确度的 2 倍。分别设定目标激励量的大小分别为 $B_z+\Delta B$ 和 $B_z-\Delta B$（B_z 为特性量的整定值，ΔB 为误差要求）。然后，使激励量分别由 B_n 下降到 $B_z+\Delta B$ 和 $B_z-\Delta B$，合闸相角为随机任意角，观察被试设备的动作情况。

当激励量从初始值下降到 $B_z+\Delta B$，被试设备不应动作。

当激励量从初始值下降到 $B_z-\Delta B$，被试设备应可靠动作。

重复试验 5 次。

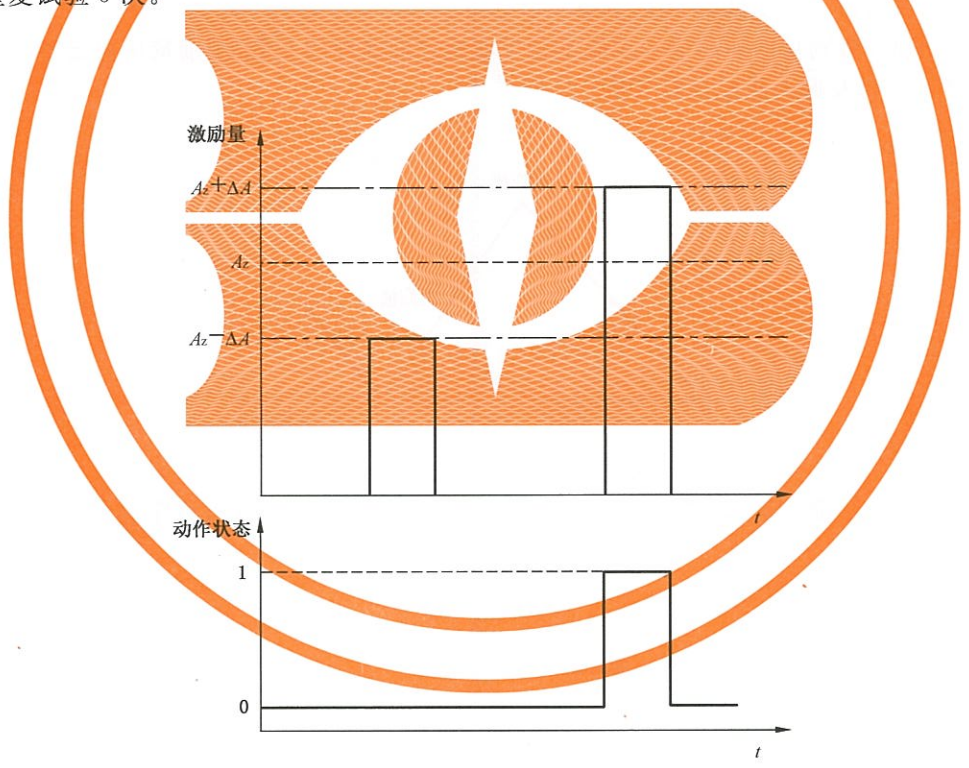


图 15 突然施加方法测量过量继电器及装置的准确度试验程序

学兔兔 www.bzfxw.com

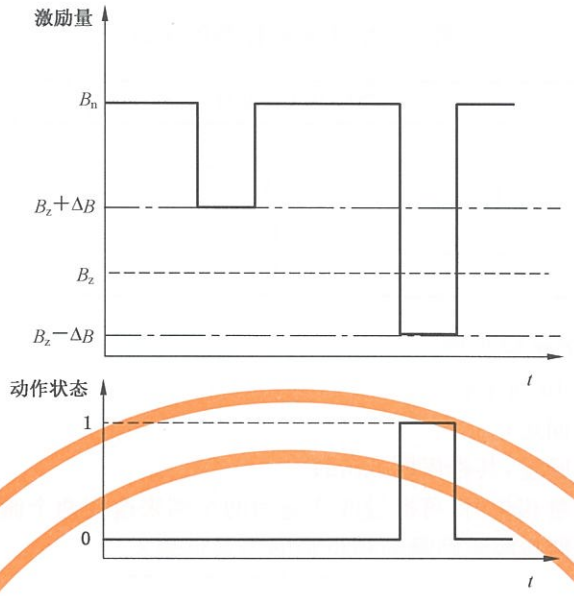


图 16　突然施加法测量欠量继电器及装置的准确度试验程序

6.5.3　多激励量量度继电器及装置特性量的准确度试验

6.5.3.1　试验方法

试验方法分为：

a）　激励量缓慢施加的方法；

b）　激励量突然施加的方法。

6.5.3.2　试验程序

6.5.3.2.1　两个电流激励量的试验程序：

a）　试验电路如图 17 所示；

b）　将其中一个激励量固定；

c）　改变另一个电流激励量，其程序同 6.5.2；

d）　需要改变两个激励量相位时，可通过改变施加电流的相别来改变其两激励量间的相位角；

e）　所施加激励量的相序与两激励量的相位角的关系见表 4。

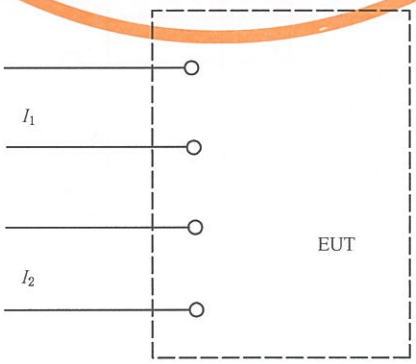


图 17　两个电流激励量的试验电路示例

学兔兔 www.bzfxw.com

表 4　相序与相位角的关系

相位角	激励量 1 的相序	激励量 2 的相序
0°	A—B	A—B
30°	A—B	N—B
60°	A—B	C—B
90°	A—B	C—N

6.5.3.2.2　两个电压激励量的试验程序：

a）　试验电路示例如图 18 所示；

b）　将其中一个激励量固定；

c）　改变另一个电压激励量，其程序同 6.5.2；

d）　需要改变两个激励量相位时，可通过改变施加的相别来改变两个激励量间的相位角；

e）　所施加激励量的相别与两激励量的相位角的关系见表 4。

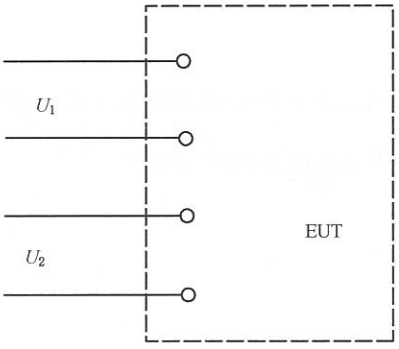
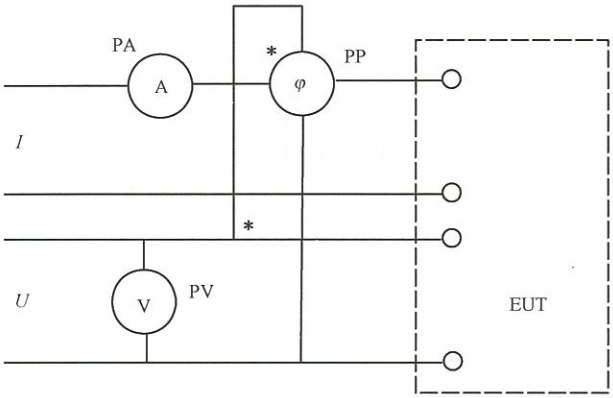


图 18　两个电压激励量的试验电路示例

6.5.3.2.3　一个电流、一个电压激励量的试验程序：

a）　试验电路示例如图 19 所示，要求两个激励量之间的相位角能任意改变；



说明：

PV　——交流电压表；

PA　——交流电流表；

PP　——相位表；

EUT——被试设备。

图 19　一个电流、一个电压激励量的试验电路示例

学兔兔 www.bzfxw.com

b) 连续缓慢施加激励量的试验程序：

1) 固定电流、电压和电流间的相位角，缓慢改变电压激励量：
施加电流、电压和电流间的相位为产品标准的规定值，电压施加额定值，电压由额定值下降至元件动作，继续下降至零，然后由零上升至元件返回，最后升至额定值。

2) 固定电流、电压，缓慢改变电压和电流激励量间的相位角：
施加电流、电压激励量为产品标准的规定值，缓慢改变电流和电压间的相位角 φ 至元件动作，确定被试设备的动作区的边界角。

3) 固定电压，电压和电流间的相位角，缓慢改变电流激励量。
施加电压、电压和电流间的相位为产品标准的规定值，电流激励量由零逐渐上升至元件动作，继续上升至不低于定值规定准确度的 2 倍，然后逐渐下降至元件返回，最后下降至零。

c) 阶梯缓慢施加激励量的试验程序：

1) 固定电流、电压和电流间的相位角，缓慢改变电压激励量：
电压初始值、激励量步长及时间步长同单激励量设置。施加电流、电压和电流间的相位为产品标准的规定值，电压施加额定值。动作值试验时，电压由初始值逐步减小至元件动作。返回值试验时，电压由初始值逐步增加至元件返回。

2) 固定电流、电压，缓慢改变电压和电流激励量间的相位角：
激励量步长及时间步长同单激励量。施加电流、电压激励量为产品标准的规定值。动作值试验，相位由初始值逐步减小或增加至元件动作，确定被试设备的动作区的边界角。

3) 固定电压，电压和电流间的相位角，缓慢改变电流激励量。
施加电压、电压和电流间的相位为产品标准的规定值。电流初始值、激励量步长及时间步长同单激励量设置。动作值试验时，电流由初始值逐步增加至元件动作。返回值试验时，电流由初始值逐步减小至元件返回。

d) 突然施加激励量的试验程序：

1) 固定电流和电压激励量间的相位角，突然改变电压、电流激励量。其中，电流激励量由零上升至规定值，电压激励量由额定值分别下降至 $B_z+\Delta B$ 和 $B_z-\Delta B$（B_z 为计算得到的电压激励量的动作边界值，ΔB 为误差要求），合闸相角为任意角，观察被试设备动作是否正确。

2) 固定电流和电压激励量的相位角，突然改变电压、电流激励量。其中，电流激励量由零上升至规定值，电压由零上升至规定的动作电压。观察被试设备是否处于动作状态。电压由零分别上升至 $B_z+\Delta B$ 和 $B_z-\Delta B$（B_z 为计算得到的电压激励量的动作边界值，ΔB 为误差要求），合闸相角为任意角，观察被试设备动作是否正确。

3) 固定电流、电压幅值，改变电流和电压激励量间的相位角。其中电流、电压均为额定值，调整电流、电压间的相位角，使其分别为动作区边界角 $\pm\Delta\varphi$（$\Delta\varphi$ 为误差要求），观察被试设备动作是否正确。

6.5.4 负序电流、负序电压、负序功率等特性量准确度的试验方法

6.5.4.1 试验的一般要求

负序电流、负序电压、负序功率等特性量准确度的试验，除另有规定外，应采用模拟相间短路的试验方法。

6.5.4.2 负序电流特性量准确度的试验方法

负序电流特性量准确度的试验方法如下：

a) 除另有规定，通过模拟短路的方式产生的负序电流进行试验；

学兔兔 www.bzfxw.com

b） 试验方法同单激励量试验方法。

6.5.4.3 负序电压特性量准确度的试验方法

负序电压特性量准确度的试验方法如下：

a） 除另有规定，通过模拟短路的方式产生的负序电压进行试验；

b） 试验方法同单激励量试验方法。

6.5.4.4 负序功率特性量准确度的试验方法

负序功率特性量准确度的试验方法如下：

a） 除另有规定，通过模拟短路的方式产生的负序电压和负序电流进行试验；

b） 试验方法同多激励量试验方法。

6.5.4.5 影响量和影响因素的变差确定方法

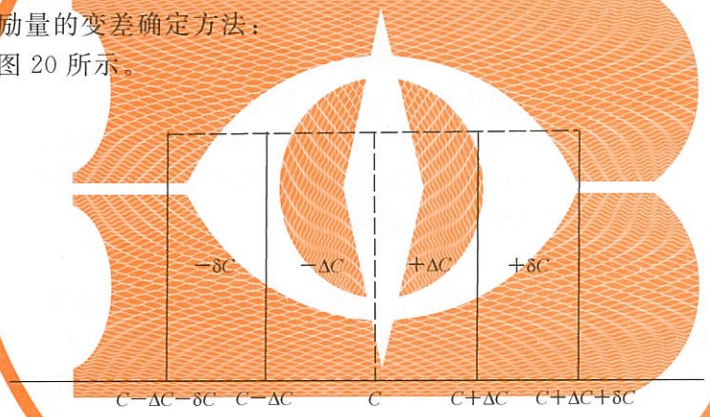
影响量和影响因素的变差确定方法有缓慢施加激励量的变差确定方法和突然施加激励量的变差确定方法两种方法：

a） 缓慢施加激励量的变差确定方法，见式(6)；

变差＝影响量或影响因素标称范围的极限值下的平均误差－基准条件的平均误差 ……(6)

b） 突然施加激励量的变差确定方法：

施加的激励量如图 20 所示。



说明：

C ——被试设备的激励量的整定值；

$\pm\Delta C$ ——被试设备的激励量的误差要求；

$\pm\delta C$ ——被试设备在影响量及影响因素标称范围的极限值下的变差要求。

图 20 突然施加激励量的变差的确定方法

突然施加激励量的试验方法见 6.5.2、6.5.3、6.5.4。设定目标激励量分别为 $C-\Delta C-\delta C$ 和 $C+\Delta C+\delta C$，观察被试设备的动作情况。

6.5.5 确定基准条件下的准确度

确定基准条件下特性量的最大误差、平均误差、一致性和返回系数，见式(7)～式(13)。

$$\text{最大误差(绝对值)}=5\text{ 次测量最大(最小)值}-\text{整定值} \quad \cdots\cdots(7)$$

$$\text{最大误差(相对值)}=\frac{5\text{ 次测量最大(最小)值}-\text{整定值}}{\text{整定值}}\times 100\% \quad \cdots\cdots(8)$$

$$\text{平均误差(绝对值)}=5\text{ 次测量平均值}-\text{整定值} \quad \cdots\cdots(9)$$

$$\text{平均误差(相对值)}=\frac{5\text{ 次测量平均值}-\text{整定值}}{\text{整定值}}\times 100\% \quad \cdots\cdots(10)$$

学兔兔 www.bzfxw.com

$$\text{一致性(绝对值)} = 5\text{ 次测量最大值} - 5\text{ 次测量最小值} \quad \cdots\cdots (11)$$

$$\text{一致性(相对值)} = \frac{5\text{ 次测量最大值} - 5\text{ 次测量最小值}}{\text{整定值}} \times 100\% \quad \cdots\cdots (12)$$

$$\text{返回系数} = \frac{5\text{ 次测量返回平均值}}{5\text{ 次测量动作平均值}} \quad \cdots\cdots (13)$$

6.5.6 测试要求

6.5.6.1 除产品标准另有规定，特性量整定值应分别整定在最大、最小和中间任意整定值下进行试验。

6.5.6.2 测试特性量的动作值、返回值，当触点回路用快速中间继电器监视时，中间继电器的动作时间不应大于 10 ms。

6.5.6.3 当产品标准规定了试验程序的，按产品标准的规定进行。

6.6 时间特性试验

6.6.1 时间元件的准确度表示

6.6.1.1 延时元件的准确度表示

延时元件动作时间的准确度采用以下任一种方式表示：

a) 一个整定时间的百分比；

b) 一个整定时间的百分比和一个固定的最小延时误差值(这个值可能会超过整定时间的百分比值)。例如 5%或 20 ms，其中较大的一个；

c) 一个固定的绝对值，例如 20 ms。

6.6.1.2 瞬时元件的准确度表示

瞬时元件动作时间的测量准确度用最大误差值表示，最大误差值由 5 次连续的测量值来进行验证。动作时间最大值应表示为绝对时间，例如 20 ms。

6.6.2 试验内容

6.6.2.1 时间特性试验适用于触点时，包括以下内容：

a) 动合触点闭合时间测试；

b) 动断触点断开时间测试；

c) 动合触点断开时间测试；

d) 动断触点闭合时间测试；

e) 动合触点在动作(或返回)过程中回跳时间测试；

f) 动断触点在动作(或返回)过程中回跳时间测试。

6.6.2.2 时间特性适用于继电器及装置时，包括以下内容：

a) 动作时间测试：

对处于释放状态的继电器或装置，当激励量突变至规定值的瞬间开始到继电器或装置动作出口可靠动作为止所经历的时间，此时间为动作时间。

对于动作出口采用触点的继电器或装置，动作出口可靠动作是指其动合触点可靠闭合或者动断触点可靠断开。对于动作出口采用其他形式的继电器或装置，动作出口可靠动作是指输出信号变换至可靠动作状态。

b) 返回时间测试：

对处于动作状态的继电器或装置，当激励量突变至规定值的瞬间开始到继电器触点或装置的动作出口可靠返回为止所经历的时间，此时间为返回时间。

对于动作出口采用触点的继电器或装置，出口可靠返回是指其动断触点可靠闭合或者动合触

学兔兔 www.bzfxw.com

点可靠断开。对于动作出口采用其他形式的继电器或装置，动作出口可靠返回是指输出信号变换至可靠返回状态。

6.6.3 测试方法

6.6.3.1 时间参数测试用示波器或具备时间测试功能的仪器进行测试；对测试时间大于 1 h 时，可配合时钟进行测试。触点回跳时间测试，采用示波器或触点回跳时间测量仪进行。

用示波器测量时间参数的试验电路参见附录 A。

6.6.3.2 按产品标准或技术条件规定，突然施加规定的激励量或特性量。

6.6.3.3 测量 5 次。

6.6.3.4 确定时间参数的准确度，平均误差用式(9)或者式(10)，一致性用式(11)或者式(12)。

6.6.4 要求

测试要求如下：

a) 试验过程中，被试设备动作前后线圈电压波动不应超过 5%；

b) 对直流继电器的时间参数测试，当时间参数小于 1 s 时，应注意测试电路参数对测试结果的影响；

c) 应注意试验电路中操作开关不同步对时间参数测试引起的误差；

d) 应注意多组触点由于触点不同步对测试结果的影响。

6.7 开关量输入和输出试验

6.7.1 开关量输入试验：

a) 开关量输入的配置检查：

开关量输入特性和配置应符合产品标准的规定。

b) 开关量输入为光电隔离的特性输入特性试验：

1) 对开关量输入元件施加额定动作电压信号时，开关量输入元件应当正确变位；

2) 当施加电压在工作范围上限和下限值时，开关量输入元件应当正确变位。

6.7.2 开关量输出试验：

a) 开关量输出的配置检查：

开关量输出特性和配置应符合产品标准的规定。

b) 开关量输出为触点输出的触点性能试验：

开关量输出为触点输出时，按产品标准规定的触点额定参数进行触点性能试验。

6.8 测控性能试验

测控性能试验按 GB/T 13729 规定的方法进行。

6.9 时间同步性能试验

6.9.1 PPS 秒脉冲比对法

通过比较被试设备输出的 PPS 秒脉冲信号与参考时钟源 PPS 秒脉冲信号获得同步对时精度。标准时钟源给被试设备授时，待被试设备对时稳定后，利用时间精度测量仪以 1 Hz 频率测量被试设备和标准时钟源各自输出的 1 PPS 信号有效沿之间时间差的绝对值 Δt，连续测量 1 min，这段时间内测得的 Δt 的平均值即为时间同步精度。

PPS 秒脉冲比对法试验接线示意图如图 21 所示。

学兔兔 www.bzfxw.com

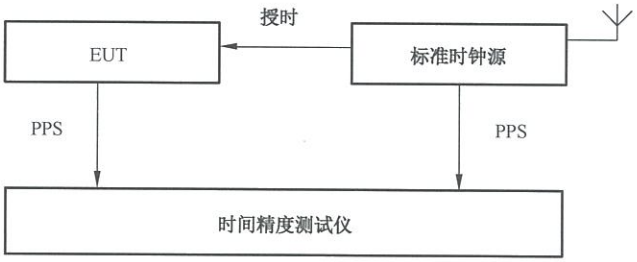


图 21 PPS 秒脉冲比对法试验接线示意图

6.9.2 开关量输入时标比对法

通过比较标准时钟源输出空触点信号的闭合时刻与被试设备记录的开关量输入信号闭合时刻，确定被试设备的时间同步精度。

标准时钟源给被试设备授时，待被试设备对时稳定后，利用标准时钟源整秒触发空触点闭合信号作为被试设备的开入，被试设备当地记录带有时标的变位事件。记录标准时钟源空触点闭合时刻与被试设备记录的开入变位事件时标的差值 Δt，连续测量 1 min，这段时间内测得的 Δt 的平均值即为时间同步精度。

开关量输入时标比对法试验接线示意图如图 22 所示。

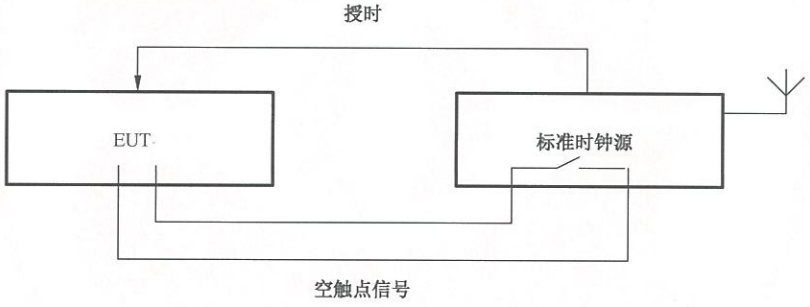


图 22 开关量输入时标比对法试验接线示意图

7 基于 IEC 61850 的数字化接口试验

基于 IEC 61850 的数字化接口试验包括 SCL 配置工具试验、SV 采样值接收试验、GOOSE 开关量输入试验、GOOSE 开关量输出试验和网络压力试验，具体测试内容参考附录 E。

8 功率消耗试验

8.1 试验方法

除另有规定外，交流电路功率消耗采用伏-安法(VA)；直流电路功率消耗的测量采用瓦特法。

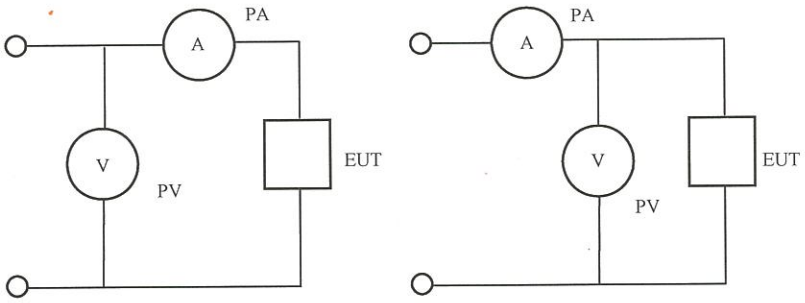
按产品标准将规定的激励量施加于被试设备的输入端，测量被试设备的功率消耗。

8.2 功率消耗测试

8.2.1 单输入激励量被试设备功率消耗测试

电压型试验电路如图 23a)所示，电流型试验电路如图 23b)所示。

学兔兔 www.bzfxw.com



a) 电压型试验电路　　b) 电流型试验电路

图 23 单输入激励量试验电路示例

电压型:输入激励电压为额定输入电压,试验应用伏-安法(VA)进行测量。连续 5 次测量的最大值应做为功耗值。

电流型:输入激励电流为额定输入电流,试验应用伏-安法(VA)进行测量。连续 5 次测量的最大值应做为功耗值。

功率消耗按式(14)计算:

$$P = U \times I \qquad \cdots\cdots(14)$$

式中:

P ——被试设备功率消耗,单位为伏安或瓦特(VA 或 W);

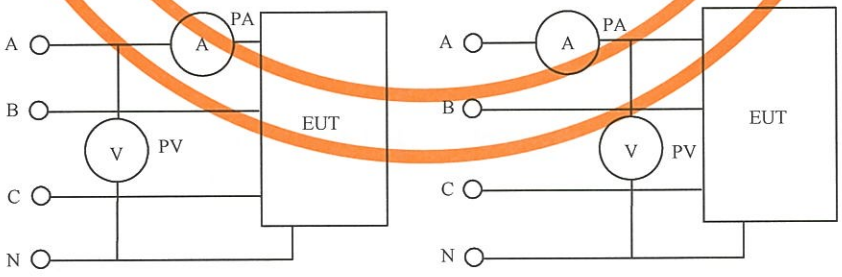
U ——线圈两端电压,单位为伏特(V),(PV 电压表指示值);

I ——通过线圈电流,单位为安培(A),(PA 电流表指示值)。

8.2.2 多输入激励量功率消耗测试

8.2.2.1 三相四线对称输入电路

试验电路如图 24 所示。



a) 电压型　　b) 电流型

图 24 三相四线对称输入电路示例

三相总功率消耗按式(15)计算:

$$P = 3 \times U \times I \qquad \cdots\cdots(15)$$

式中:

P ——被试设备功率消耗,单位为伏安(VA);

学兔兔 www.bzfxw.com

U ——相电压，单位为伏特(V)，(PV 电压表指示值)；

I ——相电流，单位为安培(A)，(PA 电流表指示值)。

各相功率消耗按式(16)计算：

$$P_A = P_B = P_C = U \times I \quad \cdots\cdots (16)$$

式中：

P_A ——A 相功率消耗，单位为伏安(VA)；

P_B ——B 相功率消耗，单位为伏安(VA)；

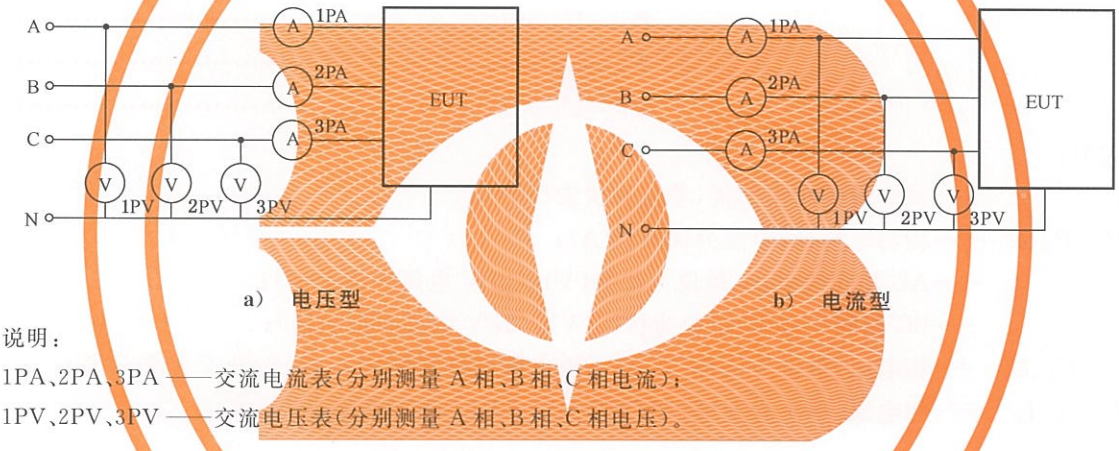
P_C ——C 相功率消耗，单位为伏安(VA)；

U ——相电压，单位为伏特(V)，(PV 电压表指示值)；

I ——相电流，单位为安培(A)，(PA 电流表指示值)。

8.2.2.2 三相四线不对称输入电路

试验电路如图 25 所示。



说明：

1PA、2PA、3PA ——交流电流表(分别测量 A 相、B 相、C 相电流)；

1PV、2PV、3PV ——交流电压表(分别测量 A 相、B 相、C 相电压)。

图 25 三相四线不对称输入电路示例

三相总功率消耗用式(17)计算：

$$P = U_A \times I_A + U_B \times I_B + U_C \times I_C \quad \cdots\cdots (17)$$

相功率消耗用式(18)、式(19)、式(20)计算：

$$P_A = U_A \times I_A \quad \cdots\cdots (18)$$

$$P_B = U_B \times I_B \quad \cdots\cdots (19)$$

$$P_C = U_C \times I_C \quad \cdots\cdots (20)$$

式中：

P ——被试设备功率消耗，单位为伏安(VA)；

U_A、U_B、U_C ——相电压，单位为伏特(V)，(1PV、2PV、3PV 电压表指示值)；

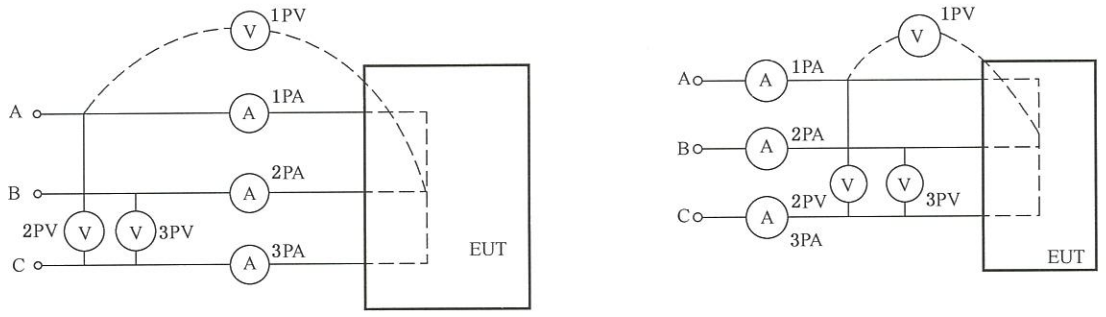
I_A、I_B、I_C ——相电流，单位为安培(A)，(1PA、2PA、3PA 电流表指示值)；

P_A、P_B、P_C ——相功率消耗，单位为伏安(VA)。

8.2.2.3 三相三线输入电路

试验电路如图 26 所示。

学兔兔 www.bzfxw.com



a） 电压型　　b） 电流型

图 26　三相三线输入电路示例

三相总功率消耗用式(21)计算：

$$P = U_{AC} \times I_A + U_{BC} \times I_B \quad \cdots\cdots (21)$$

各相功率消耗分别按式(22)、式(23)、式(24)计算。

$$P_A = U_A \times I_A \quad \cdots\cdots (22)$$

$$P_B = U_B \times I_B \quad \cdots\cdots (23)$$

$$P_C = U_C \times I_C \quad \cdots\cdots (24)$$

式中：

P ——被试设备功率消耗，单位为伏安(VA)；

P_A、P_B、P_C ——相功率消耗，单位为伏安(VA)；

U_{AC} ——AC 相间线电压，单位为伏特(V)，(2PV 电压表指示值)；

U_{BC} ——BC 相间线电压，单位为伏特(V)，(3PV 电压表指示值)；

U_A、U_B、U_C ——相电压，单位为伏特(V)，(1PV 电压表分别测试 A 相、B 相、C 相指示值)；

I_A、I_B、I_C ——相电流，单位为安培(A)，(为 1PA、2PA、3PA 电流表指示值)。

8.2.3　辅助激励量电路消耗测试

8.2.3.1　静态功耗

被试设备辅助激励电压施加额定值，在无任何激励量输入的情况下，测量辅助电源电路的功率消耗。连续 5 次测量的最大值作为功率消耗值。

8.2.3.2　最大功率消耗

被试设备辅助激励电压施加额定值，施加激励量使被试设备动作，测量辅助电源电路的功率消耗。连续 5 次测量的最大值作为功率消耗值。

8.2.3.3　涌流和电源启动时间

被试设备辅助激励电压施加额定值，在无任何激励量输入的情况下，记录上电启动过程中的输入电流峰值，以及从上电时刻到输入电流达到静态状态下输入电流的±10%范围内时所用时间。连续 5 次测量的最大值作为涌流和启动时间。

8.2.4　开关量输入功率消耗

在额定电压相同的每组开关量输入中，应至少选择一个开关量输入进行试验。开关量输入施加额

学兔兔 www.bzfxw.com

定电压，应记录其输入电流值。连续5次测量的最大值应作为功率消耗值。

8.3 要求

试验时，被试设备放置在测试环境中的持续时间不小于2 h。

9 温升试验

9.1 试验条件

9.1.1 根据不同的被试设备(EUT)选择适当的试验方法。

9.1.2 除另有规定外，试验的环境温度为+40 ℃。

9.1.3 试验箱容积至少应为被试设备体积的5倍。

9.1.4 试验时，应按产品标准的规定施加激励量，从冷态开始至热态。

9.1.5 对于多输入激励量的被试设备，应同时施加多个规定的激励量。对于具有辅助激励量的被试设备应分别对激励量和辅助激励量回路进行温升试验。

9.2 试验方法

9.2.1 电阻法

9.2.1.1 电阻法用于测量线圈的平均温升。对于直流设备可以采用电桥测量线圈冷态电阻和热态电阻，也可以用伏-安法进行测量。

对于交流设备除电桥法外，还可以采用等值的直流回路法。

用伏-安法等测试方法测量线圈的冷态和热态的直流电阻，测试电路示意图如图27所示。

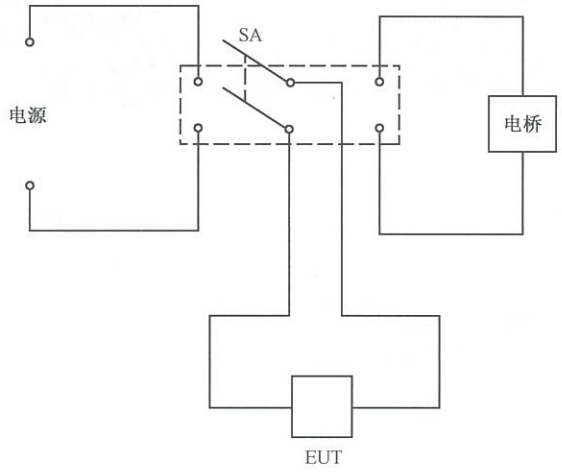


图27 线圈直流电阻测试电路示例

9.2.1.2 将被试设备置于被试环境中，放置不少于2 h后测量线圈的冷态电阻，然后按产品标准施加规定的激励量。当线圈达到热稳定状态时，测量热态电阻并按式(25)计算线圈温升。

$$\tau = \frac{R_2 - R_1}{R_1}(234.5 + T_1) + T_1 - T_2 \quad \cdots\cdots (25)$$

式中：

τ ——温升，单位为开(K)；

学兔兔 www.bzfxw.com

T_1——测量线圈冷态电阻时的环境温度，单位为摄氏度(℃)；

T_2——测量线圈热态电阻时的环境温度，单位为摄氏度(℃)；

R_1——温度为 T_1 时线圈电阻值，单位为欧姆(Ω)；

R_2——温度为 T_2 时线圈电阻值，单位为欧姆(Ω)。

式(25)仅适用于铜材料绕制的线圈。

9.2.2 热电偶法

热电偶法用于测量线圈的表面温升，也可以测量其他发热体的表面温升。

测量时，将热电偶的热端用锡焊、胶粘等方法固定在被试线圈或发热体的表面，按产品标准的规定施加激励量，当达到热稳定状态时，用电位差计或数字电压表测试热电偶两端的电动势，根据测量的电压值查热电偶分度表，得到对应的温度 t，按式(26)计算温升。

$$\tau = t + T_1 - T_2 \qquad \cdots\cdots(26)$$

式中：

τ——温升，单位为开(K)；

t——热电偶读取的温度，单位为度(℃)；

T_1——热电偶冷端环境温度，单位为度(℃)；

T_2——热电偶热端环境温度，单位为度(℃)。

10 气候环境试验

10.1 运行温度试验

10.1.1 最高运行温度

10.1.1.1 总则

最高运行温度试验依据 GB/T 2423.2—2008 规定的试验 Bd 进行。除另有规定外，按 GB/T 14598.2—2011 规定的试验严酷等级进行。

10.1.1.2 严酷等级

除另有规定外，试验温度和暴露持续时间按下列严酷等级进行：

a) 试验温度按照产品相关标准规定的最高运行温度；

b) 暴露持续时间为达到试验温度后持续 16 h。

10.1.1.3 预处理

根据产品相关标准的要求进行。

10.1.1.4 初始检测

按相关标准的要求对试验样品进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.1.1.5 条件试验

在 5 min 时间内，试验箱温度的最大变化率不超过 1 K/min。试验温度准确度为±2 K。

当相关规范规定试验期间施加激励量或特性量时，在温度达到规定的试验温度后，施加规定的激励

学兔兔 www.bzfxw.com

量或特性量。

10.1.1.6 中间检测

在规定的气候条件下暴露至规定的持续时间。在试验箱内，检验产品标准规定的试验项目。

10.1.1.7 恢复

当规定的试验持续期结束后，试验样品保持在试验箱中，断开施加的激励量或特性量。将试验箱温度下降至 4.1 规定的基准温度范围内。在 5 min 时间内，试验箱内的温度最大变化率不超过 1 K/min。

在基准温度条件下进行恢复，恢复时间至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成。

恢复时间从试验箱内的温度达到基准温度范围开始计算。

恢复期间，试验样品电源断开。

10.1.1.8 最终检测

最终检测在恢复期结束后立即进行，对试验样品进行外观检查及产品标准规定的其他试验项目的测试。

10.1.2 最低运行温度

10.1.2.1 总则

试验依据 GB/T 2423.1—2008 规定的试验 Ad 进行。除另有规定外，按 GB/T 14598.2—2011 规定的试验严酷等级进行。

10.1.2.2 严酷等级

除另有规定外，试验温度按 GB/T 14598.2—2011 中表 2 的上限温度，试验温度和和暴露持续时间按下列严酷等级进行：

a) 试验温度按照产品相关标准规定的最低运行温度；

b) 暴露持续时间为达到试验温度后持续 16 h。

10.1.2.3 预处理

根据产品相关标准的要求进行。

10.1.2.4 初始检测

按相关产品标准的要求对试验样品进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.1.2.5 条件试验

在 5 min 时间内，试验箱温度的最大变化率不超过 1 K/min。试验温度准确度为±3 K。

当产品标准规定试验期间施加激励量或特性量时，在温度达到规定的试验温度后，施加规定的激励量或特性量。

10.1.2.6 中间检测

在规定的气候条件下暴露至规定的持续时间。在试验箱内，检验产品标准规定的试验项目。

学兔兔 www.bzfxw.com

10.1.2.7 恢复

当规定的试验持续期结束后，试验样品保持在试验箱中，断开施加的激励量或特性量。将试验箱温度上升至4.1规定的基准温度范围内。试验箱温度在5 min时间内，温度的最大变化率不超过1 K/min。

在基准温度条件下进行恢复，时间至少1 h但不超过2 h，所有试验在这一时间结束前完成。

恢复期间，试验样品电源断开。

10.1.2.8 最终检测

最终检测在恢复期结束后立即进行，对试验样品进行外观检查及相关产品标准规定的其他试验项目的测试。

10.2 贮存温度试验

10.2.1 最高贮存温度

10.2.1.1 总则

最高贮存温度试验依据GB/T 2423.2—2008规定的试验Bb进行。除另有规定外，按GB/T 14598.2—2011规定的试验严酷等级进行。

10.2.1.2 严酷等级

除另有规定外，试验温度和暴露持续时间按下列严酷等级进行：

a) 试验温度按照产品相关标准规定的最高贮存温度；

b) 暴露持续时间为达到试验温度后持续16 h。

10.2.1.3 预处理

根据产品相关标准的要求进行。

10.2.1.4 初始检测

按相关标准的要求对试验样品进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.2.1.5 条件试验

在5 min时间内，试验箱温度的最大变化率不超过1 K/min。试验温度准确度为±2 K。

试验期间试验样品不施加激励量或特性量。

10.2.1.6 恢复

当规定的试验持续期结束后，试验样品保持在试验箱中。将试验箱温度下降至4.1规定的基准温度范围内。在5 min时间内，试验箱温度的最大变化率不超过1 K/min。

在基准温度条件下进行恢复，时间至少1 h但不超过2 h，所有试验在这一时间结束前完成。

恢复期间，试验样品不施加激励量或特性量。

10.2.1.7 最终检测

最终检测在恢复期结束后立即进行，对试验样品进行外观检查及相关标准规定的其他试验项目的

学兔兔 www.bzfxw.com

测试。

10.2.2 最低贮存温度

10.2.2.1 总则

最低贮存温度试验依据 GB/T 2423.1—2008 规定的试验 Ab 进行。除另有规定外，按 GB/T 14598.2—2011 规定的试验严酷等级进行。

10.2.2.2 严酷等级

除另有规定外，试验温度和暴露持续时间按下列严酷等级进行：

a) 试验温度按照产品相关标准规定的最低贮存温度；

b) 暴露持续时间为达到试验温度后持续 16 h。

10.2.2.3 预处理

根据产品相关标准的要求进行。

10.2.2.4 初始检测

按相关标准的要求对试验样品进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.2.2.5 条件试验

试验箱温度在 5 min 时间内，温度的最大变化率不超过 1 K/min。试验温度准确度为±3 K。

试验期间试验样品不施加激励量或特性量。

10.2.2.6 恢复

当规定的试验持续期结束后，试验样品保持在试验箱中。将试验箱温度上升至 4.1 规定的基准温度范围内。在 5 min 时间内，试验箱温度的最大变化率不超过 1 K/min。

在基准温度条件下进行恢复，时间至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成。

恢复期间，不施加激励量或特性量。

10.2.2.7 最终检测

最终检测在恢复期结束后立即进行，对试验样品进行外观检查及相关标准规定的其他试验项目的测试。

10.3 温度变化试验

10.3.1 总则

温度变化试验依据 GB/T 2423.22—2012 规定的试验 Nb 进行。除另有规定外，按 GB/T 14598.2—2011 规定的试验严酷等级进行。

10.3.2 严酷等级

除另有规定外，试验温度和暴露持续时间按下列严酷等级进行：

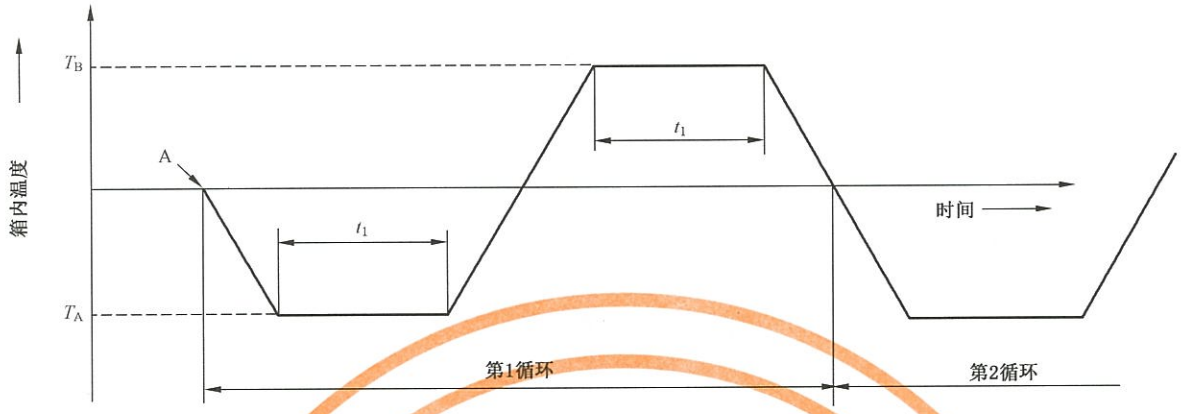
低温温度按照产品相关标准规定的最低运行温度；

高温温度按照产品相关标准规定的最高运行温度；

学兔兔 www.bzfxw.com

高温、低温下各保持 3 h。温度升高或降低的变化速率为(1±0.2)K/min；

试验持续时间为 5 次循环。温度变化试验温度循环周期如图 28 所示。



说明：

A ——第 1 循环开始；

T_A ——试验低温温度；

T_B ——试验高温温度；

t_1 ——高温或低温条件下的暴露时间。

图 28 温度循环周期

10.3.3 预处理

被试设备在温度为 20 ℃±3 K 的试验箱中稳定 1 h。

10.3.4 初始检测

按相关标准的要求对试验样品进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.3.5 条件试验

试验温度准确度为±3 K。

试验期间试验样品连续激励并保持在工作状态，将任一影响量设定为基准条件。

10.3.6 中间检测

施加规定的负载。

10.3.7 恢复

当规定的试验持续期结束后，试验样品保持在试验箱中，保持工作状态不变。按温度转换时的变化速率，将试验箱温度上升至 4.1 规定的基准温度范围内。

在基准温度条件下进行恢复，时间至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成。

除另有规定，恢复期间，试验样品电源持续带电。

10.3.8 最终检测

最终检测在恢复期结束后立即进行，对试验样品进行外观检查及相关标准规定的其他试验项目的测试。

学兔兔 www.bzfxw.com

10.4 恒定湿热试验

10.4.1 总则

恒定湿热试验依据 GB/T 2423.3—2006 规定的试验 Cab 进行。除另有规定外，按 GB/T 14598.2—2011 规定的试验严酷等级进行。

10.4.2 严酷等级

除另有规定外，按下列要求进行：

试验温度：40 ℃±2 K；

试验持续时间：10 d(240 h)；

相对湿度：93%±3%。

10.4.3 预处理

被试设备置于试验箱内在 4.1 规定的试验环境条件下达到稳定。

10.4.4 初始检测

试验前，应在 4.1 规定的试验环境条件下对外观和产品标准规定的其他试验项目进行检验。

10.4.5 条件试验

调整试验箱温度，到达所要求的严酷等级，且使样品达到温度稳定。温度变化率不超过 1 K/min。

在 2 h 之内，调整试验箱内的湿度达到规定的严酷等级。

在试验箱内温度和相对湿度达到规定值并稳定后，开始计算试验持续时间。

试验期间试验样品连续激励并保持在工作状态，将任一影响量设定为基准条件。

10.4.6 中间检测

试验样品保持连续激励。

10.4.7 恢复

除另有规定外，恢复过程采用受控的恢复条件。在 0.5 h 之内，将相对湿度降至 75%±2%，然后在另外的 0.5 h 将温度调到实验室环境温度(实验室环境温度应在基准温度范围内)，容差为±1 K。

在基准温度条件下进行恢复，时间至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成。

除另有规定，恢复期间，试验样品电源断开。

10.4.8 最终检测

最终检测在恢复期结束后立即进行，对试验样品进行外观检查、绝缘电阻测量、介质强度试验及规定的其他试验项目的测试。除另有规定外，介质强度试验电压为规定值的 75%。

试验时，对湿度最敏感的参数要最先测量，如绝缘电阻、介质强度等项目。除另有规定外，所有参数的测量应在 30 min 内完成。

注：在被试设备与电源重新连接前，宜用气流将所有内部和外部的冷凝物去除。

10.5 交变湿热试验

10.5.1 总则

交变湿热试验依据 GB/T 2423.4—2008 规定的试验 Db 进行。除另有规定外，按 GB/T 14598.2—

学兔兔 www.bzfxw.com

2011 规定的试验严酷等级进行。

10.5.2 严酷等级

除另有规定外，按下列要求进行：

试验温度：低温：25 ℃±3 K；

高温：用于户内的设备为 40 ℃±2 K；

用于户外的设备为 55 ℃±2 K；

试验持续时间：每周期 24 h(12 h+12 h)，共 6 周期。

交变湿热循环试验的方法如图 30 和图 31 所示。

10.5.3 预处理

被试设备在环境温度为 25 ℃±3 K、相对温度 60%±10%的环境中达到稳定。

10.5.4 初始检测

按相关标准的要求对试验样品进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.5.5 条件试验

被试设备在试验箱内稳定后，将试验箱内的相对湿度提高到不低于 95%。

试验期间试验样品连续激励并保持在工作状态，将任一影响量设定为基准条件。

10.5.5.1 试验温度

低温周期：25 ℃±3 K；

高温周期：规定用于户内的设备，40 ℃±2 K；

规定用于户外的设备：55 ℃±2 K；

试验周期，如图 29 或图 30 所示的渐升和渐降。

10.5.5.2 试验湿度

在较低温度时：97%，误差为−2%～+3%；

在较高温度时：93%±3%；

试验周期，如图 29 或图 30 所示的渐升和渐降。

10.5.5.3 试验持续时间

24 h(12 h+12 h)循环，6 次。

10.5.6 中间检测

试验样品保持连续激励。

10.5.7 恢复

除另有规定外，恢复过程采用受控的恢复条件。在 1 h 之内，将相对湿度降至 75%±2%，然后在另外的 1 h 将温度调到实验室环境温度(实验室环境温度应在基准温度范围内)，容差为±1 K。受控条件下的恢复过程如图 31 所示。

在基准温度条件下进行恢复，时间至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成。

除另有规定，恢复期间，试验样品电源持续带电。

学兔兔 www.bzfxw.com

10.5.8 最终检测

最终检测在恢复期结束后立即进行，对试验样品进行外观检查、绝缘电阻测量、介质强度试验及规定的其他试验项目的测试。除另有规定外，介质强度试验电压为规定值的75%。

试验时，对湿度最敏感的参数要最先测量，如绝缘电阻、介质强度等项目。除另有规定外，所有参数的测量应在30 min内完成。

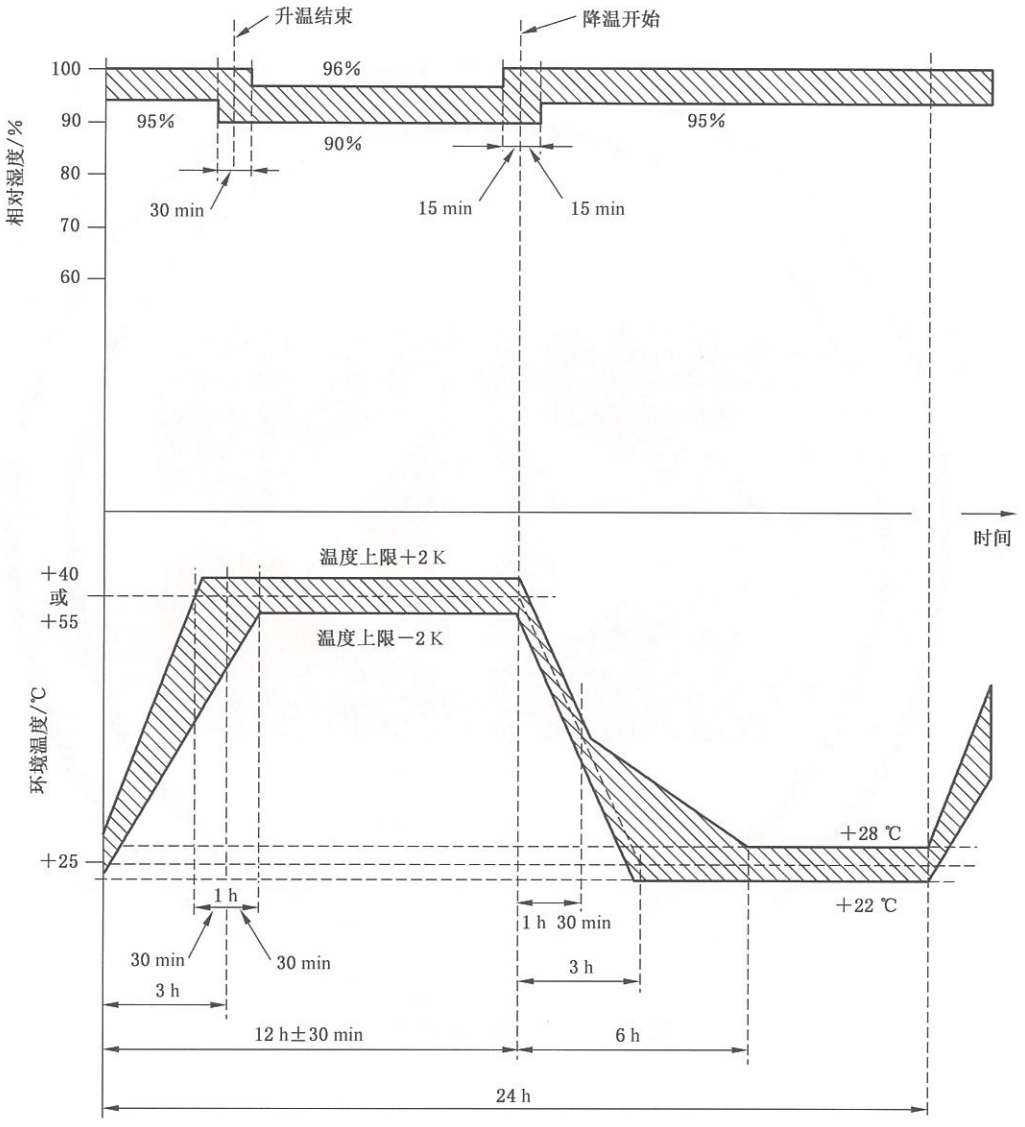


图 29 交变湿热循环方法一

学兔兔 www.bzfxw.com

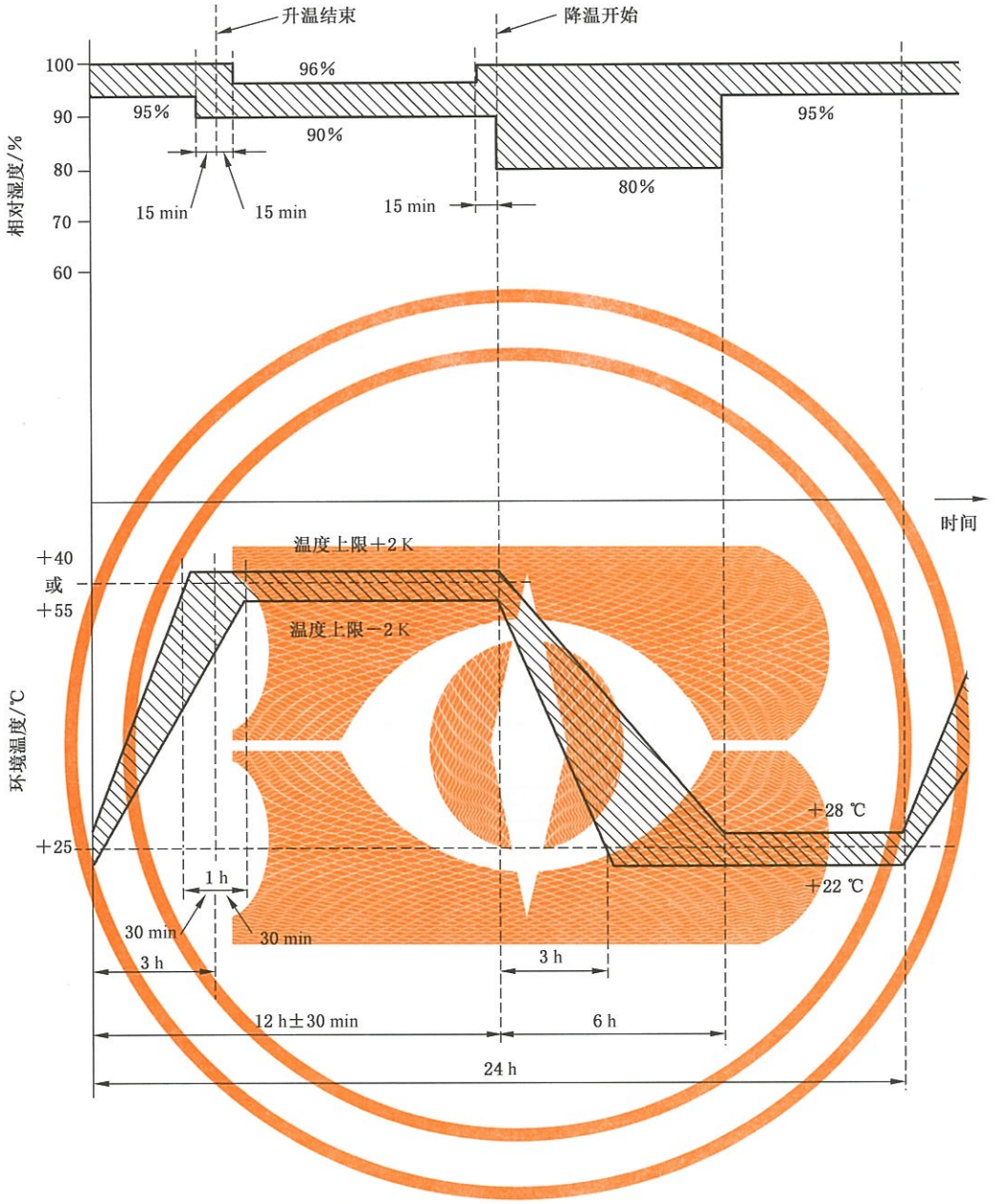


图 30　交变湿热循环方法二

学兔兔 www.bzfxw.com

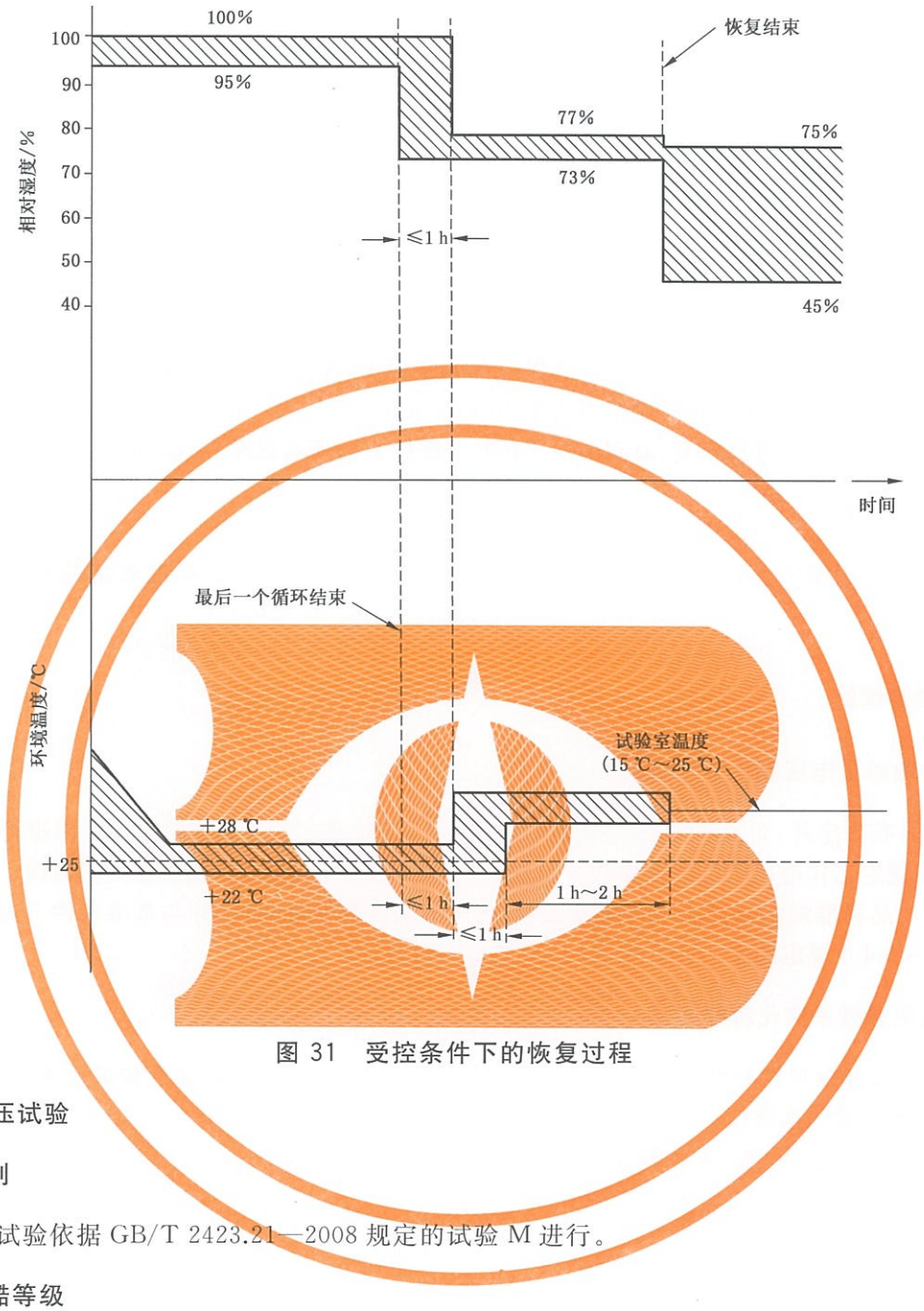


图 31　受控条件下的恢复过程

10.6　低气压试验

10.6.1　总则

低气压试验依据 GB/T 2423.21—2008 规定的试验 M 进行。

10.6.2　严酷等级

试验的气压由产品相关标准规定。

试验持续时间：除另有规定外，在达到规定的气压后持续 2 h。

10.6.3　预处理

按照产品相关标准的要求进行。

10.6.4　初始检测

试验前，应在 4.1 规定的试验环境条件下对外观和产品标准规定的其他试验项目进行检验。

学兔兔 www.bzfxw.com

10.6.5 条件试验

试验箱气压准确度为±5%或±0.1 kPa(取较大值),在严酷等级为84 kPa时,容差为±2 kPa。

将试验的气压降到规定的严酷等级。在相关规范有要求时,气压变化的速率不大于10 kPa/min。

10.6.6 中间检测

试验结束前,应在试验箱内按产品标准规定的试验项目进行试验。

10.6.7 恢复

当规定的试验持续期结束后,试验样品保持在试验箱中,保持工作状态不变。使气压恢复到常压。若相关规范有要求时,气压变化的速率不大于10 kPa/min。

在标准大气条件下进行恢复,时间至少1 h但不超过2 h,所有试验在这一时间结束前完成。

10.6.8 最后检测

试验应在恢复期结束后立即进行,对试验样品进行外观检查和产品标准规定的其他试验项目的测试。

11 电源影响试验

11.1 辅助激励量电压变化影响试验

11.1.1 除另有规定外,交流或直流辅助电压按GB/T 14598.2—2011推荐的工作范围进行试验。辅助电源分别在规定工作电压范围的上限和下限进行试验。其他影响量或影响因素为基准值。

11.1.2 按产品标准规定的试验项目进行试验,确定准确度等性能指标,并与基准条件下的测试结果进行比较,按6.5.4.5规定的方法计算变差。

11.2 交流电源频率变化影响试验

11.2.1 按产品标准规定分别将电源频率调整至其标称范围的极限值,施加于被试设备进行试验,其他影响量或影响因素为基准值。

11.2.2 按11.1.2进行试验,并计算变差。

12 机械性能试验

12.1 振动试验

振动响应试验和振动耐久试验按GB/T 11287—2000规定的方法进行。

振动响应试验时,试验时应使用典型测试点进行试验,延时定值应设置为最小值,输入激励量在动作值上/下两倍给定误差以内。典型测试点的选取和激励量的施加参考附录C。

12.2 冲击与碰撞试验

冲击响应试验和冲击耐受试验按GB/T 14537—1993规定的方法进行。

碰撞试验按GB/T 14537—1993规定的方法进行。

冲击响应试验时,试验时应使用典型测试点进行试验,延时定值设置为最小值,输入激励量在动作值上/下两倍给定误差以内。典型测试点的选取和激励量的施加参考附录C。

学兔兔 www.bzfxw.com

12.3 地震试验

12.3.1 总则

地震试验按 IEC 60255-21-3:1993 规定的方法进行。

地震试验有两种试验方法:

方法 A:单轴正弦扫频地震试验;

方法 B:双轴多频随机地震试验。

12.3.2 单轴正弦扫频地震试验要求(方法 A)

12.3.2.1 主要参数

单轴正弦扫频地震试验的主要参数如下:

a) 频率范围;

b) 加速度;

c) 交越频率以下的位移振幅;

d) 扫频速度和扫频周期数。

12.3.2.2 试验设备和安装

12.3.2.2.1 基本运动

基本运动是以时间为自变量的正弦函数,按照 12.3.2.2.2 和 12.3.2.2.3 的要求,被试设备的固定点沿着给定的轴向同步运动。

12.3.2.2.2 切向运动

在任意一个和给定轴向正交的轴向上,各检测点的最大振幅不得超过给定幅度的 50%。

12.3.2.2.3 失真率

加速度失真率测量应在由制造商声明的基准点上进行。

失真率的定义见 GB/T 11287—2000 中 2.8。失真率不应超过 25%。如果实际测量的失真率大于 25%,应做记录,并经制造商和用户双方认可。

12.3.2.2.4 振幅公差

沿给定基准点轴向的实际振动位移和振动加速度应等于规定值,误差小于 15%。

12.3.2.2.5 频率范围公差

频率范围应等于规定值(见 12.3.2.3 和 12.3.3.2.4),误差为:

a) 对于 1 Hz 的频率下限:±0.2 Hz;

b) 对于 35 Hz 的频率上限:±1 Hz。

12.3.2.2.6 扫频

扫频应连续,且频率随时间指数变化。

扫频速率为(1±10%)倍频程/min。

学兔兔 www.bzfxw.com

12.3.2.2.7 安装

被试设备应固定在振动台上；或者以正常运行时的紧固件安装在其基础上，这样重力对被试设备的作用和正常运行时一样在同一个方向上。

试验用的紧固件应是刚性结构的，以便尽可能避免在试验频率范围内对运动的放大和引入虚假的运动。

试验期间，连接到被试设备的电缆应合理安排，使得它们不会给被试设备带来比正常运行时更大的限制。

注：应注意避免使被试设备受到振动系统产生的任何磁场的显著影响。

12.3.2.3 试验严酷等级

单轴正弦扫频地震试验包括三个不同的严酷等级(0,1,2)，其主要参数见表5。

当选择0级时，不需要进行单轴正弦扫频地震试验。

该试验的标称频率范围为1 Hz～35 Hz，交越频率为8 Hz～9 Hz(如图34所示)。

表5 单轴正弦扫频地震试验严酷等级

等级	交越频率以下的峰值位移 mm		交越频率以上的峰值加速度 g_n		每个轴方向的扫描循环次数 次
	X	Y	X	Y	
0	—	—	—	—	—
1	3.5	1.5	1.0	0.5	1
2	7.5	3.5	2.0	1.0	1

注：X为水平轴向；Y为垂直轴向。

注1：对于频率范围为1 Hz～35 Hz且扫描速率为1倍频程/min的试验，一个扫描周期大约需要10 min。

注2：当考虑试验参数时，正弦扫频地震试验波形比其他地震试验方法要严酷。

12.3.3 双轴多频随机地震试验要求(方法B)

12.3.3.1 主要参数

双轴多频随机地震试验的主要参数如下：

a) 频率范围；

b) 标准响应谱；

c) 零周期加速度；

d) 时间历程的次数和持续时间；

e) 阻尼。

在本标准中，将阻尼的标准值设定为5%。

12.3.3.2 试验设备和安装

12.3.3.2.1 基本运动

试验所用的时间历程可以通过将在标称频率范围内的多频宽带标准响应谱(如图32所示)成分进行合成而获得。

学兔兔 www.bzfxw.com

合成的时间历程应以至少 1/6 倍频程频带的精度复现。

12.3.3.2.2 切向运动

在任意一个和给定轴向正交的轴向上，各检测点的最大加速度峰值或位移峰值不得超过时间历程给定幅度的 25%。记录的测量值可只包括标称频率范围。

12.3.3.2.3 标准响应谱公差范围

标准响应谱的公差范围应在 0%～+50%之间。

注：如果试验响应谱的个别点上的一小部分超出规定的公差范围，仍是可以接受的，这些点的实际值应记录在试验报告中。

试验响应谱应以至少 1/6 倍频程频带的分辨率进行检查。

12.3.3.2.4 频率范围

基准点处的信号不得包含任何高于试验频率范围的频率，除非这些信号是由试验设备或被试设备产生的。

未安装被试设备时，试验设备产生的试验频率范围以外的信号的最大值不得超过基准点给定信号最大值的 20%。如果不能达到上述要求，测量的实际值应记录在试验报告中。

评估试验响应谱时，试验频率之外的频率信号不应计算在内。

本试验的标称频率范围为 1 Hz～35 Hz。

12.3.3.2.5 安装

同 12.3.2.2.7.

12.3.3.3 试验严酷等级

双轴多频随机地震试验包括三个不同的严酷等级(0,1,2)，其主要参数见表 6。

当选择 0 级时，不需要进行双轴多频随机地震试验。

表 6 双轴多频随机地震试验严酷等级

等级	零周期加速度		每个轴方向的时间历程次数 次
	水平轴向 g_n	垂直轴向 g_n	
0	—	—	—
1	1.0	0.5	1
2	2.0	1.0	1
注：总的时间历程数为 8。见 12.3.3.4 和 12.3.5.2。			

12.3.3.3.1 试验用时间历程

时间历程的持续时间应为 20 s，公差为±5 s。

时间历程强部应占总持续时间的 50%，公差为±10%。

12.3.3.3.2 时间历程的施加

每一个时间历程结束后应有最少 60 s 的间歇时间。

学兔兔 www.bzfxw.com

12.3.3.4 条件试验

对每一序列试验，两个时间历程应分别同时施加于被试设备的水平轴向和垂直轴向。如果两个时间历程不是相互独立的，那么试验应重复两次，第一次两个时间历程的相位角为0°，第二次为180°。

注：试验也可以在单个轴向上进行，但是两个轴向上的运动总是相关的。每个轴向上的试验响应谱应作调整以包络那个轴向的所需响应谱。

12.3.4 试验严酷等级的选择

12.3.4.1 试验严酷等级的建议

试验严酷等级是按照反映量度继电器或保护装置承受地震地区可能出现的机械应力而不会不正确动作的能力来划分的。应按表7来选择单轴正弦扫频地震试验和双轴多频随机地震试验的严酷等级。

表7 地震试验严酷等级选择原则

等级	适用范围
0	无地震要求
1	正常用于发电厂、变电站和工厂
2	应用于运行安全裕度要求很高，或地震列度很高的场合

12.3.4.2 确定试验方法和严酷等级

声明符合本标准时，制造商应给出试验方法和相应的严酷等级。

12.3.5 试验步骤

12.3.5.1 振动位移和加速度幅值应在制造商指定的基准点处测量。

注：如果被试设备的尺寸使得将其作为一个整体进行试验是不现实的，就可以在制造商和用户间达成一致的前提下，按功能子单元进行试验。

12.3.5.2 试验应在4.1规定的基准试验条件下进行，并对量度继电器或者保护装置施加以下激励：

a) 辅助激励量的额定值；

b) 输出电路：空载，监视设备或制造商声明的除外；

c) 输入激励量：试验时应使用典型测试点进行试验，延时定值设置为最小值，输入激励量在动作值上/下两倍给定误差以内。典型点的选取和激励量的施加参考附录C。

试验前，量度继电器或者保护装置的动作值应在4.1规定的条件下测定。

12.3.5.3 试验过程中，继电器或装置应整定在最灵敏的动作范围内。

如果制造商和用户间能够达成协议，试验也可以在商定的其他定值下进行。

注：当被试设备具有多个功能时，如果能够确知哪一个功能对地震应力最敏感，就可以只试验这一项功能。

12.3.5.4 试验过程中，触点输出电路应由监测装置判别。该监测装置能测量触点闭合或打开的历时，监测装置的测量电路应具有0.2 ms或更短的复归时间，以防止其装置对几次触点动作短历时的积累效应起作用。

12.3.5.5 试验时，被试设备应在其外壳内，如果有盖板应盖好，并移除所有用于运输的固定件。

12.3.5.6 在试验中和试验结束后，检查地震应力对被试设备的影响。

12.3.6 合格判据

12.3.6.1 试验中，被试设备不应不正确动作。被试设备的输出电路（例如触点）已经持续大于2 ms不

学兔兔 www.bzfxw.com

改变他的正常状态，则认为他们已不动作或不返回。

12.3.6.2 试验期间，被试设备的信号牌或其他形式的机械信号指示可能会永久性地改变其工作状态。

12.3.6.3 试验结束后，被试设备应仍满足相应的性能要求，定值改变不超过其给定误差的 1 倍，无机械损坏现象。

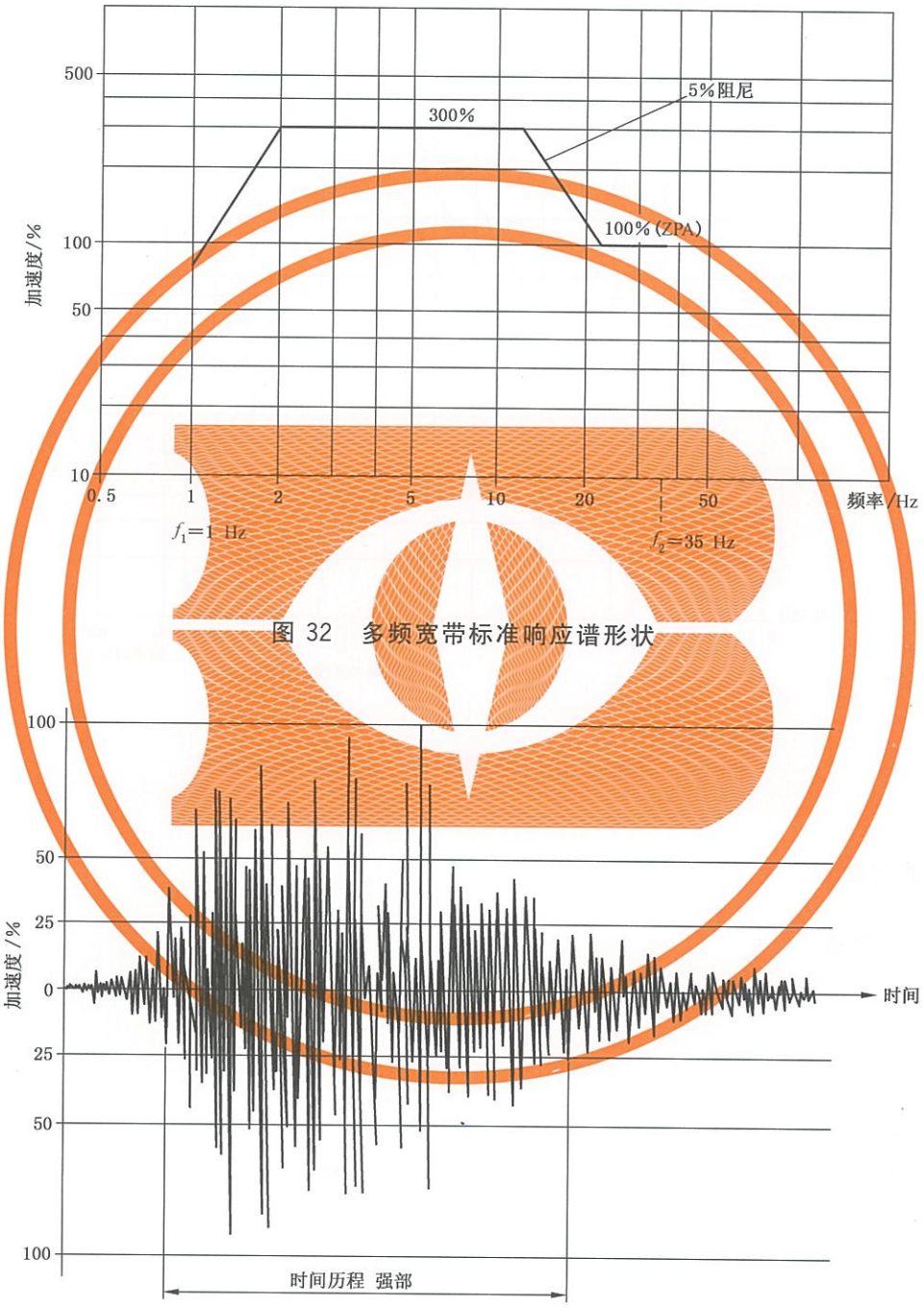


图 32 多频宽带标准响应谱形状

图 33 典型时间历程

学兔兔 www.bzfxw.com

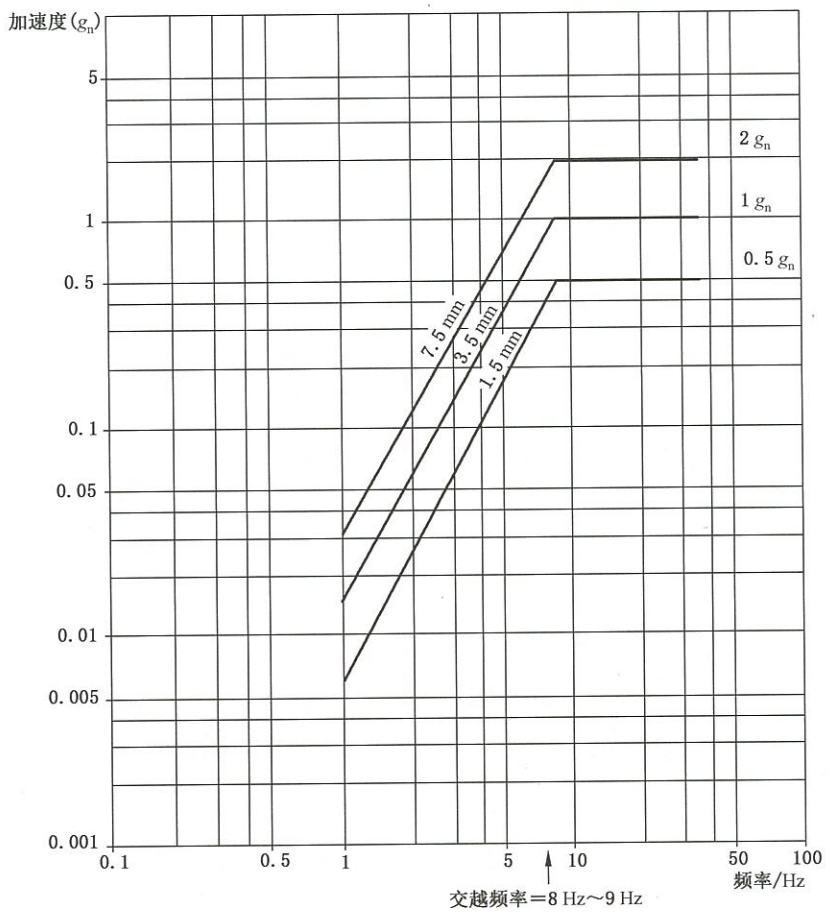


图 34　单轴正弦扫频地震试验加速度-频率曲线

13　绝缘性能试验

13.1　绝缘电阻测量

13.1.1　总则

绝缘电阻的测量按 GB 14598.27—2008 中 10.5.3.3 规定的方法进行。

13.1.2　试验部位

除另有规定外，对下列部位进行试验：

a)　每个电路和可接近的导电部分之间，每个独立电路的端子连接在一起；

b)　独立电路之间，每个独立电路的端子连接在一起。

除非很明显，独立电路是由制造商描述的那些电路。

在对外露可导电部分试验时，同一额定绝缘电压的电路可以连接在一起。

试验电压应直接施加于端子。

对于具有绝缘外壳的设备，外露可导电部件应由一个金属箔代表。此金属箔覆盖除端子之外的整个设备外壳，各端子四周应留出合适的间隙。采用金属箔的绝缘试验只作为型式试验。

学兔兔 www.bzfxw.com

13.1.3 试验电压

试验电压按产品相关标准的规定。

13.1.4 试验程序

在施加规定的直流电压达到稳态值并至少 5 s 之后，测量绝缘电阻值。

13.1.5 验收准则

除另有规定外，绝缘电阻在基准条件下不应小于 100 MΩ。经湿热型式试验且恢复 1 h～2 h 后，绝缘电阻不应小于 10 MΩ。

13.2 介质强度试验

13.2.1 总则

介质强度的试验按 GB 14598.27—2008 中 10.5.3.2 规定的方法进行。

13.2.2 试验部位

除另有规定外，试验部位按 13.1.2 规定的部位进行试验。

如果适用，动合触点的介质电压耐受按制造商声明试验电压进行。如果安装了瞬态抑制器件，不对触点间进行试验。试验中未涉及的电路应连接在一起并接地。

13.2.3 试验电压

除另有规定外，试验电压按表 8 中合适的电压施加。

表 8 交流试验电压

额定绝缘电压 V	交流试验电压，1 min kV
≤63	0.5
125～500	2.0
630	2.3
800	2.6
1 000	3.0

对于由仪用互感器(VT 或标准 CT)直接激励或连接于站内电源的电路，试验电压不应小于 2.0 kV(有效值)。

除非另有规定，两个独立电路各部分之间的绝缘，宜至少等于这些电路中的较高的额定电压。

13.2.4 试验电压源

试验电压源在对被试设备施加的电压达到规定值的一半时，所观察到的电压降小于 10%。

电源电压误差不大于 5%。

试验电压应为标准的正弦波电压，频率在 45 Hz～65 Hz 之间。也可选用直流电压进行试验，试验电压值应等于给定交流试验电压值的 1.4 倍。

学兔兔 www.bzfxw.com

13.2.5 试验程序

对于型式试验，试验发生器的开路电压应在零伏时施加到设备上。试验电压平稳地上升至规定值，其间应无明显的暂态现象发生，保持 1 min。然后应尽可能快地平稳降至零。

对于例行试验，试验电压可以保持至少 1 s。在此情况下，试验电压应比规定的 1 min 型式试验电压高出 10%。

重复进行介质电压耐受试验时，试验电压值应等于规定值的 0.75 倍。

13.2.6 验收准则

在介质电压试验期间，不应发生击穿或闪络。不超过产品相关标准规定的最大试验电流值的局部放电可以忽略。

13.3 冲击电压试验

13.3.1 总则

冲击电压的试验按 GB 14598.27—2008 中 10.5.3.1 规定的方法进行。

13.3.2 试验部位

除非另有规定，对下列部位进行试验：

a) 在规定采用同一冲击电压的每个电路(或每组电路)与外露可导电部分之间，对该电路(或该组电路)施加规定的冲击电压；

b) 独立的电路之间进行，每个独立电路的端子连接在一起；

c) 给定电路的端子之间进行。

试验中未涉及的电路应连接在一起并接地。

除非很明显，独立电路是由制造商描述的那些电路。

对于具有绝缘外壳的设备，外露可导电部件应由一个金属箔代表。此金属箔覆盖除端子之外的整个设备外壳，各端子四周应留出合适的间隙以避免对端子发生闪络。

除非另有规定，两个独立电路之间的试验，应以这两个电路所规定的较高的冲击电压施加。

如果并非由于电气击穿引起，施加到与浪涌抑制、感性器件或分压器件连接的各测试点上的冲击电压波形允许衰减或畸变。除非绝缘不能耐受冲击电压试验，施加到没有和这些器件连接的测试点上的波形不应显著衰减或畸变。

13.3.3 试验电压

除另有规定外，直接与交流或直流电源输入连接的电路，以及与电压互感器或电流互感器连接的设备的电路试验电压为 5 kV，其他电路试验电压为 1 kV。

当试验在设备的两个独立电路之间进行时，应采用这两个额定冲击电压中的较高值。

13.3.4 波形和发生器特性

发生器的参数为：

——波前时间：1.2(1±30%)μs；

——半峰值时间：50(1±20%)μs；

——输出阻抗：500(1±10%)Ω；

——输出能量：0.5(1±10%)J。

学兔兔 www.bzfxw.com

每根试验导线的长度不应超过 2 m。

13.3.5 试验程序

冲击电压应施加到从设备外部可接近的合适的点上，其他电路和外露的可导电部分应连接在一起并接地。

电气间隙的验证试验，在每一极性施加 3 次冲击，且冲击间隔至少为 1 s。

固体绝缘能力的验证试验，在每个极性施加 5 次冲击，并应记录每次冲击的波形。

用于电气间隙和固体绝缘的这两个试验可以合并为一个通用的试验程序。

如有必要，对于新的设备可重复进行冲击电压试验以验证其性能。该试验电压值应等于原来规定值的 0.75 倍，或由制造厂指明。

13.3.6 试验验收准则

试验期间不应出现破坏性放电(火花、闪络或击穿)。未造成击穿的电气间隙的局部放电可被忽略。此项试验后，设备应满足所有相关的性能要求。

14 电磁兼容试验

14.1 被试设备的端口

端口是被试设备与外部电磁环境的特定接口，包含电源端口、输入端口、输出端口、通信端口、外壳端口和功能地端口，被试设备端口示意图如图 35 所示。

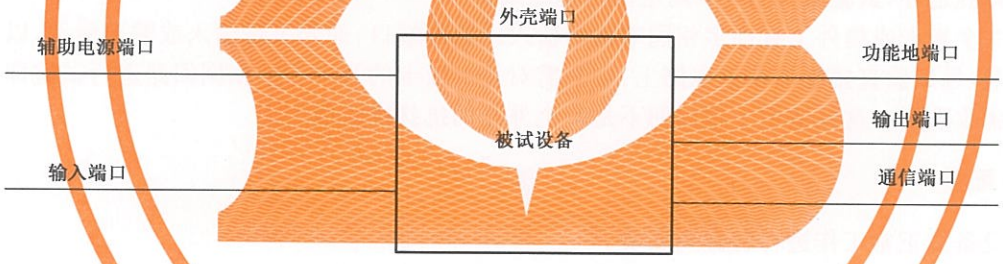


图 35 被试设备的端口示意图

14.2 电磁发射试验

14.2.1 试验条件

除另有规定外，试验应在 GB/T 14598.2—2011、GB 4824 和 GB 9254 规定的基准条件下进行。

试验应在相应回路上施加额定值的辅助激励量和输入激励量。所施加的值应代表正常的工作静止状态，不应处于暂态动作状态，也不应处于动作后状态。开关量输入状态和输出被试设备被激励状态按产品标准规定。若有通信模块，通信模块应处于工作状态。

对于具有宽范围的工作电源或额定值的被试设备，辐射发射应分别在被试设备电源的最低和最高标称电压下进行。

传导发射应在被试设备电源的标称电压下进行。

14.2.2 试验部位

辐射发射限值试验部位为外壳端口。

传导发射限值试验部位为辅助电源端口。

学兔兔 www.bzfxw.com

14.2.3 试验程序

辐射发射限值试验程序按 GB/T 14598.26—2015 中 7.1.2 的规定。辐射发射频率小于 1 GHz 时，试验配置按照 GB 4824 进行；辐射发射频率大于 1 GHz 时，试验配置按照 GB 9254 进行。

传导发射限值试验程序按 GB/T 14598.26—2015 中 7.1.3 的规定。试验配置按照 GB 9254 进行。

14.2.4 验收准则

辐射发射的限值不超过 GB/T 14598.26—2015 中表 1 给出的限值；传导发射的限值不超过 GB/T 14598.26—2015 中表 2 给出的限值。

每一种类相同的模块至少对一个进行试验，所做的发射评估结果，也适用于配置多个那些类型模块的情况。因为实践证明，来自相同模块的发射是不叠加的。这个不叠加原理可以用于由多个相同的量度继电器构成的保护装置。

14.3 抗扰度试验

14.3.1 试验条件

14.3.1.1 一般试验条件

除另有规定外，按 GB/T 14598.26—2015 规定的条件进行。

14.3.1.2 试验基准条件

除另有规定外，试验条件为 4.1 规定试验基准条件。

当每一个板卡或模件上有许多相同电路的输入或输出端口，如开关量输入或输出触点，以及有许多这样的板卡，且试验直接施加在该电路上，则只需对每个板卡的其中三个相同回路进行试验即可判断其是否符合验收准则。这仅适用于端口而不是整个外壳的抗扰度试验。

14.3.1.3 配置

被试设备按正常工作进行配置及安装。

输入和输出端口的连接与实际安装一致，激励与正常工作条件一致。

14.3.1.4 电缆规范

除另有规定外，每个试验按照基础标准的推荐使用最大电缆长度。每个输入和输出端口采用产品相关标准推荐的电缆类型。

14.3.1.5 辅助和监测设备

辅助和监测设备连接到被试设备上并为其提供信号，在试验过程中检验被试设备的所有功能并监测被试设备。辅助和监测设备的选择不应对试验有不利影响，也不应在整个抗扰度试验过程中受施加干扰的影响。试验影响到辅助和监测设备的地方，应使用合适的滤波器和去耦网络。

14.3.1.6 定值

试验时应使用典型测试点进行试验，延时定值设置为最小值，输入激励量在动作值上/下两倍给定误差以内。典型测试点的选取和激励量的施加参考附录 C。

抗扰度试验在静止状态下施加，也包括试验程序指明的动作状态下施加。

辅助激励量应为额定值。

学兔兔 www.bzfxw.com

14.3.1.7 功能试验

为验证在准确度等级范围内正确动作的功能试验，在抗扰度试验施加前后进行。一些个别抗扰度试验中也应要求在干扰过程中进行功能试验。

14.3.1.8 试验发生器验证

试验发生器的输出应按基础标准中的规定验证。

14.3.2 抗扰度试验验收准则

抗扰度试验的验收准则见表9。试验结果能够达到GB/T 14598.26—2015中第6章给出的验收准则的要求时，判定试验合格。

表9 抗扰度试验验收准则

验收准则	功能	验收条件
A	保护	试验中和试验后，在规定限值内性能正常
	命令与控制	试验中和试验后，在规定限值内性能正常
	测量	试验期间性能没有下降
	人机接口和可视报警	试验期间性能没有下降或功能丧失，存储数据不丢失
	数据通信[a]	误码率可能增加，但传输数据不丢失
	开关量输入、开关量输出和输出触点	试验期间不允许有不需要的状态改变
B	保护	试验中和试验后，在规定限值内性能正常
	命令与控制	试验中和试验后，在规定限值内性能正常
	测量	试验期间性能暂时下降，试验后自行恢复，存储数据不丢失
	人机接口和可视报警	试验期间性能暂时下降或功能丧失，试验后自行恢复，存储数据不丢失
	数据通信[a]	误码率可能增加，但传输数据不丢失
	开关量输入、开关量输出和输出触点	试验期间不允许有不需要的状态改变
C	保护	暂时丧失功能，功能可自行恢复。 应无误动作出现
	命令与控制	暂时丧失功能，功能可自行恢复。 应无误动作出现
	测量	暂时丧失功能，功能可自行恢复
	人机接口和可视报警	暂时丧失功能，功能可自行恢复
	数据通信[a]	暂时丧失功能，功能可自行恢复，可能丢失传输数据
	开关量输入、开关量输出和输出触点	试验期间不允许有不需要的状态改变
[a] 用于保护或控制功能的通信端口，验收标准见保护或命令与控制。		

学兔兔 www.bzfxw.com

14.3.3 静电放电试验

静电放电试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.3 规定的方法进行。试验部位为外壳端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.1 的要求进行。

14.3.4 辐射电磁场抗扰度试验

辐射电磁场抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.4 规定的方法进行。试验部位为外壳端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.1 的要求进行。

14.3.5 电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验

电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.5 规定的方法进行。试验部位为辅助电源端口、通信端口、输入和输出端口、功能地端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.2、6.3、6.4、6.5 的要求进行。

14.3.6 慢速阻尼振荡波抗扰度试验

慢速阻尼振荡波(1 MHz 和 100 kHz 脉冲群)抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.6 规定的方法进行。试验部位为辅助电源端口、通信端口、输入和输出端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.2、6.3、6.4 的要求进行。

14.3.7 浪涌(冲击)抗扰度试验

浪涌(冲击)抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.7 规定的方法进行。试验部位为辅助电源端口、通信端口、输入和输出端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.2、6.3、6.4 的要求进行。

14.3.8 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

射频场感应的传导骚扰抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.8 规定的方法进行。试验部位为辅助电源端口、通信端口、输入和输出端口、功能地端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.2、6.3、6.4、6.5 的要求进行。

14.3.9 工频抗扰度试验

工频抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.9 规定的方法进行。试验部位为开关量输入端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.4 的要求进行。

14.3.10 工频磁场抗扰度试验

工频磁场抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.10 规定的方法进行。试验部位为外壳端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.1 的要求进行。

14.3.11 脉冲磁场抗扰度试验

14.3.11.1 试验等级

试验的严酷等级见表 10。试验严酷等级的选择见 GB/T 17626.9—2011 的附录 C。

学兔兔 www.bzfxw.com

表 10 脉冲磁场试验等级

试验等级	磁场强度(峰值) A/m
1	—
2	—
3	100
4	300
5	1 000
X	待定
注：磁场强度用 A/m 表示，1 A/m 相应于自由空间中 1.26 uT 的磁场强度。	

14.3.11.2 试验设备

试验设备见 GB/T 17626.9—2011 的第 6 章。

14.3.11.3 试验布置

试验布置见 GB/T 17626.9—2011 的第 7 章。

14.3.11.4 试验程序

试验程序见 GB/T 17626.9—2011 的第 8 章。

14.3.11.5 验收准则

符合表 9 的验收准则 A。

14.3.12 阻尼振荡磁场抗扰度试验

14.3.12.1 试验等级

试验的严酷等级见表 11。试验严酷等级的选择见 GB/T 17626.10—1998 的附录 C。

表 11 阻尼振荡磁场试验等级

试验等级	磁场强度(峰值) A/m
1	—
2	—
3	10
4	30
5	100
X	待定
注：磁场强度用 A/m 表示，1 A/m 相应于自由空间中 1.26 uT 的磁场强度。	

14.3.12.2 试验设备

试验设备见 GB/T 17626.10—1998 的第 6 章。

学兔兔 www.bzfxw.com

14.3.12.3 试验布置

试验布置见 GB/T 17626.10—1998 的第 7 章。

14.3.12.4 试验程序

试验程序见 GB/T 17626.10—1998 的第 8 章。

14.3.12.5 验收准则

符合表 9 验收准则 A。

14.3.13 电源电压暂降

电源电压暂降和中断试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.11 规定的方法进行。试验部位为辅助交流和直流电源端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.2 的要求进行。

14.3.14 电源电压中断

电源电压暂降和中断试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.11 规定的方法进行。试验部位为辅助交流和直流电源端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.2 的要求进行。

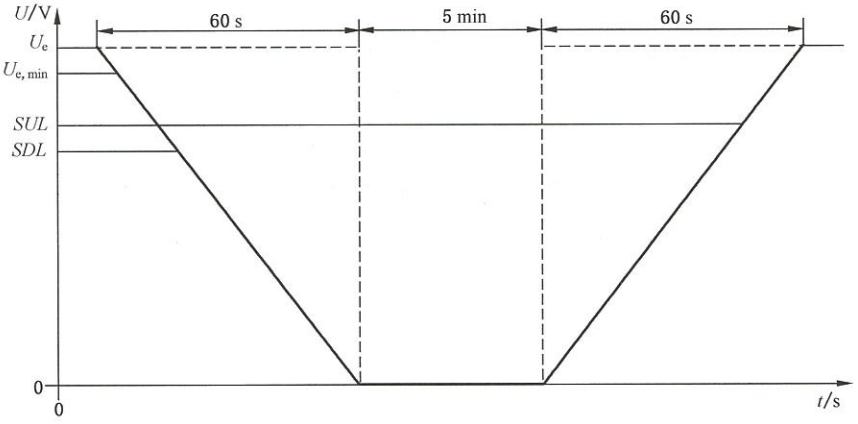
14.3.15 直流电源电压的电压纹波试验

直流电源电压的电压纹波试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.12 规定的方法进行。试验部位为辅助交流和直流电源端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.2 的要求进行。

14.3.16 电源电压缓降/缓升试验

电源电压缓降/缓升试验按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.13 规定的方法进行。试验部位为辅助交流和直流电源端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2015 中 6.2 的要求进行。

电源电压缓降/缓升电压变化过程如图 36 所示。



说明：

U_e ——辅助电源额定电压；

$U_{e,min}$ ——辅助电源额定电压的下限值；

SDL ——关断限值；

SUL ——启动限值。

图 36 辅助激励量缓升缓降试验

学兔兔 www.bzfxw.com

14.3.17 直流辅助电源极性反接试验

直流辅助电源反极性施加，历时 1 min。除另有规定外，试验结果应符合表 9 的验收准则 C。

15 过载试验

15.1 总则

除另有规定外，对通过电磁型电流互感器和电磁型电压互感器直接激励的电流和电压回路进行短时耐热极限值试验。

15.2 短时耐热极限值试验

15.2.1 试验方法

15.2.1.1 按产品标准规定，激励电路输入规定的过载激励量，试验时间：

电流回路：1 s；

电压回路：10 s。

15.2.1.2 对于电流回路，当试验设备无法提供符合要求的大电流时，可用降低过载电流并延长电流作用时间的等效方法进行试验，所施加电流激励量的倍数按式(27)计算，但过载电流作用时间最长不允许超过 5 s。

$$K_t = K\sqrt{\frac{1}{t}} \qquad \cdots\cdots(27)$$

式中：

K_t ——t 时间过载电流倍数；

K ——1 s 过载电流倍数；

t ——实际的作用时间。

15.2.2 合格判据

除另有规定外，试验中和试验结束后应满足下列要求：

a) 无绝缘损坏，无液化、碳化或烧焦现象；

b) 线圈及结构零件无永久性机械变形；

c) 电气性能符合规定的要求。

15.3 激励量动稳定极限值试验

15.3.1 试验方法

15.3.1.1 按产品标准规定，激励电路输入规定的过载激励量(动稳定极限值的峰值大小至少应为短时耐热极限值的 2.5 倍)。

15.3.1.2 试验持续时间为额定频率正弦波的半个周波。

15.3.2 合格判据

满足 15.2.2 的要求。

15.4 连续过载试验

15.4.1 试验方法

在电流激励电路施加 2 倍额定电流或规定的其他长期过载电流值。

学兔兔 www.bzfxw.com

在电压激励电路施加 1.4 倍额定电压或规定的其他长期过载电压值。

15.4.2 合格判据

满足 15.2.2 的要求。

15.5 多输入激励量的过载试验

15.5.1 试验方法

对于多输入激励量被试设备的过载试验应分别对每一激励电路进行。对于未试的激励电路应输入额定值，达到热稳定后再对被试的激励电路输入过载激励量。

15.5.2 合格判据

满足 15.2.2 的要求。

16 触点性能和机械寿命试验

16.1 总则

触点性能和机械寿命按 GB/T 14598.2—2011 及 GB/T 21711.1—2008 规定的方法进行。

16.2 触点性能

16.2.1 试验条件

试验条件如下：

a) 被试设备安装在正常工作状态；
b) 辅助激励量为额定值；
c) 除另有规定外，所有影响量或影响因素为基准条件；
d) 按产品标准或技术条件规定的速率和占空比进行；
e) 对于整定可调的被试设备，应整定在最小整定值；动作时间整定在最小整定值。

16.2.2 试验程序

按产品标准的规定施加输入激励量，施加的激励量应使被试设备每一次都能可靠动作或释放。
除另有规定外，感性负载的接通时间不小于 5 倍负载的 L/R，阻性负载为 25 ms。
被试设备应能可靠接通和断开规定的负载和动作次数。

16.2.3 合格判据

除另有规定外，试验结束后满足下列要求：

a) 无机械损坏或紧固件松动现象；
b) 按产品标准检查有关电气性能，应满足规定要求；
c) 介质强度试验：能耐受的试验电压值为规定值的 0.75 倍，或由产品标准规定的其他试验电压值。

16.3 机械寿命试验

16.3.1 试验条件

试验条件如下：

学兔兔 www.bzfxw.com

a) 被试设备安装在正常工作状态；
b) 辅助激励量为额定值；
c) 除另有规定外，所有影响量或影响因素为基准条件；
d) 按产品标准或技术条件规定的速率和占空比进行；
e) 对于整定可调的被试设备，整定在最小整定值；对于时间可整定的被试设备，应整定在对机械寿命影响最恶劣的时间整定值。

16.3.2 试验程序

为了便于机械寿命试验的进行，可在输出触点电路施加一个不至于引起触点电寿命失效的电压(不大于 6 V)和电流(不大于 0.1 A)的信号负载，便于监测触点行为。

按产品标准的规定施加输入激励量，施加的激励量应使被试设备每一次都能可靠动作或释放。

试验期间不允许进行维护或调整，也不允许更换其他部件。

16.3.3 合格判据

除另有规定外，试验结束后满足下列要求：

a) 无机械损坏或紧固件松动现象；
b) 按产品标准检查有关电气性能，其准确度的误差不应超过规定值的两倍；
c) 介质强度试验：能耐受的试验电压值为规定值的 0.75 倍，或由产品标准规定的其他试验电压值。

17 安全试验

17.1 电气间隙试验

电气间隙的试验按 GB 14598.27—2008 规定的方法进行。

17.2 爬电距离测量

爬电距离的测量按 GB 14598.27—2008 规定的方法进行。

17.3 接触电流测量

17.3.1 接触电流的允许限值

17.3.1.1 正常运行条件下的限值

正常运行条件下的接触电流限值及测量电路要求见 GB 14598.27—2008 中 5.1.1.2.1。

17.3.1.2 单一故障条件下的限值

单一故障条件下的接触电流限值及测量电路要求见 GB 14598.27—2008 中 5.2.4.1.1。

17.3.2 试验方法

按 GB/T 12113—2003 规定的方法进行。

17.4 外壳防护等级试验

外壳防护等级(IP 代码)的试验按 GB 4208—2008 规定的方法进行。

第一位特征数字所代表的对接近危险部件防护的试验方法见 GB 4208—2008 的第 11 章。

学兔兔 www.bzfxw.com

第一位特征数字所代表的对防止异物进入防护的试验方法见 GB 4208—2008 的第 12 章。
第二位特征数字所代表的对防水进入防护的试验方法见 GB 4208—2008 的第 13 章。
附加字母所代表的对接近危险部件防护的试验方法见 GB 4208—2008 的第 14 章。

17.5 保护联接试验

17.5.1 总则

保护联接试验包括保护联接阻抗试验和保护联结的连续性试验。保护联接试验按 GB 14598.27—2008 中 10.5.3.4 规定的方法进行。

17.5.2 保护联结阻抗试验

17.5.2.1 试验条件

试验条件如下：

a) 试验电压：试验电源开路电压应不超过交流 12 V(有效值)或直流 12 V；

b) 试验电流：在产品相关标准中规定的过流保护方式中最大电流额定值的两倍。

17.5.2.2 试验方法

保护联结阻抗试验电路如图 37 所示。

试验电源开路电压不应超过交流 12 V(有效值)或直流 12 V，调节试验电流为规定的电流值，持续 60 s 后，读取 PV 显示值。也可采用开路电压不超过 12 V 的接地阻抗测试仪进行测试。

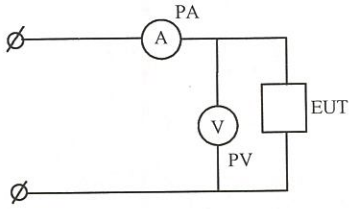


图 37 保护联结阻抗试验电路示例

保护联结阻抗按式(28)计算：

$$Z = U/I \qquad \cdots\cdots(28)$$

式中：

Z ——被试设备被试部分的联结阻抗，单位为欧姆(Ω)；

U ——被测试两点间的电压，单位为伏特(V)，(PV 电压表指示值)；

I ——施加的电流，单位为安培(A)，(PA 电流表指示值)。

17.5.2.3 合格判据

除另有规定外，保护导体端子和被试部分之间的联结阻抗电阻不超过 0.1 Ω。

17.5.3 保护联结的连续性试验

保护联接的连续性试验按照 GB 14598.27—2008 中 10.5.3.4.2 规定的方法进行。

17.6 着火危险试验

17.6.1 总则

着火危险试验按 GB/T 5169.16—2008 规定的方法进行。

学兔兔 www.bzfxw.com

17.6.2 试验分级

水平燃烧试验级别分为 HB40 及 HB75 级；垂直燃烧试验级别分为 V-0、V-1 及 V-2。各燃烧级别的描述见 GB/T 5169.16—2008 的第 8 章和第 9 章。

17.6.3 试验设备

被试设备要求见 GB/T 5169.16—2008 的第 6 章。

17.6.4 试验样品

试验样品要求见 GB/T 5169.16—2008 的第 7 章。

17.6.5 试验程序

试验方法见 GB/T 5169.16—2008 的第 8 章和第 9 章。

17.7 安全标志检查

被试设备安全标志的检查按 GB 14598.27—2008 中 9.1 规定的方法进行。

18 通信及规约试验

18.1 光口发送/接收功率试验

光口发送/接收功率试验如下：

a) 测试光口发射功率，将光功率计接入装置的光纤输出口进行测量；

b) 测试光口接收功率，将测试信号源与光衰耗计连接，并将光衰耗计接入装置，通过调整光衰耗计使保护输入信号达到最小的接收功率，监测装置发送的 GOOSE 报文和接收 GOOSE 报文是否正常。

18.2 通信规约一致性试验

18.2.1 IEC 61850 规约一致性试验

参照 DL/T 860.10 规定的方法进行。

18.2.2 DL/T 634 规约一致性试验

参照 DL/T 634.56—2010 规定的方法进行。

18.2.3 Modbus 规约一致性试验和互操作试验

参照 GB/T 25919.1—2010 和 GB/T 25919.2—2010 规定的方法进行。

18.2.4 其他规约

按照相应的规约标准规定的方法进行。

18.3 通信性能试验

18.3.1 信息响应时间试验

信息响应时间试验如下：

学兔兔 www.bzfxw.com

a) 在状态信号模拟器拨动任何一路试验开关，则在模拟主站上应观察到对应的遥信位变化，并记录从模拟开关动作到遥信位变化的时间；

b) 在交流工频电量输入回路施加一个阶跃信号为较高标称值的0%～90%，或者为较高标称值的100%～10%，则在模拟主站上应观察到对应的数值变化，并记录下从施加阶跃信号到数值变化的时间；

c) 在装置施加故障量直至保护动作，在模拟主站上观察到相应的动作记录，记录从故障量施加到保护动作信息上传到模拟主站的时间，这个时间要减去保护动作延时定值。

18.3.2 与多主站通信试验

按照装置支持的最多主站数量建立通信连接，同时在多个主站进行模拟量输入、状态量输入、数字量输入、脉冲输入等试验，并验证事件顺序记录站内分辨率和信息响应时间的指标满足功能试验要求。

18.3.3 遥控/遥调响应时间试验

在主站计算机系统界面进行遥控操作，在装置遥控执行指示器有正确指示，记录从遥控操作开始到正确指示的时间。

18.3.4 文件传输时间试验

在装置施加故障量直至保护动作，从主站系统召唤装置为此故障生成的录波文件，最终将录波文件完整召唤至主站。记录从文件召唤开始至完整上送主站的时间。

18.3.5 雪崩试验

将装置连接主站，将所有硬接点开入接口并联，并接入所有GOOSE开入信号，同时断开或闭合，2 s变化一次(时间可调)，连续变化若干次(具体次数参考相应产品的技术要求)。记录主站界面记录的事件数量。

注：此项测试中，被试设备不处于检修状态，接入的GOOSE信号品质为正常。

18.4 网络压力试验

试验方法参考E.6。

18.5 通信可靠性试验

18.5.1 在模拟主站连续进行以下操作若干次(具体参考产品相应的技术要求)，验证通信可靠性。

a) 召唤当前区定值；

b) 召唤同一录波文件；

c) 遥控/遥调同一控制对象。

18.5.2 在被测装置连续模拟状态变位若干次(具体参考产品相应的技术要求)，验证变位及事件信息全部上送模拟主站。

18.5.3 通信缓存能力

装置与最大允许数量的模拟主站建立通信，进行以下试验验证装置的通信数据缓存能力：

a) 在通信已经建立的条件下，利用装置支持的事件顺序记录分辨率作为状态变位的时间间隔，连续模拟若干次变位(装置最大允许缓存的变位数量+1)，在各模拟主站处检查所有变位事件均完整上送；

b) 断开装置与各模拟主站的通信，离线模拟产生若干次变位(装置最大允许缓存的变位数量+1)；在恢复各主站与被测装置的通信连接后，在各模拟主站处检查所有变位事件均完整上送。

学兔兔 www.bzfxw.com

18.5.4 并发任务工作能力

装置与最大允许数量的模拟主站建立通信，同时进行以下的模拟操作：

a) 装置所有的遥信发送变位；

b) 装置所有的遥测越限或越死区；

c) 模拟主站向装置发送遥控/遥调命令；

d) 装置主要保护发送动作；

e) 装置启动录波或报文记录，并向各模拟主站传输文件。

在各模拟主站检查所有遥信变位、保护动作事件是否完整，遥控、遥调指令得到执行，录波文件完整上送。

18.5.5 扰动通信的恢复能力

检查在以下工作状态下：

a) 修改定值；

b) 遥控/遥调；

c) 录波文件传输；

d) 开关变位；

e) 保护动作事件上送。

发生通信中断时，装置是否运行正常，不误修改定值、误动作，通信中断恢复后，是否能与模拟主站重新建立通信，响应模拟主站新的定值修改、遥控/遥调、录波文件召唤命令，重传未得到确认的各类事件。

19 装置功能试验

装置功能试验分为静态模拟试验和动态模拟试验。功能试验宜在性能试验后进行。

静态模拟试验按相关产品标准规定的试验方法，用继电保护试验设备对被试设备的功能进行试验。

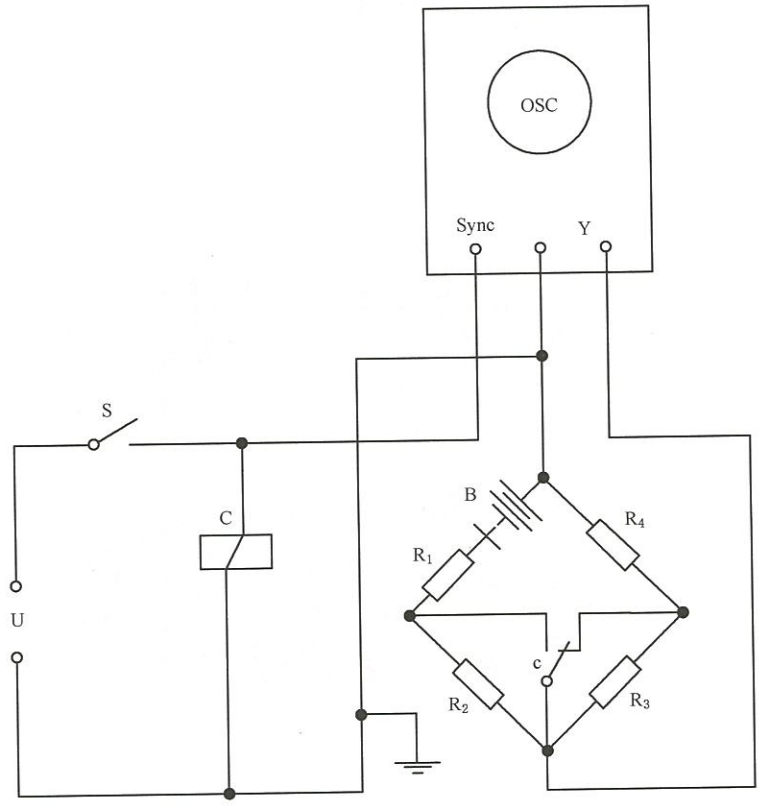
动态模拟试验按 GB/T 26864 及相关产品标准规定的试验方法，在电力系统动态模拟系统上进行，也可以在电力系统数字式实时仿真系统上进行。

学兔兔 www.bzfxw.com

附 录 A
（资料性附录）
测时电路

A.1 测量时间参数的典型电路

测量时间参数的典型电路见图 A.1。



说明：

C ——继电器线圈；
c ——继电器触点；
U ——激励电源；
S ——无回跳开关；
B ——电池；
R_1～R_4——电阻器；
OSC ——示波器；
Sync ——触发信号输入端；
Y ——垂直偏转输入端。

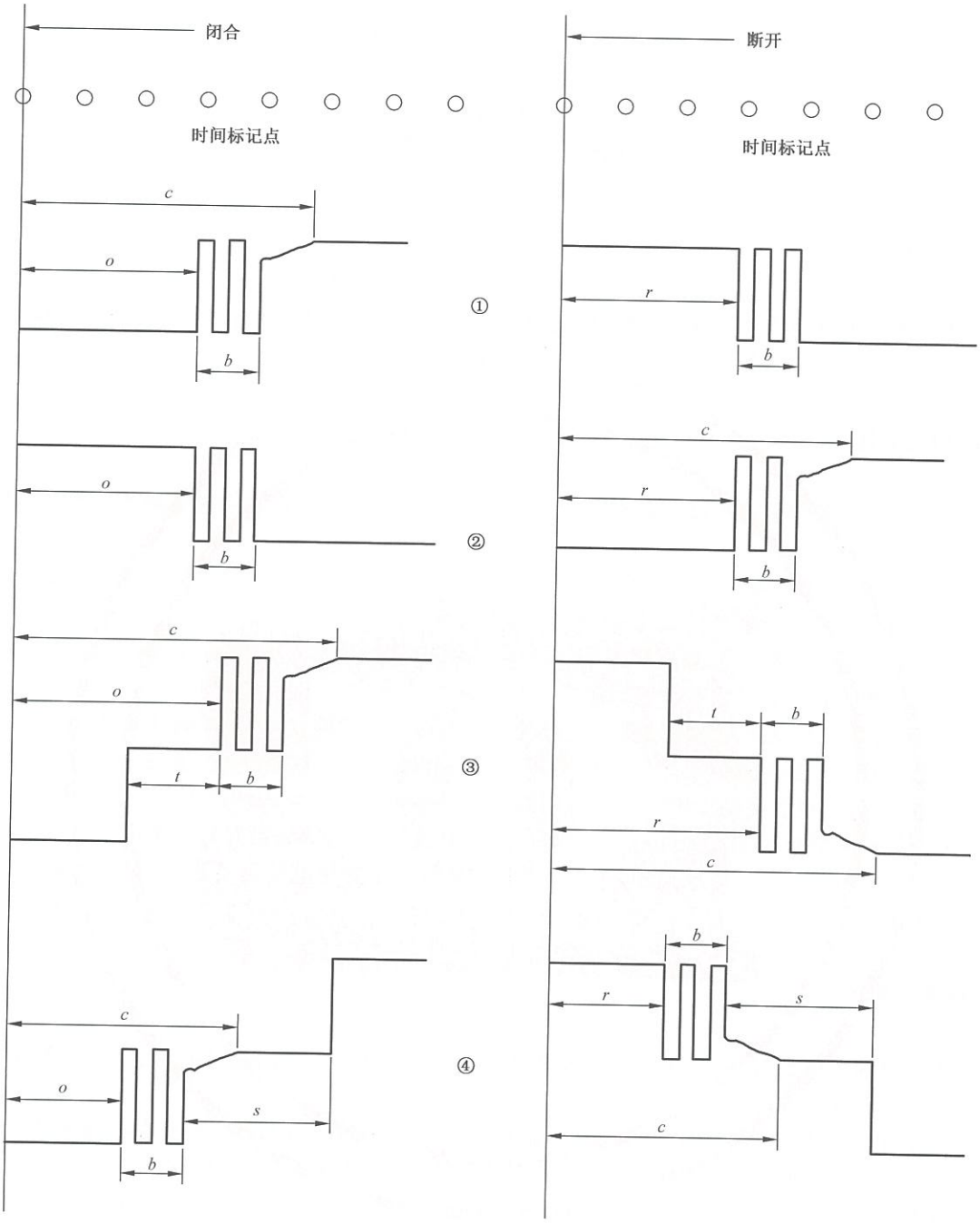
建议：$R_1=1$；$R_2=2$；$R_3=\frac{2}{3}$；$R_4=1$。

图 A.1 时间参数测试典型电路

A.2 时间参数的典型示波图

各种时间参数的典型示波图见图 A.2。

学兔兔 www.bzfxw.com



说明：

①——动合触点；

②——动断触点；

③——先断后合触点；

④——先合后断触点；

o ——动作时间；

r ——返回时间；

b ——回跳时间；

t ——转换时间；

s ——过渡时间；

c ——稳定闭合时间。

图 A.2　典型示波图

学兔兔 www.bzfxw.com

附 录 B
（资料性附录）
用热电偶测量温度的推荐方法

B.1 热电偶的选择

热电偶的测量范围很广，不同的材料组成的电偶可以测量不同的温度，对允许温升在100 K以内继电器和保护装置，可以采用铜-康铜热电偶。

B.2 热电偶的制造

继电器及装置试验用的热电偶丝以直径0.1 mm～0.3 mm为宜。为了使热电偶的特性好、测量误差小，宜注意如下问题：

a) 选材：热电偶的电极材料对其测温性能影响很大，不能任意选取普通漆包铜线和康铜线制作，应选用专为热电偶生产的偶丝；

b) 绝缘：在测温电路中，除热电偶测量端外，各个部分间均要有良好的绝缘，铜-康铜热电偶可采用浸漆加塑料套管或直接涂有机绝缘材料加以绝缘；

c) 制作：为减少热电偶测温电路受交变磁场感应电动势的影响，应将两根偶丝绞合；

d) 焊接：热电偶制作好后，用电弧焊或用锡焊将工作端焊在一起，测量温度高于160 ℃时，应采用电弧焊，测量温度低于160 ℃时可用锡焊。焊接时应先将焊头清理干净，并绞(1～2)圈，用电弧将焊头焊成球形。焊好后，应把焊头以外的偶丝分开，并有良好的绝缘；

e) 分度：分度误差在(0.5～0.5% t)℃的热电极材料制作的热电偶可不必重新分度，其中 t 为被测量温度。

B.3 热电偶的固定

固定热电偶的工作端时，应使其与被测发热体之间有良好的热传导性。固定的方法包括绑扎、粘接、胶粘、锡焊和钻孔埋入等：

a) 绑扎：用细线绑扎，将热电偶固定于测温表面。主要用于圆形物体的表面，如绝缘导线；

b) 粘接：用粘合剂将热电偶固定于测温表面。在粘接前，热电偶应先固定在位；

c) 胶粘：将热电偶工作端焊在厚0.1 mm～0.2 mm小铜片上，并把被试设备与小铜片清理干净，在小铜片上涂上一层薄薄的一层快干胶，压在被测点上，待其固化即可；

d) 锡焊：用锡将热电偶工作端焊在被测点上，焊头不易过大，表面应光滑以盖着热电偶工作端，免受气流影响为限；

e) 钻孔埋入：在被测设备上钻孔，将热电偶工作端固定在孔洞内。

为了减少因热电偶对外界的热传导产生的测量误差，应尽量将热电偶沿发热体表面敷设一段距离后再引出，避免直接引出。

B.4 测量仪器

由于热电偶的工作端的热电势很小，所以应选择灵敏的测量仪表，测量电路应基本上无损耗。例如选择电位差计、毫伏计、数字电压表等进行测量。不论选择哪种仪表，经校正后，误差不应超过±1 ℃。

学兔兔 www.bzfxw.com

附 录 C
（资料性附录）
型式试验导则

C.1 概要

在电磁兼容、机械及环境试验中，量度继电器和保护装置有许多不同类型的输入/输出端口，包括为保护功能提供测量值的电流、电压输入等。由于现代基于软件技术的保护设备的复杂性，其功能往往包含了大量的定值设置，因此要想在测试中涵盖所有的定值非常困难。

此资料性附录并不特指任何保护设备，而是为那些基本的保护功能提供一个总的测试原则。此原则适用于各种保护功能。包括本附录中没有提及的距离保护、差动保护或发电机保护。

C.2 试验导则

C.2.1 引言

本导则是为了向设计人员在产品设计阶段和/或型式试验阶段提供帮助。如果在下一级标准中有相应规定，应优先采用。

除电磁兼容、机械及环境试验外，此试验导则可以扩展至其他试验。

C.2.2 各输入模拟量的典型测试点

典型测试点是整定范围内的一个特定值(可能与其他典型测试点相关联)，通常用它来检验某一产品在其整个整定范围内能否正确动作。

对于每一个输入模拟量，应由制造商给出其整定范围内最灵敏的整定点。一般来说，根据不同的故障类型，整定范围内的最小值、放大器增益变化所对应的值都可能是最灵敏整定点。

这些灵敏点宜作为典型测试点。

C.2.3 投入的保护功能

对被试设备来说，每一路输入模拟量都至少用于两种保护功能：

a) 一个用于过电流或过电压保护；

b) 一个用于欠电流或欠电压保护。

制造商应选择相关的保护功能。

填写表 C.1 并记录在型式试验报告中。

表 C.1 试验中可能用到的保护功能示例

隔离的输入模拟量	过电流或过电压保护功能	欠电流或欠电压保护功能
电流	相电流过流保护	相电流欠流保护
零序电流	接地故障	—
电压	相电压过压保护	相电压欠压保护
零序电压	中性点电压偏移	—

学兔兔 www.bzfxw.com

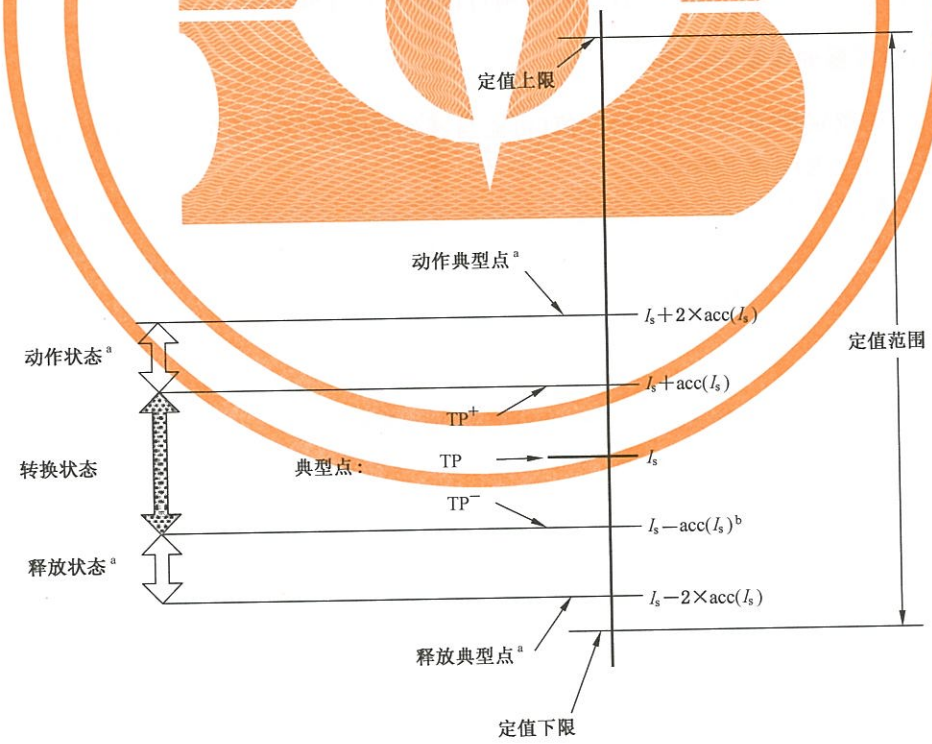
C.2.4 测试点

应使用典型测试点。对于每一个典型测试点的测试，都需要将输入激励量施加在相应的回路中。输入激励量应在动作值上/下两倍给定误差以内，详见表 C.2。如适用，辅助激励量应为额定值。

表 C.2 电磁兼容试验中的输入模拟量示例

状态	对于暂态性电磁现象：1 MHz 脉冲群、静电放电、快速瞬变脉冲群和浪涌	对于永久性电磁现象：射频场辐射骚扰和传导骚扰
释放状态（见图 C.1）	选择适当的输入模拟量使处于“TP 释放状态”； 然后进行电磁兼容试验，并检验在试验过程中设备不应发出动作信号[c]	选择适当的输入模拟量使处于“TP 释放状态”； 然后进行电磁兼容试验，并检验在试验过程中设备不应发出动作信号[c]
动作状态（见图 C.1）	调整输入模拟量使由“TP 释放状态”转换为“TP 动作状态”。此时设备应发出动作信号；[a,b,c] 然后进行电磁兼容试验，并检验在试验过程中动作信号应一直保持[a,b,d]	在试验所规定的每个频点上，调整输入模拟量使由“TP 释放状态”切换至“TP 动作状态”； 检验在试验过程中动作信号应一直保持[c]

[a] 对静电放电试验没有强制要求，见 GB/T 14598.26—2015。
[b] 对浪涌试验没有强制要求，见 GB/T 14598.26—2015。
[c] 此要求仅针对延时动作信号，不适用于瞬时动作信号。
[d] 某些设备可能含有闭锁逻辑，在电流激励量一直保持的情况下，达到设定的延时时间后会使动作信号复位。在这种情况下，应使测试周期短于闭锁延时时间。



说明：
[a] 此图仅对过电流或过电压保护有效。相反，对于欠电流或欠电压保护，则应将“动作”和“释放”调换。
[b] $acc(I_s)$=激励量为 I_s 时的允许准确度，例如 $acc(I_s)=5\%$ 在 $I_s=1$ A 时。在这种情况下：TP=1 A；$TP^+=1.05$ A；$TP^-=0.95$ A；TP 动作值=1.1 A；TP 释放值=0.9 A。

图 C.1 动作状态、转换状态、释放状态的定义

学兔兔 www.bzfxw.com

注：当被试元件的准确度低时，也宜考虑该元件的回差现象。

C.2.5 延时时间

被试设备的延时时间应整定为实际应用中所规定范围的最小值。

学兔兔 www.bzfxw.com

附 录 D
（资料性附录）
固有误差、运行误差和系统误差

D.1 概述

固有准确度、动作准确度及系统整体准确度之间的关系见图 D.1。

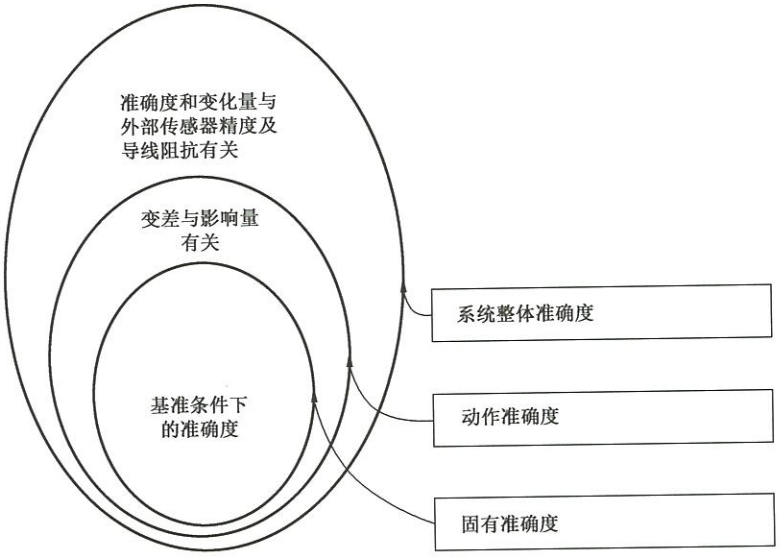


图 D.1 固有准确度、动作准确度和系统整体准确度的关系

D.2 固有准确度

固有准确度包括基准条件的检测设备的不确定度。

D.3 动作准确度

动作准确度包括固有准确度和由影响量引起的变差，宜声明每一个影响量单独引起的变差。应声明各影响量引起的变差。

D.4 系统整体准确度

系统整体准确度包括动作准确度和由传感器的采样准确度以及导线阻抗引起的变差。

D.5 示例

以一个保护设备的电流测量功能为例，测量电流范围从 0.1 I_n～20 I_n，I_n=100 A。

a) 初始测量应在基准条件下进行，例如温度为 20 ℃±5 ℃，相对湿度为 45%～75%，50(1±

学兔兔 www.bzfxw.com

0.2%)Hz[或 60(1±0.2%)Hz]的正弦波，没有电压不平衡及外部电磁干扰因素。假定在整个测量范围内(0.1 I_n～20 I_n)，在最坏的情况下，当给保护设备输入 1 000 A 电流时，保护设备的测量值为 998 A，则固有不确定度为 2 A，即固有准确度为 0.2%。随后的试验将在 I_n(100 A)下进行，假定在基准条件下测量电流为 99.8 A；

b) 第二项试验应在基准条件下进行(环境温度因素除外)，假定在整个温度范围内(如－25 ℃～＋70 ℃)，在最坏的情况下设备的测量值为 99.7 A，则由环境温度变化引起的变化(与 99.8 A 相比)为 0.1 A，即变差为 0.1%；

c) 第三项试验应在基准条件下进行(频率因素除外)，假定在整个频率范围内(如－5%～＋5%)，在最坏的情况下设备的测量值为 99.825 A，则由频率变化引起的变化(与 99.8A 相比)为 0.025 A，即变差为 0.025%；

d) 第四项试验应在基准条件下进行(谐波除外)，假定在整个谐波范围内(如 3 次谐波含量 10%，5 次谐波含量 12%，……)，在最坏的情况下设备的测量值为 99.805 A，则由频率变化引起的变化(与 99.8 A 相比)为 0.005 A，即变差为 0.005%。

式(D.1)、式(D.2) 用于计算动作准确度：

$$\text{动作准确度} = |\ \text{固有准确度}\ | + 1.15 \times \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (\text{各影响量变化引起的变差})^2} \quad \cdots\cdots (\text{D.1})$$

$$\text{动作准确度} = |\ 0.2\ | + 1.15 \times \sqrt{0.1^2 + 0.025^2 + 0.005^2} = 0.32\% \quad \cdots\cdots (\text{D.2})$$

式(D.3)、式(D.4)用于计算系统整体准确度(假定电流互感器为 0.5 级，导线为短线)：

$$\text{系统整体准确度} = 1.15 \times \sqrt{(\text{动作准确度})^2 + \sum_{i=1}^{N} (\text{传感器 / 导线精度})^2} \quad \cdots\cdots (\text{D.3})$$

$$\text{系统整体准确度} = 1.15 \times \sqrt{(0.32)^2 + (0.5)^2} = 0.68\% \quad \cdots\cdots (\text{D.4})$$

学兔兔 www.bzfxw.com

附 录 E
（资料性附录）
基于 IEC 61850 的数字化接口试验

E.1 概述

本部分试验是基于 IEC 61850 的数字化接口，其他数字化接口可参考本部分进行试验。
所用符号及缩略语参见 DL/Z 860.2、DL/T 860.10。

E.2 SCL 配置工具试验

E.2.1 装置配置工具试验

E.2.1.1 ICD 文件导出功能试验方法：

序号	测试项目	测试内容
1	导出文件语法检查	通过 IED 配置工具修改 IED 的配置，检查导出的 ICD 文件语法及内容
2	文件修改一致性检查	检查生成的 ICD 文件应与未经修改的 ICD 文件保持相同的通信和 services 能力
3	VALKIND 检查	检查生成的 ICD 文件包含正确的 valKind 值
4	虚端子地址及关联性检查	检查 IED 工程预配置的输入信号的内部地址在 ICD 的 Input 节出现。 如果支持 Input/ExtRef 属性，intAddr 应与 GOOSE、RCB、SMV 匹配显示
5	UTF-8 编码支持性检查	检查导出的 ICD 文件使用 UTF-8 编码，如果没有，应具有这个选项

E.2.1.2 CID 文件导入功能试验方法：

序号	测试项目	测试内容
1	模型检查	61850 模型检测：是否按照模型规范建模(LN、DO、DA 等)
2	属性检查	间隔层 IED 基本属性检测：如必须包含 LLN0 和 LPHD，间隔层 IED 的 type、manufacture 和 configVersion 属性不应为空
3	数据集检查	数据集检测：如检查 FCDA 引用的有效性——每个 FCDA 引用的数据结构必须存在
4	报告控制块检查	报告控制块检测：如检测通过报告控制块发送的数据集的有效性——报告控制块关联的数据集是否存在
5	实例化检查	实例化检测：如检测实例化 LN、DOI、SDI、DAI 引用的有效性——实例化的 LN、DOI、SDI、DAI 引用的数据模板必须存在
6	数据类型模板检查	数据类型模板检测：如检测数据模板的冗余结构——检测未被实例化的 LNodeType，未被引用的 DOType、DAType、EnumType

学兔兔 www.bzfxw.com

E.2.1.3 SCD 导入功能试验方法：

序号	测试项目	测试内容
1	SCD 文件解析能力检查	导入 SCD 文件到 IED 工具。能够选择特定名称的 IED 进行处理，识别 SCD 文件中以下实例配置内容： 1） 通信参数，如通信子网配置、网络 IP 地址、网关地址等； 2） IED 名称； 3） GOOSE 配置，如 GOOSE 控制块、GOOSE 数据集、GOOSE 通信地址等； 4） DOI 实例值配置； 5） 数据集和报告的实例配置
2	虚端子关联正确性检查	能完成来自其他 IED 的输入 Input 信号关联
3	CID 导出和下载能力检查	生成 IED 配置，能够检查并装载到 IED 上
4	SERVICES 服务一致性检查	检查 ICD 的能力 services 与实际 IED 一致
5	配置值及其约束检查	检查配置值正确装载，读写数据的 valKind 约束实际生效（如果有）
6	互操作能力检查	检查客户端能够正确通信，数据按照配置发送（如 GOOSE 和报告机制）

E.2.1.4 数据模型编辑功能试验方法：

序号	测试项目	测试内容
1	模型导出能力检查	导出 CID 文件，检查 CID 文件符合 SCL schema
2	模型修改生效检查	修改某个 LN 的前缀/实例号，重新配置 IED 并装载 IED。浏览数据模型并检查实际改变，检查 IED 的功能运行正常
3	LN 修改能力检查	如果具备修改 LN、增删 LN 功能，检查工具是否正确完成
4	数据模型与变量映射能力检查	检查数据模型与内部变量之间的映射，通过短地址或其他方式是否正确

E.2.2 系统配置工具试验

E.2.2.1 ICD 导入功能试验方法：

序号	测试项目	测试内容
1	版本检查	检查工具测试内容书的版本号与工具一致
2	导入功能检查	导入 ICD 文件（至少支持 UTF-8 格式）
3	预定义数据集、控制块导入能力检查	检查 ICD 文件中预定义的数据集和控制块能够导入，在工具界面或导出的 SCD 文件可见
4	关联信息导入能力检查	导入带有一次设备与 LN 连接的 ICD 文件。实例化间隔模板和 IED 模板。检查间隔和 IED 的关联能被导入
5	重复导入相同 ICD 检查	导入相同的 ICD 两次，确保第二个 ICD 被实例化为另一个 IED。保证已经存在的 Data type template 重新使用，不重复
6	私有信息导入能力检查	导入带有私有 XML 元素的 ICD 文件。检查导出的 SCD 文件这些元素仍然存在
7	重复导入不同 CID 检查	导出 SCD 文件。检查经过装置配置工具修改的 CID 文件重新导入后，工具能记录或显示这些变化，如配置值、定值、增加 LN 实例、删除 LN 实例或 DO

学兔兔 www.bzfxw.com

E.2.2.2 通信配置功能试验方法：

序号	测试项目	测试内容
1	ICD 导入功能检查	导入 ICD 文件，能够给 IED 实例命名
2	通信网络配置功能检查	创建 MMS、GOOSE 和 SV 子网，为 IED 分配 IP 地址
3	客户端 IED 的添加功能检查	导入客户端 IED 的 ICD 文件，分配子网的 IP 地址
4	时钟 IED 的添加功能检查	导入时钟主钟的 ICD 文件，分配子网的 IP 地址
5	物理连接的配置能力检查	配置各类 IED 的物理连接 PhysConn，导出 SCD 文件，检查该参数(可选)
6	修改记录功能检查	导出 SCD 文件，检查以上修改都存在于文件中，检查是否包含新的修订记录

E.2.2.3 配置 SSD 文件导入功能试验方法：

序号	测试项目	测试内容
1	SSD 的导入和显示功能检查	导入 SSD 文件，检查变电站接线图是否正确 或导入 SCD 文件，检查所有 IED 显示正确
2	一次间隔添加功能检查	编辑或增加一个新的间隔，应正确导出 SCD 文件
3	一二次关联功能检查	为 Substation 节的一次设备分配 LN 实例，如 CSWI 给断路器，PTOC 或 MMXU 给一个间隔，检查导出的 SCD 文件 LN 连接关系正确
4	带一二次关联的 IED 添加功能检查	导入一个间隔的模板或者一个带间隔模板的 IED，实例化该间隔或 IED(LN 连接应保持)，导出 SCD 中应包含新的间隔，该间隔的所有 LN 连接应连接到新的 IED
5	一次设备拓扑编辑功能检查	连接导入的间隔到存在的母线上，导出 SCD 文件，确认新的间隔已经连上母线
6	一次设备描述编辑功能检查	修改一个导入间隔的名称和描述，导出 SCD 文件应包含新的名称和描述
7	添加一次接线端功能检查	如果 terminal 不存在，编辑 terminal 连接到一次设备。改变 terminal 名称，导出 SCD 文件，确认 terminal 名称改变
8	修改记录功能检查	导出 SCD 文件，检查每次更改都有修订记录

E.2.2.4 SCD 修改功能试验方法：

序号	测试项目	测试内容
1	SCD 文件编辑功能检查	导入 SCD 文件，更改 SCD 中部分的变电站、通信参数，手工或自动输入修订记录，检查导出的 SCD 文件具有正确的修订记录
2	数据属性配置功能检查	修改 SCD 文件中一个以上的 CF 属性中 ValKind = Set 的对象，导出 SCD，检查修改的值是否正确
3	定值修改功能检查	设置 SP 约束的定值，以及不同定值组的 SG 参数，检查导出 SCD 的值是否正确
4	一次接线图编辑功能检查	移动 SCD 中变电站的一个对象，检查导出的 SCL 语法正确
5	IED 服务能力显示功能检查	导入两个支持不同服务的 ICD 文件，检查显示的 IED 支持的 service 服务是否与导入的 ICD 相符
6	数据读写属性修改功能检查	将 valKind=Set 的数据属性，改为 RO，导出 SCD，检查其属性变为 RO

学兔兔 www.bzfxw.com

E.2.2.5 SCD 导出功能试验方法：

序号	测试项目	测试内容
1	SCD 编码格式检查	导出 SCD 文件应以 UTF-8 编码
2	ICD 私有信息保留检查	检查从 ICD 导入的所有私有信息在导出 SCD 的时候，仍然保留且位置正确
3	同类 ICD 数据模板的合并功能检查	导入两个 ICD，检查在 SCD 文件中能够对相同数据结构、不同名称的 DataTypeTemplate 进行合并
4	同名 ICD 数据模板的区分能力检查	导入两个 ICD，检查相同名称、不同数据结构和内容的 DataTypeTemplate，能够进行重命名（建议具有添加前缀、后缀的功能）
5	其他非 UTF-8 格式 SCD 文件导出能力检查	导出非 UTF-8 格式的 SCD 文件，再次导回并转换为 UTF-8 格式，检查内容没有变化

E.2.2.6 SCD 导入功能试验方法：

序号	测试项目	测试内容
1	SCD 再次导入显示功能检查	导入 SCD 文件，检查变电站、通信和 IED 各部分显示正确
2	一二次模型关联关系的显示功能检查	验证一次变电站模型和 LN 关联关系发生变化（如增加 LN 到一次设备）的 SCD 导入时显示正确
3	数据属性值变化的显示功能检查	验证属性值（定值、参数）变化的 SCD 文件导入时显示正确，能更新
4	IED 模型变化的显示功能检查	验证增加了新 IED 的 SCD 在导入时显示正确，能更新
5	SCD 再次导出的正确性检查	检查导入的 SCD 文件在经过编辑后，导出的 SCD 依然正确，模型和数据更新，且原有体系保留

E.2.2.7 SCD 文件验证功能试验方法：

序号	测试项目	测试内容
1	全站 IP 地址冲突检测	间隔层 IED 的 IP 地址进行检查，防止 IP 地址冲突和配置了不规范的 IP 地址
2	GOOSE 数据有效性检测	GOOSE 引用的有效性进行检查
3	全站 APPID 冲突检测	通信配置的 APPID 全站唯一性进行检查，防止冲突
4	GOOSE GoID 冲突检测	间隔层 IED 配置的 GSEControl appID 全站唯一性进行检查，防止冲突
5	模型实例化正确性检测	LN 实例模型进行检查：实例化 LN、DOI、SDI、DAI 引用的数据模板必须存在
6	数据集引用的有效性检查	Dataset 数据引用有效性进行检查
7	GOOSE 虚端子有效性检查	GOOSE 虚端子连线检查
8	SV 虚端子有效性检查	SV 虚端子连线检查
9	ICD 格式导入检测	61850 模型检测：是否按照模型规范建模（LN、DO、DA 等）
10		间隔层 IED 基本属性检测：如必须包含 LLN0 和 LPHD，间隔层 IED 的 type、manufacture 和 configVersion 属性不应为空

学兔兔 www.bzfxw.com

表（续）

序号	测试项目	测试内容
11	ICD 格式导入检测	数据集检测：如检查 FCDA 引用的有效性——每个 FCDA 引用的数据结构必须存在
12		报告控制块检测：如检测通过报告控制块发送的数据集的有效性——报告控制块关联的数据集是否存在
13		实例化检测：如检测实例化 LN、DOI、SDI、DAI 引用的有效性——实例化的 LN、DOI、SDI、DAI 引用的数据模板必须存在
14		数据类型模板检测：如检测数据模板的冗余结构——检测未被实例化的 LNodeType，未被引用的 DOType、DAType、EnumType

E.3 SV 采样值接收试验

E.3.1 采样值接收容量试验方法

采样值接收容量试验方法如下：

a) 在同步传输方式下，使用数字化继保测试仪模拟被试设备最大接收容量的 MU 数量且 SV 通道总数也为最大接收容量，接入装置；

b) 在异步传输方式下，使用数字化继保测试仪模拟被试设备最大接收容量的 MU 数量且 SV 通道总数也为最大接收容量，接入装置；

c) 分别在 a)和 b)条件下，所有接收的采样值按 10％额定值步长进行变化，变化若干次（参考相关产品技术要求），检查被试设备对采样值的解析正确性。

E.3.2 采样值传输模式试验方法

输入被试设备以点对点方式运行的 SV 采样值报文：

a) 模拟最大采样值接收容量的 MU 以异步方式运行，以点对点方式接入到装置中，检测被试设备采集的不同 MU 之间的相位关系；

b) 模拟被试设备接收不同采样延时的多路采样值数据（异步方式），检测被试设备采集的不同 MU 之间的相位关系。

输入被试设备以组网方式运行的 SV 采样值报文：

a) 模拟最大采样值接收容量的 MU 以同步方式运行，分 3 组经过不同交换机的端口接入到装置中，检测被试设备采集的不同 MU 之间的相位关系；

b) 模拟最大采样值接收容量的 MU 以同步方式运行，模拟其中一台 MU 失去时钟信号后失步，检测被试设备采集的不同 MU 之间的相位关系。

E.3.3 采样同步精度试验方法

将数字化继电保护测试仪发送的一路符合 IEC 61850-9-2 格式的采样值数据扩展为 2 路或多路（或数字化继电保护测试仪直接输出两组或多组相位同步的采样值信号）分别接入被试设备的不同采样值输入接口，在被试设备处比对两组采样值各通道的相位差，即为采样同步精度。采样同步精度测试系统如图 E.1 所示。

学兔兔 www.bzfxw.com

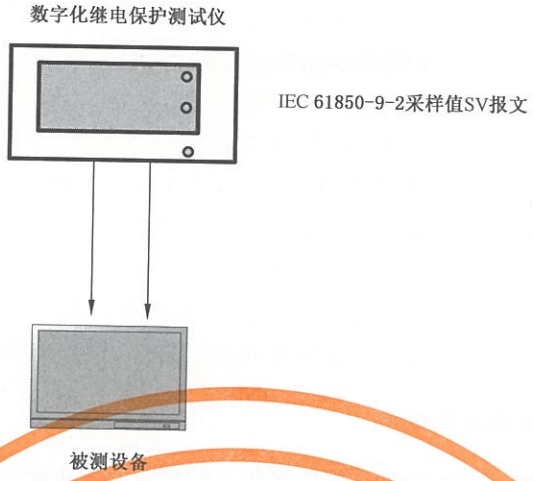


图 E.1 采样同步精度测试系统

E.3.4 采样值异常的影响试验方法

E.3.4.1 采样值传输异常的影响试验

采样值传输异常的影响试验如下：

a) 在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，分别依次模拟采样值丢失1点至6点(具体上限可参考相关产品技术要求)，检查被试设备是否拒动或误动，未动作或告警时的采样值丢点个数为采样值接收有效的临界值；

b) 在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，分别模拟组网采样值在采样计数零序号和其他序号错序，检查被试设备是否拒动或误动；

c) 在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，模拟发送点对点采样值报文的频率抖动(抖动范围超过产品标准或技术条件的规定值)，检查被试设备是否拒动或误动；

d) 在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，模拟发送采样值报文中断3 ms以上，然后施加样值数字量满足被试设备特性量动作或告警，检查被试设备是否拒动或误动；

e) 在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，连续模拟采样值的采样计数重复持续一段时间(具体时间可参考相关产品技术要求)，检查被试设备是否拒动或误动；

f) 在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，连续模拟采样值的CRC错误持续一段时间(具体时间可参考相关产品技术要求)，检查被试设备是否拒动或误动。

E.3.4.2 采样值报文异常的影响试验

在施加数字激励量满足被试设备特性量动作或告警的情况下，分别模拟发送采样值与产品配置的采样值订阅报文格式不一致(APPID，组播地址、svID、dataSet、confRev、数据对象数目等不同)，检查被试设备是否动作或告警。

E.3.4.3 采样值数据异常的影响试验

采样值数据异常的影响试验如下：

学兔兔 www.bzfxw.com

a) 模拟双 A/D 采样值的一路 A/D 连续发送异常采样数据(采样值品质位有效),包括电流采样值连续、不连续畸变放大,电压采样值连续、不连续畸变缩小等,异常数据值达到被试设备保护元件的动作门槛或告警定值,另一路 A/D 采样数据正常,检查被试设备的动作或告警情况;

b) 在施加数字激励量满足被试设备特性量动作或告警的情况下,分别模拟发送采样值额定延时 DelayTRtg 字段大于 2 ms 或发生变化时,检查被试设备的动作或告警情况;

c) 在施加数字激励量满足被试设备特性量动作或告警的情况下,分别模拟发送采样值失步和失步再同步过程,检查被试设备的动作或告警情况;

d) 模拟不少于 2 路 SV 采样值向被试设备发送,模拟其中一路 SV 采样值失步(其他保持同步),施加数字激励量满足被试设备特性量动作或告警条件,检查产品的动作或告警情况。

E.3.4.4 采样值数据品质异常的影响试验

模拟发送 SV 采样值出现品质位置无效和检修状态的情况,施加激励量,测试被试设备特性量动作或告警功能。SV 采样值恢复正常后,检查装置功能是否恢复正常。

模拟发送 GOOSE 采样值(直流量)出现品质位置无效和检修状态的情况,施加激励量,测试被试设备特性量动作或告警功能。GOOSE 采样值恢复正常后,检查装置功能是否恢复正常。

E.4 GOOSE 开关量输入试验

E.4.1 GOOSE 开入接收容量试验方法

按照产品支持的最大 GOOSE 配置路数向产品发送 GOOSE 信号,其中 100%的 GOOSE 信号进行状态变化,检查产品对 GOOSE 状态解析的正确性。

E.4.2 GOOSE 开入异常的影响试验方法

E.4.2.1 GOOSE 传输异常的影响试验

GOOSE 传输异常的影响试验如下:

a) 模拟施加 CRC 校验错误的 GOOSE 开入变位报文,检查被试设备是否屏蔽该变位;

b) 模拟施加报文重复、错序、超时的 GOOSE 开入变位报文,检查被试设备是否正常变位;

c) 模拟施加 GOOSE 中断,在 GOOSE 中断恢复后第一帧发送变位 GOOSE,检查被试设备是否正常变位;

d) 在 GOOSE 通信正常的情况下,模拟发送初始化 GOOSE(stNum 和 sqNum 均为 1)且其中包含开入变位状态,检查被试设备是否正常变位。

E.4.2.2 GOOSE 报文异常的影响试验

模拟施加参数异常的 GOOSE 变位报文(APPID、组播地址、GoID、GoCBref、dataSet、confRev、数据对象数目和数据类型等参数不同),检查被试设备是否变位。

E.4.2.3 GOOSE 数据异常的影响试验

GOOSE 数据异常的影响试验如下:

a) 模拟异常 GOOSE 变位报文——GOOSE 虚变(StNum 改变,但无变位)和异常跳变(StNum 未改变但实际有变位),检查被试设备实际显示的开入状态;

b) 模拟施加 GOOSE 双点开关无效位置(00 或 11),检查被试设备显示的开入状态。

学兔兔 www.bzfxw.com

E.4.2.4 GOOSE 数据品质异常的影响试验

GOOSE 数据品质异常的影响试验如下：

a) 模拟 GOOSE 报文检修标志 test 置为 true 的变位报文，检查被试设备显示的开入状态；

b) 模拟 GOOSE 数据中无效、检修等品质置位的变位报文，检查被试设备显示的开入状态。

E.5 GOOSE 开关量输出试验

E.5.1 GOOSE 出口动作延时试验方法

模拟激励量变化至产品设定的动作值的瞬间开始计时，到产品发送正确的 GOOSE 变位信号为止，作为 GOOSE 出口动作延时。

E.5.2 GOOSE 开出响应时间性能试验

模拟开入量变位(其中消抖时间宜不大于 5 ms)，从开入变位时刻开始计时，到被试设备发送正确的 GOOSE 变位信号为止，作为 GOOSE 开出响应时间。

E.5.3 GOOSE 开入响应时间性能试验

模拟 GOOSE 开入量变位，从 GOOSE 开入变位时刻开始计时，到被试设备发送正确的变位信号(MMS)为止，作为 GOOSE 开入响应时间。

E.5.4 GOOSE 事件时间精度试验方法

利用给保护装置同步的时间源的秒脉冲作为保护装置的开关变位信号，检查装置变位 GOOSE 报文中时标的精度。GOOSE 事件时间精度测试系统示例如图 E.2 所示。



图 E.2 GOOSE 事件时间精度测试系统示例

E.6 网络压力试验

E.6.1 非订阅报文过程层网络压力试验方法

E.6.1.1 测试要求

被试设备不应受非订阅报文网络风暴影响，装置运行正常，不误动、不误发报文，不应出现死机、重启等异常现象，装置面板不应有异常告警；激励量满足动作整定值时，应可靠动作；不满足整定值时，应可靠不动作。被试设备应能正确接收点对点口及组网口其他订阅 GOOSE 控制块报文的状态变位或联闭锁信号并正确动作。

E.6.1.2 测试方法

在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对组网口施加非订阅 GOOSE、SV、ARP 等类型的

学兔兔 www.bzfxw.com

报文，注入流量 100 Mbit/s(实测基础流量)，网络压力持续时间不小于 2 min。网络压力持续过程中，模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障，查看被试设备动作情况。

E.6.2 订阅报文过程层网络压力试验方法

E.6.2.1 测试要求

被试设备不应受非订阅报文网络风暴影响，装置运行正常，不误动、不误发报文，不应出现死机、重启等异常现象，装置面板不应有异常告警；激励量满足动作整定值时，应可靠动作；不满足整定值时，应可靠不动作。被试设备应能正确接收点对点口及组网口其他订阅 GOOSE 控制块报文的状态变位或联闭锁信号并正确动作。

E.6.2.2 测试方法

测试方法如下：

a) 在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备单端口、双组网口、单组网口及单点对点口施加单个或多个订阅 GOOSE 报文(StNum 不变，SqNum 不变)，注入流量为 1 Mbit/s～100 Mbit/s(实测基础流量)，网络压力持续时间可参考相关产品技术要求。网络压力持续过程中，模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障，查看被试设备动作情况；

b) 在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备点对点口施加单个订阅 SV 报文(SmpCnt 不变，报文内容不变)，注入流量为 1 Mbit/s～100 Mbit/s(实测基础流量)，网络压力持续时间可参考相关产品技术要求。网络压力持续过程中，模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障，查看被试设备动作情况；

c) 在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备单端口、双组网口、单组网口及单点对点口施加单个订阅 GOOSE 报文(StNum 不变，SqNum 递增，每控制块 GOOSE 变化报文 0.833 ms 发送 1 帧)，网络压力持续时间可参考相关产品技术要求。网络压力持续过程中，模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障，查看被试设备动作情况；

d) 在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备单端口、双组网口、单组网口及单点对点口施加单个订阅 GOOSE 报文(StNum 递增，SqNum 为 0，每控制块 GOOSE 变化报文 0.833 ms 发送 1 帧)，网络压力持续时间可参考相关产品技术要求。网络压力持续过程中，模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障，查看被试设备动作情况；

e) 在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备单端口、双组网口、单组网口及单点对点口同时施加多个订阅 GOOSE 报文(StNum 不变，SqNum 递增，每控制块 GOOSE 变化报文 1 s 发送 1 帧，连续发送 10 次)。网络压力持续过程中，模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障，查看被试设备动作情况。

E.6.3 订阅报文过程层网络压力极限试验方法

E.6.3.1 测试要求

被试设备在订阅报文网络压力测试条件下应运行正常，不误动、不误发报文，不应出现死机、重启等异常现象。网络压力消失后装置正常运行，激励量满足动作整定值时，应可靠动作；不满足整定值时，应可靠不动作，被试设备应能正确接收点对点口及组网口其他订阅 GOOSE 控制块报文的状态变位或联闭锁信号并正确动作。

学兔兔 www.bzfxw.com

E.6.3.2 测试方法

在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备单端口、双组网口、单组网口及单点对点口施加单个订阅 GOOSE 报文(StNum 不变,SqNum 递增),注入流量为 100 Mbit/s(实测基础流量),网络压力持续时间可参考相关产品技术要求。网络压力消失后,模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障,查看被试设备动作情况。

在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备单端口、双组网口、单组网口及单点对点口施加单个订阅 GOOSE 报文(StNum 递增,SqNum 为 0),注入流量为 100 Mbit/s(实测基础流量),网络压力持续时间可参考相关产品技术要求。网络压力消失后,模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障,查看被试设备动作情况。

E.6.4 站控层网络压力试验方法

E.6.4.1 测试要求

被试设备不应受站控层广播报文网络风暴影响,装置运行正常,不误动、不误发报文,不应出现死机、重启等异常现象;装置面板不应有异常告警;激励量满足动作整定值时,应可靠动作;不满足整定值时,应可靠不动作。被试设备应能正确接收点对点口及组网口订阅 GOOSE 控制块报文的状态变位或联闭锁信号并正确动作。

E.6.4.2 测试方法

去除站控层交换机广播风暴抑制,在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪向交换机端口注入广播报文(ARP、UDP、TCP),注入流量为 1 Mbit/s～100 Mbit/s(实测基础流量)。将被试设备的站控层网络接口接入交换机,网络压力持续过程中,模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障,查看被试设备动作情况。

学兔兔 www.bzfxw.com

附 录 F
（资料性附录）
地震试验选择原则

已经存在很多试验方法来验证被试设备能够承受各种振动应力而不误动作。这些试验方法从简单的连续正弦波到复杂的、专业的时间历程方法。每一种方法都特别适用于特定的要求和环境，或者代表一种特定的振动环境。

本标准提供了两种可选的试验方法，试图在试验室复现实际可能遇到的振动影响，而不是完全复现实际的环境。

单轴正弦扫频试验容易实现，但是与实际地板地震波相比其仿真性较差。

为此，当被试设备的不同轴向之间有显著的耦合时，可采用双轴多频随机试验。

试验参数是基于以下考虑选取的：在强烈地震条件下，地板上水平方向上的加速度值一般不超过0.5 g_n，建筑物内的支撑结构（例如继电器柜）的超高系数一般介于2～3之间。

实际上，不同的应用，阻尼参数可能不同。当被试设备的临界阻尼未知或介于2%～10%之间时，一般推荐取5%。

如果有书面的试验数据，并经制造商和用户之间认可，可以选择大于5%的阻尼系数。

对于本标准给出的参数，同时规定了合适的公差，以便于采用不同的试验设备进行试验时能得到相似的结果。

对参数的标准化也使得装置能够根据其承受本标准给出的振动严酷等级进行归类。

最后强调一下，所有振动试验，特别是地震试验，总是需要某种程度上的工程评价，制造商和用户都应该意识到这一点。

学兔兔 www.bzfxw.com

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
继电保护和安全自动装置基本试验方法
GB/T 7261—2016
*
中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销
*
开本 880×1230 1/16 印张 5.5 字数 154 千字
2016年4月第一版 2016年4月第一次印刷
*
书号:155066·1-54517 定价 72.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

GB/T 7261-2016