

ICS 29.240

CCS K45

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 624—2023

代替DL/T 624—2010

继电保护微机型试验装置技术条件

Technical specifications of test equipment based on micro-computer for
protection equipment

2023-05-26 发布

2023-11-26 实施

国家能源局 发布

目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义、缩略语.....	1
4 技术要求.....	3
5 试验要求.....	13
6 检验规则.....	18
7 标志、标签和随行文件.....	22
8 包装、运输和贮存.....	23
附录A（资料性） 检验方法.....	24
参考文献.....	41

前 言

本文件按照GB/T1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替DL/T624—2010《继电保护微机型试验装置技术条件》，与DL/T 624—2010相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了数字式接口继电保护试验装置的技术要求(见4.4.3)；
- b) 考虑现场校验移动化和轻量化的需求，在满足技术指标的基础上，调整 $I_n=1A$ 继电保护试验装置的最大输出电流不小于10A，统一试验装置输出能力要求，以及其他相关技术指标(见4.4.1)；
- c) 增加了对试验装置自动测试功能和接口的需求(见5.2.18)；
- d) 优化了部分校验项目和校验方法(见附录A)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业继电保护标准化技术委员会(DL/TC 15)归口。

本文件起草单位：国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国家电力调度控制中心、中国电力科学研究院有限公司、国网江苏省电力有限公司、国网山东省电力公司电力科学研究院、南方电网电力调度控制中心、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、南京南瑞继保电气有限公司、北京四方继保自动化股份有限公司、国网电力科学研究院有限公司、许昌开普检测研究院股份有限公司、北京博电新力电气股份有限公司、广东昂立电气自动化有限公司、武汉中元华电电力设备有限公司、南京国电南自电网自动化有限公司。

本文件主要起草人：宋亮亮、袁宇波、刘丹、艾淑云、高磊、崔玉、王宏、杨毅、刘千宽、吴忠明、凌刚、卢孟杰、何强、周琦、王煜、侯明义、王惠平、郭云卿、李未科、陈罗飞、毕玥、陈实。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1997年首次发布为DL/T 624—1997, 2010年第一次修订；
- 本次为第二次修订。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心(北京市白广路二条一号, 100761)。

引 言

本文件自2010年修订实施以来，已过去十多年时间，在执行过程中为继电保护生产验收、日常校验等工作提供有效手段，保障了电网第一道防线的安全运行。期间，继电保护装置技术经历了数字化、九统一、自主可控等重要的发展阶段，同时继电保护装置的实验室检测和现场校验出现新的需求，原文件中部分技术指标和试验方法已不再适用，故再次启动本文件修订。

本文件适用于各类型继电保护装置的实验室检测和现场校验工作，适用于不同接口形式和协议的继电保护装置测试需求。

继电保护微机型试验装置技术条件

1 范围

本文件规定了继电保护微机型试验装置的技术要求，试验要求，检验规则，标志、标签和随行文件，包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于各类电气继电器、继电保护和安全自动装置的微机型试验装置。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 4208 外壳防护等级 (IP 代码)

GB/T 11287 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 14285 继电保护和安全自动装置技术规程

GB/T 14537 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验

GB/T 14598.24 量度继电器和保护装置 第24部分：电力系统暂态数据交换 (COMTRADE) 通用格式

GB/T 14598.27 量度继电器和保护装置 第27部分：产品安全要求

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.18 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验

GB/T 20840.8 互感器 第8部分：电子式电流互感器

DL/T 478 继电保护和安全自动装置通用技术条件

DL/T 667—1999 远动设备及系统 第5部分：传输规约 第103篇 继电保护设备信息接口配套标准

DL/T 823 反时限电流保护功能技术规范

DL/T 860(所有部分) 电力自动化通信网络和系统

DL/T 860.92 电力自动化通信网络和系统 第9-2部分：特定通信服务映射(SCSM)- 基于ISO/IEC 8802-3的采样值

DL/T 1501—2016 数字化继电保护试验装置技术条件

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

继电保护微机型试验装置 test equipment based on micro-computer for protection equipment

具有模拟量或数字量交直流电源输出及相应逻辑控制功能，用于继电保护和安全自动装置功能性能检测的微机型试验装置。

3.1.2

基准条件 reference operating conditions

规定有公差的基准值和基准范围的一组影响量的集合，在此条件下确定试验装置的基本误差。

3.1.3

准确度 accuracy

输出量约定真值偏离试验装置设定输出值的程度。约定真值是指真实值的近似值，使用该近似值时，它与真实值之间的差别可忽略不计。

3.1.4

基本误差 intrinsic error

基准条件(3.1.2)下，测量试验装置输出量的误差。

3.1.5

绝对误差 absolute error

标准示值和比对值的代数差，即测量仪器给出的测量值和约定真值之差。

3.1.6

相对误差 relative error

试验装置的绝对误差(3.1.5)与约定真值之比。

3.1.7

误差极限 limits of error

对工作在规定条件下的试验装置输出量所规定的误差极值，由基本误差(3.1.4)的极限误差和改变量的极限误差两部分组成。

3.1.8

分辨率 resolution

测量仪器能测量的最小的变化量。

3.1.9

总谐波畸变率 total harmonic distortion

周期性交流量中谐波含量的方均根值与其基波分量的方均根值之比，用百分数表示。

3.1.10

纹波因数 ripple factor

直流输出量的峰值与谷值之差的一半与直流分量的绝对值之比。

3.1.11

合闸相位角 closing phase angle

施加于被试电气继电器、继电保护和安全自动装置的交流激励量(电压或电流)在合闸瞬间的相位角(简称合闸角)。

3.1.12

自动测试 automatic test

试验装置按预先设定好的测试程序连续自动完成对被试电气继电器、继电保护和安全自动装置的各种特性和整定值测试的方式。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

A/D: 模数转换(analog-to-digital conversion)

GOOSE: 面向通用对象的变电站事件 (generic object oriented substation event)

GPS: 全球定位系统 (global positioning system)

MU: 测量单元 (measurement unit)

PPS: 秒脉冲 (pulse per second)

SV: 采样数据 (sample value)

4 技术要求

4.1 总体要求

4.1.1 试验装置应满足DL/T 478、GB/T 14285规定的继电保护和安全自动装置的电气参数、装置功能、接口性能测试。

4.1.2 根据电力系统电流互感器二次侧额定电流值 K 的不同,可分为二次额定电流 $I_n=1A$ 和 $I=5A$ 两种类型的试验装置。

4.1.3 试验装置在满足本文件规定的功能和性能的前提下,宜尽量集成化和轻便化,提高现场使用的便捷性。

4.1.4 试验装置的模拟量、数字量接口功能和性能均应满足本文件对应的要求。

4.2 工作条件

4.2.1 基准条件

基准条件下确定试验装置的基本误差,用于产品的验收检验、型式检验及仲裁检验时的试验条件。试验装置的基准条件见表1。

表1试验装置的基准条件

影响量	基准条件	允许偏差
环境温度	20℃	±5℃
相对湿度	45%~75%	—
大气压力	86 kPa~106kPa	—
工作电源电压	额定值	±2%
工作电源频率	50 Hz	±0.1 Hz
工作电源波形	正弦波	总谐波失真系数不大于2%
直流电源电压	额定值	±2%
直流电源电压纹波因数	0	≤2%
外磁场感应强度	0	0.5 mT
振动、冲击	0	强度不超过1级
*当试验装置采用直流电源供电方式时的条件。		

4.2.2 额定工作条件

额定工作条件见表2。

表2额定工作条件

影响量	标称范围极限值		额定工作条件
	标称值	允许偏差	
环境温度	-5℃~45℃	—	-5℃~45℃
相对湿度	≤90%	—	≤90%
大气压力	80 kPa~110 kPa	—	80 kPa~110 kPa
交流电源电压	额定值	-20%~15%	176V~253V
交流电源频率	50 Hz	±2.5 Hz	48 Hz~51Hz
交流电源波形	正弦波	总谐波畸变率不大于5%	正弦波，允许总谐波畸变率不大于5%
直流电源电压	额定值	-20%~15%	—
直流电源电压纹波因数	≤5%	—	—
外磁场感应强度	不大于0.5mT	—	—
振动、冲击	强度不大于1级	—	—
当试验装置采用直流电源供电方式时的条件。			

4.3 通用要求

- 4.3.1 对于含模拟量输出的试验装置，应配备至少四相交流电压源（其中一相交流电压源用于模拟零序电压和检验同期装置）和三相交流电流源。
- 4.3.2 试验装置的每相电压源、电流源应为独立的回路，且其幅值、相位和频率应能连续可调。
- 4.3.3 试验装置的输入电源与输出电压、电流、直流、开关量输入、开关量输出均应在电气上完全隔离。
- 4.3.4 试验装置本体应具备专用的接地端子，宜具备装置未接地报警功能。
- 4.3.5 试验装置应能检验电流、电压、频率、差动、阻抗、方向、中间、时间等继电器和保护装置，合并单元、智能终端、采集执行单元等辅助设备，以及同期继电器、同期装置、备用电源自动投入装置、低频和低压减载装置、振荡解列装置、安全自动装置的电气特性。
- 4.3.6 试验装置的模拟量电压源输出端短路或电流源输出端开路时，不应应对试验装置自身和被试电气继电器、继电保护和安全自动装置造成危害。
- 4.3.7 在开关机过程中，试验装置的交、直流电流、电压输出不应产生冲击输出。
- 4.3.8 试验装置上电后，未输出和已输出状态均应有明显指示。
- 4.3.9 在使用过程中，试验装置如果发生过热、过电流、短路、开路等异常现象，则应立即自动停止输出并报警。
- 4.3.10 试验装置应采取必要的防静电及防辐射、防电磁场干扰的防护措施，试验装置自身外泄的电磁辐射不应影响被测设备的正常运行。
- 4.3.11 试验装置所给出的条件及有关参数的设置应定义明确，并与输出报告的内容一致。
- 4.3.12 为适应各类电气继电器、继电保护和安全自动装置的测试与整定，除另有规定外，试验装置应具备以下接口：

a) 开关量输出接口：

- 1) 除另有规定外，在电气上相互隔离的开关量输出接口不应少于4对。
- 2) 各开关量输出的遮断容量不应低于250V、0.3A（直流）。

- 3) 开关量输出延时小于0.1ms。
- b) 开关量输入接口：
 - 1) 除另有规定外，在电气上相互隔离的开关量输入接口不应少于8对。
 - 2) 各开关量输入的最大承受输入电压不低于250V（直流），并能同时适应不同幅值与极性的带电触点或空触点的开关量输入。
- c) 同步接口：
 - 1) 试验装置应具备同步接口，可接收GPS 或 BD 无线信号和时间同步装置输出的IRIG-B、PPS 对时信号，实现多台装置的同步控制。
 - 2) 试验装置应具备由一台计算机控制多台试验装置的同步输出接口。
- d) 通信接口。试验装置应具备必要的与外部交换数据的接口，包括USB 接口、以太网接口等，宜具备无线宽带、蓝牙等外部无线通信接口。
- e) 对于具备数字量式输出功能的试验装置，光纤接口应满足DL/T 1501—2016中4.4.1所述要求。

4.4 性能要求

4.4.1 模拟量输出交流电流

4.4.1.1 零点漂移

交流电流源的零点漂移不应超过 $\pm 5\text{mA}$ 。

4.4.1.2 幅值范围

每相电流输出的幅值为 $0 \sim I_{ac,max}$ 。

- a) 用于继电保护 $I=1\text{A}$ 的试验装置：每相电流输出的幅值 $I_{ac,max}$ 不应小于10A。
- b) 用于继电保护 $I=5\text{A}$ 的试验装置：每相电流输出的幅值 $I_{ac,max}$ 不应小于30A。

4.4.1.3 最小可调步长

输出交流电流的幅值和频率应能连续可调，其最小可调步长应满足：

- a) 幅值：在 $0\text{A} \sim 1\text{A}$ 范围内，最小可调步长为 0.001A ；在 $1\text{A} \sim I_{ac,max}$ 范围内，最小可调步长为 0.01A 。
- b) 频率：在 $10\text{Hz} \sim 1000\text{Hz}$ 范围内，最小可调步长为 0.001Hz 。

4.4.1.4 幅值准确度

输出电流在 $0\text{A} < I \leq 0.1\text{In}$ 范围内，频率为 50Hz 时，其幅值误差不应超过 $\pm 1\text{mA}$ 。

输出电流在 $0.1\text{In} < I \leq I_{ac,max}$ 范围内，频率为 50Hz 时，其幅值误差不应超过 $\pm 0.2\%$ 。

4.4.1.5 幅频特性

输出电流在 $0.1\text{A} < I \leq I_{ac,max}$ 范围内，频率在 $10\text{Hz} < f \leq 1000\text{Hz}$ 范围内，频率误差及输出电流幅值误差应满足表3的规定。

表3 频率误差及输出电流幅值误差

输出电流的频率范围 Hz	频率误差 Hz	输出电流幅值误差
$10 < f \leq 65$	不超过 ± 0.001	不超过 $\pm 0.5\%$

表3(续)

输出电流的频率范围 Hz	频率误差 Hz	输出电流幅值误差
$65 < f \leq 450$	不超过 ± 0.01	不超过 $\pm 0.5\%$
$450 < f \leq 1000$	不超过 ± 0.02	不超过 $\pm 1.0\%$

4.4.1.6 交流电流的直流分量

电流源的输出电流为 $0.1\text{A} \sim I_{ac,max}$ 时,其电流含有的直流分量不应大于输出电流峰值的 0.5% 。

4.4.1.7 总谐波畸变率

电流源的输出电流为 $0.1\text{A} \sim I_{ac,max}$ 时,输出电流总谐波畸变率不超过 0.2% 。

4.4.1.8 带负载能力

当输出电流为 $0\text{A} \sim I_{ac,max}$,频率为 50Hz ,功率因数分别为 1 、 0.4 、 -0.4 ,电流总谐波畸变率小于 1% 时,电流源的带负载能力不应小于 0.5Ω 。

4.4.1.9 输出响应速度

输出电流为 $I_{ac,max}$ 时,在 0.5Ω 的阻性负载上测得电流幅值由 10% 上升至 90% (或由 90% 下降至 10%)时,其上升或下降时间应小于 $100\mu\text{s}$ 。

输出电流为 $0 \sim I_{ac,max}$ 时,输出响应的最大过冲值不应超过设定输出值的 $\pm 10\%$ 。

4.4.1.10 输出持续时间

三相交流电流源输出持续时间应满足表4的规定。

表4三相交流电流源输出持续时间

电流输出值 A	输出持续时间 s
$I \leq 10$	连续
$10 < I \leq 20$	> 60
$20 < I \leq 30$	> 10

4.4.2 模拟量输出交流电压

4.4.2.1 零点漂移

交流电压源的零点漂移不应超过 $\pm 5\text{mV}$ 。

4.4.2.2 幅值范围

每相电压输出的幅值为 $0\text{V} \sim 120\text{V}$ 。

4.4.2.3 最小可调步长

输出交流电压的幅值和频率应能连续可调,其最小可调步长应满足:

- a) 幅值：在0V~10V 范围内，最小可调步长为0.001V；在10V~120V 范围内，最小可调步长为0.01V。
- b) 频率：在10 Hz~1000 Hz范围内，最小可调步长为0.001 Hz。

4.4.2.4 幅值准确度

幅值在0V~2V 范围内，频率为50Hz 时，其幅值误差不应超过 $\pm 4\text{mV}$ 。

幅值在2V~120V 范围内，频率为50 Hz 时，其幅值误差不应超过 $\pm 0.2\%$ 。

4.4.2.5 幅频特性

幅值在2V~120V 范围内，频率在10 Hz $<f\leq 1000$ Hz 范围内，频率误差及输出电压幅值误差应满足表5的规定。

表5 频率误差及输出电压幅值误差

输出电压的频率范围 Hz	频率误差 Hz	输出电压幅值误差
10 $<f\leq 65$	不超过 ± 0.001	不超过 $\pm 0.5\%$
65 $<f\leq 450$	不超过 ± 0.01	不超过 $\pm 0.5\%$
450 $<f\leq 1000$	不超过 ± 0.02	不超过 $\pm 1.0\%$

4.4.2.6 交流电压的直流分量

电压源的输出电压为2V~120V 时，输出电压中的直流分量不应大于输出电压峰值的0.5%。

4.4.2.7 总谐波畸变率

电压源的输出电压为2V~120V 时，总谐波畸变率不大于0.2%。

4.4.2.8 输出功率

当电压源输出频率为50 Hz、输出电压为120V，功率因数分别为1、0.4、-0.4，电压总谐波畸变率小于1%时，输出功率不应小于50 VA。

4.4.2.9 输出响应速度

输出电压为120V 时，在阻性负载上测得电压幅值由10%上升至90%（或由90%下降至10%）时，其上升或下降时间应小于100 μs 。

输出电压为0V~120V 时，输出响应的最大过冲值不应超过设定输出值的 $\pm 10\%$ 。

4.4.2.10 输出持续时间

交流电压输出幅值为120V 时，应能持续输出。

4.4.3 数字量输出信号

4.4.3.1 试验装置至少应具备按4kHz 频率计算输出交流电流采样值的能力，每路交流电流输出的有效值、相位、频率应能独立、连续调整。

4.4.3.2 交流电流采用DL/T 860.92协议，频率为50 Hz 时，应满足：

- a) 输出范围：0kA~100kA（一次值）；
- b) 误差：0A~100A 时误差不应超过 $\pm 0.1\text{A}$ ，100 A~100 kA时误差不应超过 $\pm 0.1\%$ ；

DL/T 624—2023

c) 最小变化步长：不应大于0.1A。

4.4.3.3 交流测量电流采用GB/T 20840.8协议，频率为50Hz时，应满足：

- a) 输出范围：(0~2) I_n (电流额定值)；
- b) 误差：(0~0.1) I_n 时误差不应超过 $\pm 0.0001 I_n$, 0.1 I_n ~2 I_n 时误差不应超过 $\pm 0.1\%$ ；
- c) 最小变化步长：不应大于0.0001I。

4.4.3.4 交流保护电流采用GB/T 20840.8协议，频率为50 Hz时，应满足：

- a) 输出范围：(0~40) I_N (电流额定值)；
- b) 误差：(0~5) I_N 时误差不应超过 $\pm 0.005 I_N$, 5 I_N ~40 I_N 时误差不应超过 $\pm 0.1\%$ ；
- c) 最小变化步长：不应大于0.005 I_N 。

4.4.3.5 交流电压采用DL/T 860.92协议，频率为50 Hz时，应满足：

- a) 输出范围：0 kV~1000kV (一次值)；
- b) 误差：0kV~1kV 时误差不应超过 $\pm 1V$, 1kV~1000kV 时误差不应超过 $\pm 0.1\%$ ；
- c) 最小变化步长：不应大于1V。

4.4.3.6 交流电压采用GB/T 20840.8协议，频率为50 Hz时，应满足：

- a) 输出范围：(0~2) U_n (电压额定值)；
- b) 误差：(0~0.1) U_n 时误差不应超过 $\pm 0.0001 U_n$, 0.1 U_n ~2 U_n 时误差不应超过 $\pm 0.1\%$ ；
- c) 最小变化步长：不应大于0.0001 U_n 。

4.4.3.7 交流电源输出频率应满足：

- a) 输出范围：10Hz~1000 Hz；
- b) 误差：不应超过 ± 0.001 Hz；
- c) 最小变化步长：不应大于0.001 Hz。

4.4.3.8 总谐波畸变率应满足：

- a) 交流电流大于1A 时，其总谐波畸变率不应超过0.1%；
- b) 交流电压大于10V 时，其总谐波畸变率不应超过0.1%。

4.4.3.9 直流分量应满足：

- a) 交流电流大于1A 时，其直流分量不应超过0.1%；
- b) 交流电压大于10V 时，其直流分量不应超过0.1%。

4.4.3.10 试验装置应能模拟MU 的延时特性，按配置的SV 额定延时参数实现延时输出，并应满足：

- a) 延时值范围：0 μs ~3000 μs ；
- b) 误差：不应超过 $\pm 5 \mu s$ ；
- c) 最小变化步长：不应大于1 μs 。

4.4.3.11 SV 报文输出间隔的离散值不应超过 $\pm 2 \mu s$ 。

4.4.4 交流电源的相位与同步性

4.4.4.1 交流电源的相位

试验装置输出量的相位控制范围及误差应满足以下要求：

- a) 各相电流之间、各相电压之间、电流和电压之间的相位控制范围及误差：
 - 1) 相位控制范围为 $0^\circ \sim 360^\circ$ ；
 - 2) 最小可调步长为 0.1° ；
 - 3) 误差不超过 $\pm 0.2^\circ$ 。
- b) 合闸相位控制范围及误差：
 - 1) 合闸相位控制范围为 $0^\circ \sim 360^\circ$ ；

- 2) 最小可调步长为 0.1° ；
- 3) 误差不超过 ± 2 。

4.4.4.2 交流电压与电流的同步性

交流电压和交流电流输出应具有良好的同步性。在模拟短路故障时，电压与电流输出的不同步时间不应大于 $10\ \mu\text{s}$ 。

4.4.4.3 模拟量与数字量的同步性

模拟量和数字量交流输出的不同步时间不应大于 $10\ \mu\text{s}$ 。

4.4.4.4 多机输出同步性

多机输出同步性应满足以下要求：

- a) 外部对时方式控制异地试验装置的输出，各装置交流量输出相位误差不应大于 0.2° 。
- b) 同步接口控制就地多台试验装置的输出，各装置交流量输出相位误差不应大于 0.2° 。

4.4.5 输出稳定性

4.4.5.1 带负载稳定性

试验装置在负载情况下输出稳定性应满足以下要求：

- a) 交流电流源输出频率为 $50\ \text{Hz}$ ，负载在 $0\ \Omega \sim 0.5\ \Omega$ 变化时，输出电流幅值的改变量不应超过 $\pm 0.1\%$ ，相位的误差不应超过 $\pm 0.2^\circ$ 。
- b) 交流电压源输出电压为 100V ，频率为 $50\ \text{Hz}$ ，功率因数分别为 1 、 0.4 和 -0.4 ，负载由 $0\ \text{VA} \sim 50\ \text{VA}$ 变化时，输出电压幅值的改变量不应超过 $\pm 0.1\%$ ，相位的误差不应超过 $\pm 0.2^\circ$ 。

4.4.5.2 时间稳定性

试验装置持续输出稳定性应满足以下要求：

- a) 交流电流源输出电流为 5A ，连续输出时间为 4h ，幅值误差不超过 $\pm 0.2\%$ ，频率误差不超过 $\pm 0.002\ \text{Hz}$ ，相位误差不超过 $\pm 0.2^\circ$ 。
- b) 交流电压源输出电压为 100V ，连续输出时间为 4h ，幅值误差不超过 $\pm 0.2\%$ ，频率误差不超过 $\pm 0.002\ \text{Hz}$ ，相位误差不超过 $\pm 0.2^\circ$ 。

4.4.5.3 同步稳定性

试验装置同步稳定性应满足以下要求：

- a) 外部对时方式控制异地试验装置的输出，同步输出 $1\ \text{min}$ ，相位改变量应小于 0.2° 。
- b) 同步接口控制就地多台试验装置的输出，同步输出 4h ，相位改变量应小于 0.2° 。

4.4.6 模拟量输出直流

4.4.6.1 直流电流

试验装置直流电流输出性能应满足以下要求：

- a) 直流电流源的零点漂移不应超过 $\pm 5\text{mA}$ 。
- b) 直流电流输出幅值的范围为 $0\ \text{A} \sim 20\ \text{A}$ 。
- c) 直流电流输出准确度：

- 1) 输出电流的幅值为 $I \leq 1A$ 时, 其误差不超过 $\pm 5mA$;
- 2) 输出电流的幅值为 $1A < I \leq 20A$ 时, 其误差不超过 $\pm 0.5\%$ 。
- d) 直流电流最小可调步长:
 - 1) 输出电流的幅值为 $I \leq 1A$ 时, 其变化的最小步长为 $1mA$;
 - 2) 输出电流的幅值为 $1A < I \leq 20A$ 时, 其变化的最小步长为 $10mA$ 。
- e) 直流电流源输出功率不小于 $200W(20A、10V)$ 。
- f) 输出直流电流纹波因数: 输出直流电流为 $1A \sim 20A$ 时, 纹波因数不大于输出设定值的 1% 。
- g) 直流电流输出响应速度: 输出直流电流值由 10% 上升到 90% 设定值(或由 90% 下降到 10% 设定值)的时间应小于 $1ms$ 。

4.4.6.2 直流电压

试验装置直流电压输出性能应满足以下要求:

- a) 直流电压源的零点漂移不应超过 $\pm 5mV$ 。
- b) 直流电压输出幅值的范围为 $0V \sim 300V$ 。
- c) 直流电压输出准确度:
 - 1) 输出电压的幅值为 $U \leq 5V$ 时, 其误差不超过 $\pm 25mV$;
 - 2) 输出电压的幅值为 $5V < U \leq 300V$ 时, 其误差不超过 $\pm 0.5\%$ 。
- d) 直流电压最小可调步长: 输出电压的幅值为 $U \leq 300V$ 时, 其变化的最小步长为 $10mV$ 。
- e) 直流电压源输出功率:
 - 1) 直流输出电压为 $300V$ 时, 输出功率不小于 $90W$;
 - 2) 直流输出电压为 $220V$ 时, 输出功率不小于 $60W$;
 - 3) 直流输出电压为 $110V$ 时, 输出功率不小于 $30W$ 。
- f) 输出直流电压纹波因数: 输出直流电压为 $2V \sim 300V$ 时, 纹波因数不大于输出设定值的 1% 。
- g) 直流电压输出响应速度: 输出直流电压值由 10% 上升到 90% 设定值(或由 90% 下降到 10% 设定值)的时间应小于 $1ms$ 。

4.4.7 时间测量与控制

4.4.7.1 GOOSE报文时间测量

试验装置GOOSE报文时间测量的测量范围、分辨率和误差应满足表6的要求。

表6 GOOSE报文时间测量要求

测量范围	分辨率	误差
$1.0\text{ ms} \sim 1.0\text{ s}$	0.1 ms	$\pm 0.1\text{ ms}$
$1.0\text{ s} \sim 9999.999\text{ s}$	0.1 ms	$\leq 0.01\%$

4.4.7.2 硬触点开关量输入时间测量

试验装置硬触点开关量输入时间测量的测量范围、分辨率和误差应满足表7的要求。

表7 硬触点开关量输入时间测量要求

时间测量范围	分辨率	误差
$1.0\text{ ms} \sim 1.0\text{ s}$	$\leq 1\text{ ms}$	$\pm 1\text{ ms}$
$1.0\text{ s} \sim 9999.999\text{ s}$	$\leq 1\text{ ms}$	$\leq 0.1\%$

4.4.7.3 时间控制

试验装置的时间控制应满足表8的要求。

表8 时间控制要求

时间控制范围	最小变化步长	误差
1.0 ms~1.0 s	$\leq 1\text{ms}$	$\pm 0.2\text{ ms}$
1.0 s~9999.999s	$\leq 1\text{ms}$	$\leq 0.02\%$

4.5 安全要求

4.5.1 试验装置的电气间隙和爬电距离应按照GB/T 14598.27的要求设计、选择和确定。

4.5.2 试验装置的电击防护、机械安全、可燃性及防火、安全标志等设计和应用应符合GB/T 14598.27的要求。

4.5.3 试验装置应具有以下自保护功能及报警功能：

- 电流输出开路及失真保护和报警功能；
- 电流、电压功放过热保护和报警功能；
- 电压输出短路及失真保护和报警功能；
- 控制测试仪的计算机通信中断应有报警提示功能。

4.6 绝缘性能

4.6.1 绝缘电阻

试验装置在标准大气环境条件下进行绝缘电阻试验时，应满足以下要求：

- 电源输入端对地(机箱金属外壳)用1000V 绝缘电阻表测试，其绝缘电阻值不应小于300 M Ω 。
- 电源输入端分别对电压、电流输出端和开关量的输入端、输出端，用1000V 绝缘电阻表测试，其绝缘电阻值不应小于300 M Ω 。
- 电压、电流输出端对地(机箱金属外壳)用500V 绝缘电阻表测试，其绝缘电阻值不应小于50M Ω 。
- 开关量的输入端、输出端对地(机箱金属外壳)用500V 绝缘电阻表测试，其绝缘电阻值不应小于50M Ω 。
- 通信、同步、GPS/BD 接口对地(机箱金属外壳)用250V 绝缘电阻表测试，其绝缘电阻值不应小于5M Ω 。

4.6.2 介质强度

试验装置在标准大气环境条件下，对下列部位进行介质强度试验，不应出现击穿或闪络现象。

- 试验装置的电源输入对地，电源输入分别对电压输出端、电流输出端、开关量输入端、开关量输出端，应能承受交流工频电压1.5kV (或直流电压2.1kV)、试验时间1min、泄漏电流不大于10mA。
- 电压、电流输出端对地，开关量输入、输出端对地，开关量输入端对开关量输出端，应能承受交流工频电压500V (或直流电压700V)、试验时间1min、泄漏电流不大于10mA。

4.7 机械性能要求

4.7.1 承受振动耐久能力

试验装置应具有承受GB/T 11287规定的严酷等级为I 级的振动耐久能力。

4.7.2 承受冲击耐久能力

试验装置应具有承受GB/T 14537规定的严酷等级为I 级的冲击耐久能力。

4.7.3 承受碰撞能力

试验装置应具有承受GB/T 14537规定的严酷等级为I 级的碰撞能力。

4.8 温度影响

额定工作条件下，温度变化不应影响试验装置输出频率、相位和时间测量的技术指标。温度改变引起的电流和电压输出幅值误差极限值应满足表9的规定。

表9 温 度 系 数

参 数 范 围		基准误差	温度系数
交流电流 A	0.5~30	±0.2%	±0.01%
交流电压 V	2~120	±0.2%	±0.01%
直流电流 A	0.5~20	±0.5%	±0.01%
直流电压 V	2~220	±0.5%	±0.01%

4.9 耐湿热性能

试验装置在最高温度为40℃, 检验周期为两周期(48h) 的条件下，经交变湿热检验，在检验结束前 2h 内，用电压等级为500V 的测试仪器，测定4.6.1规定部位的绝缘电阻，不应小于1.5 MΩ；测定4.6.2规定部位的介质强度，检验电压为规定值的75%。

4.10 供电电源的影响

4.10.1 额定工作条件下，供电电源的频率变化不应影响电流、电压输出的技术性能指标。

4.10.2 供电电源电压为176V~187V（含）时，30A 交流电流输出功率不小于300 VA,100V 交流电压输出功率不小于45 VA，输出幅值和精度满足本文件的要求。

4.10.3 供电电源电压为187V~253V 时，30A 交流电流输出功率不小于450 VA,100V 交流电压输出功率不小于50 VA，输出幅值和精度满足本文件的要求。

4.11 电磁兼容要求

4.11.1 阻尼振荡波抗扰度

试验装置应能承受GB/T 17626.18规定的严酷等级为III级的阻尼振荡波抗扰度试验。

4.11.2 静电放电抗扰度

试验装置应能承受GB/T 17626.2规定的严酷等级为III级的静电放电抗扰度试验。

4.11.3 射频电磁场辐射抗扰度

试验装置应能承受GB/T 17626.3规定的严酷等级为III级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

4.11.4 电快速瞬变脉冲群抗扰度

试验装置应能承受GB/T 17626.4规定的严酷等级为II级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

4.12 外壳防护

试验装置的外壳防护等级应符合GB/T 4208规定的IP21级的要求。

5 试验要求

5.1 基本试验

5.1.1 手动试验

试验装置的手动试验功能包括：

- 应能任意设定交流量的各相电压、电流的幅值、频率和相位，以及设定各种故障类型的参数。
- 能以交流电压(包括相电压、线电压、零序电压、正序电压、负序电压)、交流电流(包括相电流、线电流、零序电流、正序电流、负序电流)的幅值、相位、频率、阻抗等为变量，测试相关继电器或保护的电气性能。
- 能输出直流电压、电流，并以直流电压、电流为变量，测试直流继电器或保护的相关性能。
- 可手动控制步长的设定，任意设定变量变化步长。
- 可控制开关量输出变化。
- 可监视开关量输入变化。
- 可测试动作时间。

5.1.2 递变量试验

试验装置的递变量试验功能包括：

- 应能任意设定递增或递减变化前交流量的各相电压、电流的幅值、频率和相位以及直流电压、电流值。
- 能以交流电压(包括相电压、线电压、零序电压、正序电压、负序电压)、交流电流(包括相电流、线电流、零序电流、正序电流、负序电流)的幅值、相位、频率和直流电压、电流等为变量。
- 应能任意设定变量的递增量或递减量的变化步长和变化步长后持续的时间。
- 应能以设定的变量、变化步长和变化时间自动输出变量的参数值，测试继电保护的動作值、返回值及其動作时间。

5.1.3 状态序列

试验装置的状态序列功能包括：

- 应能提供8个以上的状态。
- 状态之间的切换方式应提供时间控制、开关量输入控制、手动控制(按键触发)、外部时钟源同

步触发。

- c) 应能设定各种类型故障，包括单相接地、两相接地、相间短路、三相短路等。故障性质应包括瞬时性故障、永久性故障、发展性故障和转换性故障等，应能控制故障发展或转换的时间，接地故障时应提供零序补偿系数的设置。
- d) 模拟故障时间包括故障前时间、故障存在时间、转换性故障的转换时间。
- e) 各状态的参数设置包括：
 - 1) 电压、电流的幅值、相位可任意设置；
 - 2) 提供各种故障类型的参数计算用于设置故障参数；
 - 3) 应能设置频率变化率，并按频率变化率变化频率；
 - 4) 应能设置电压变化率，并按电压变化率变化电压；
 - 5) 应能对各开关量输出单独进行控制；
 - 6) 电流输出能叠加可衰减的直流分量，衰减时间常数可控。
- f) 应能提供电流恒定、电压恒定、系统阻抗恒定等测试方式。
- g) 合闸相位角可以选择为随机的合闸相角或固定的合闸相角。
- h) 应能模拟断路器的断开、合闸时间。
- i) 应能在故障电流上叠加任意幅值、相位的负荷电流。
- j) 各状态能对翻转时的电压、电流、相位、频率、动作时间进行记录。

5.1.4 网络及报文异常测试

网络及报文异常测试功能包括：

- a) 试验装置应能模拟各种报文异常和网络异常，如丢帧、错序、错值、序号偏差、发送间隔抖动等。
 - 1) 丢帧：发送过程中丢弃部分帧，可以对丢帧的数量、频率进行配置。
 - 2) 错序：SV报文的采样序号顺序错误，可以对错序的数量、频率进行配置；变化的类型支持随机值方式和按设定值突变的方式。
 - 3) 错值：采样值畸变，可以对畸变的数量、幅度、频率进行配置。
 - 4) 序号偏差：SV报文的采样序号整体偏移，可以对偏移的幅度进行配置。
 - 5) 发送间隔抖动：SV报文的发送间隔不一致，可以对发送频率抖动的数量、数值、频率进行配置。
- b) 试验装置应能修改报文的同步标志、状态字、品质位、检修状态等。
- c) 试验装置应支持报文配置参数如MAC地址、DataSet、SVID、APPID、Referance、ConfRev，以及数据对象数目和报文长度等可设置；异常发生和恢复时间、异常报文数量均可设置。
- d) 试验装置应支持按状态序列设置额定延迟时间变化。
- e) 试验装置应支持设置双AD不一致发生和恢复时间、双AD不一致发生时的数据数值，支持按光口及通道设置双AD不一致。
- f) 试验装置应支持StNum和SqNum异常设置，包括StNum和SqNum异常数值，以及序号异常发生和恢复时间。

5.2 专项试验

5.2.1 距离保护测试

距离保护测试包括：

- a) 定点校验距离保护定值。

- b) 距离保护时间阶梯特性的自动测试。
- c) 扫描线方式搜索稳态特性的动作边界。

5.2.2 阻抗特性测试

阻抗特性测试包括：

- a) 能扫描各种故障类型的阻抗特性。
- b) 能对多段的阻抗特性分别进行扫描。
- c) 能扫描各种不同形状的阻抗特性。

5.2.3 零序电流保护测试

零序电流保护测试包括：

- a) 定点校验零序电流定值。
- b) 零序阶梯特性的自动测试。
- c) 可模拟非全相运行状态，校验不灵敏零序电流定值和动作时间。

5.2.4 自动重合闸测试

自动重合闸测试包括：

- a) 重合闸延时测试。
- b) 重合闸后加速、前加速测试。
- c) 重合闸检同期、检无压测试。

5.2.5 差动保护测试

差动保护测试包括：

- a) 应能设置国内差动保护装置的基本差动方程和制动方程。
- b) 比率制动特性测试：比率制动特性曲线自动扫描、手动设置差动、对制动电流进行定点测试。
- c) 比率制动闭锁值测试。
- d) 直流助磁特性测试。
- e) 谐波制动特性测试。
- f) 能设置多次谐波构造涌流及过励磁波形，对波形对称等无定值闭锁原理进行定性测试。
- g) 考虑差动保护不同的转角方式。

5.2.6 低频减载测试

低频减载测试包括：

- a) df/dt 可设，变频过程波形连续光滑、无间断。
- b) 动作值测试。
- c) 动作时间测试。
- d) 闭锁值测试： df/dt 闭锁值、低压闭锁值、低电流闭锁值。

5.2.7 低压减载测试

低压减载测试包括：

- a) 动作值测试。
- b) 动作时间测试。
- c) 闭锁值测试： du/dt 闭锁值、低电流闭锁值。

5.2.8 自动准同期装置测试

自动准同期装置测试包括：

- a) 电压允许值测试。
- b) 频率允许值测试。
- c) 导前角及导前时间测试。
- d) 调压脉宽周期、调频脉宽周期测试。
- e) 控制功能试验：手动或自动调整系统侧及待并侧的电压幅值和频率，根据收到的调频、调压信号自动调整电压输出。

5.2.9 备用电源自动投入测试

备用电源自动投入测试包括：

- a) 能输出各种接线方式的备用电源自动投入测试所需的电压、电流。
- b) 能模拟正常运行、工作电源失电跳闸、备用电源合闸的状态过程。
- c) 能测试跳闸、合闸时间。
- d) 能输出模拟现场实际断路器位置信号对备用电源自动投入装置进行测试。

5.2.10 备用电源快速切换装置测试

备用电源快速切换装置测试包括：

- a) 能输出快速切换装置测试所需的电压、电流，故障母线电压的幅值、频率下降率应能控制。
- b) 能进行正常切换、快速切换、同期判别切换、残压切换等切换方式测试。
- c) 能模拟失压启动、保护启动等切换过程的状态。

5.2.11 复合电压闭锁方向过电流保护测试

复合电压闭锁方向过电流保护测试包括：

- a) 方向元件测试。
- b) 电流动作值测试。
- c) 低电压或负序电压动作值测试。

5.2.12 反时限特性保护测试

反时限特性保护测试包括：

- a) 电流反时限特性保护(过负荷保护)I-t 应满足：
 - 1) 可设置保护提供的反时限方程，自动测试I-t 的反时限特性；
 - 2) 可设置电流为变量自动测试动作值和动作时间；
 - 3) 可设置电流为变量自动测试符合DL/T 823规定的反时限特性曲线。
- b) 过励磁保护U_{if}-t 应满足：
 - 1) 可设置电压、频率为变量自动测试U_f 的动作值和动作时间；
 - 2) 可自动测试U_{if}-t反时限特性。

5.2.13 工频变化量距离保护测试

工频变化量距离保护测试包括：

- a) 可设置m 值定点校验保护动作门槛、动作时间。
- b) 可模拟反向出口故障。

5.2.14 模拟振荡功能测试

模拟振荡功能测试包括：

- a) 应能模拟双机系统振荡的故障状况并测试保护装置的动作情况。
- b) 应能设定系统振荡的轨迹：
 - 1) 系统振荡时的起始功角、最大功角；
 - 2) 系统振荡中心的位置：两侧系统的阻抗幅值、相角可控。
- c) 应能设定系统振荡的振荡周期和振荡次数。
- d) 应能控制系统振荡前输出工频量的时间。
- e) 应能控制两侧系统的电动势。
- f) 应能模拟系统振荡时叠加各种类型故障，故障的参数可设定，并能控制故障起始时间。

5.2.15 叠加谐波功能测试

叠加谐波功能测试包括：

- a) 以基波的初相位作为参考，交流电源输出的电流、电压信号可以任意叠加谐波分量，谐波分量的次数为2次~20次，各次谐波分量的幅值、相位能够任意设定。
- b) 输出的各相电流和电压应能叠加不同幅值、相位和次数的谐波分量，所叠加谐波分量的幅值与相位应能进行单独的调整。
- c) 对输出的电流、电压同时进行谐波叠加时，应以电流或电压的基波相位为基准。
- d) 应能显示谐波叠加后各相电流与电压的谐波含有率、谐波相位、直流分量等参数及叠加后的波形。
- e) 能以基波或各次谐波为变量，谐波含量可以用幅值或占基波的百分比的形式表示。
- f) 谐波叠加后输出量作为变量时，变量的变化步长可以设定，且应按设定的步长输出。

5.2.16 叠加直流分量(非周期分量)功能测试

叠加直流分量(非周期分量)功能测试包括：

- a) 交流电源输出的电流、电压信号可以叠加按时间常数衰减的直流分量。
- b) 时间常数由短路阻抗和系统(电源)阻抗决定，即

$$\gamma = \frac{L_s + L_l}{R_s + R_l} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

γ ——时间常数；

L_s ——系统电感，H；

L_l ——线路电感，H；

R_s ——系统电阻， Ω ；

R_l ——线路电阻， Ω 。

- c) 直流分量初始值的大小由短路发生瞬间电源电压的初始相角(即合闸角)决定。
- d) 叠加直流电流分量和直流电压分量时应以交流电压相位为参考相位。
- e) 叠加直流电流分量和直流电压分量可以人为设置或通过计算设置。

5.2.17 故障回放功能测试

故障回放功能测试包括：

- a) 试验装置应具有故障回放功能，应能支持GB/T 14598.24中 COMTRADE 格式、PCAP 格式的

波形回放。

- b) 应有多种触发方式，即手动触发、开关量输入触发、GPS/BD 触发等，多台装置的GPS 回放误差不得超过0.1ms。
- c) 应能对任意电压或电流通道的数据进行编辑叠加。
- d) 应能按比例调整各通道电流、电压的输出值，将记录的一次值转换成二次值。
- e) 应能对原始记录的数据进行插值计算，增加输出波形的点数，或将不同采样率的波形插值为相同采样率。
- f) 应能对波形整体及特定区域进行编辑操作，包括缩放、剪裁、拼接、复制等，能对通道进行叠加负荷波形。
- g) 设定重复开始时间、重复区间及重复次数，重复故障回放的某段波形；可延长正常状态的输出时间，或将某段故障波形重复输出。
- h) 可对通道数据进行星形/三角形转换。

5.2.18 自动测试

自动测试包括：

- a) 支持根据标准测试模板自动完成激励量施加。
- b) 支持按照DL/T860（所有部分）和DL/T667—1999 规定的协议读取保护装置模型和运行信息。
- c) 支持用户设定校验结果判定逻辑。
- d) 支持根据施加的激励量和保护动作信息自动生成检验报告。
- e) 自动测试控制命令及测试结果数据支持标准接口协议对外交互。

5.3 整组操作试验

5.3.1 模拟电力系统的故障情况，检验保护回路、操作回路、中央信号回路、遥信回路的可靠性及断路器的动作行为。

5.3.2 可以模拟区内、区外；正向、反向故障。

5.4 试验报告

5.4.1 试验结束时自动生成经试验人员确认的，有关被试电气继电器、继电保护和安全自动装置的试验项目、测试参数、试验数据、特性曲线等内容完整的报告。

5.4.2 对于被试电气继电器、继电保护和安全自动装置校验不合格项目，应能给出误差及不合格原因。

5.4.3 应支持Word文档格式试验报告，支持根据用户需求自定义报告格式。

6 检验规则

6.1 检验条件

检验条件及相关标准装置应满足：

- a) 检验应在基准工作条件下进行。
- b) 标准仪表准确度等级不应低于试验装置对应准确度等级的1/3。
- c) 标准装置及相关仪表应经过具备资质部门的检验或校准，并在有效期内。

6.2 检验分类

6.2.1 型式检验

凡遇下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品研发和定型前。
- b) 产品正式投产后，如遇设计、工艺、材料、元器件等有较大改变，可能影响产品性能时。
- c) 软、硬件变更(升级)后，对产品的性能有影响时。
- d) 产品长期停产后，恢复生产时。

型式检验应在基准条件下进行，检验项目见表10。

6.2.2 出厂检验

6.2.2.1 试验装置在出厂前应经制造商的质量检测部门进行出厂检验，检验在基准条件下进行，检验项目见表10。

6.2.2.2 出厂检验中所有项目确认合格后由检验部门颁发合格证方可出厂。

6.2.3 定期检验

6.2.3.1 在规定使用的时间内，使用部门应将试验装置送至检验部门定期检验，检验应在基准条件下进行，检验项目见表10。

6.2.3.2 试验装置修理后，应进行检验。

6.2.3.3 经检验合格的产品，应由检验部门颁发合格证书方能投入使用。检验报告有效期限为2年。

6.2.4 检验结果评判与表达

6.2.4.1 在型式检验和定期检验中发现被试产品有任一个致命缺陷或两个严重缺陷的检验项目时，检验结果可判为不合格，检验方法见附录A。

6.2.4.2 在检验试验装置电源发生器性能中的电流幅值、电压幅值、频率、相位等误差(准确度)时，当误差小于标准要求时，判为合格；当误差不超过2倍基本误差时，判为严重缺陷；当误差超过2倍基本误差时，判为致命缺陷。

6.2.4.3 检验结果应给出对应项的测量数据和结论，检验报告中可以给出示值误差是否符合本文件某条款的说明。

表10检验项目及缺陷等级

序号	项 目	型式检验	出厂检验	定期检验	缺陷等级
1	结构外观	△	△	△	一般缺陷
2	交流电流零点漂移	△	△	△	严重缺陷
3	交流电流幅值范围	△	△	△	严重缺陷
4	交流电流幅值最小可调步长	△	△	—	严重缺陷
5	交流电流幅值准确度	△	△	△	致命缺陷
6	交流电流频率准确度	△	△	△	致命缺陷
7	交流电流幅频特性	△	△	—	严重缺陷
8	交流电流频率最小可调步长	△	△	—	严重缺陷
9	交流电流的直流分量	△	△	△	严重缺陷
10	交流电流总谐波畸变率	△	△	△	严重缺陷
11	交流电流带负载能力	△	△	△	严重缺陷
12	交流电流输出响应速度	△	△	—	严重缺陷
13	交流电流输出持续时间	△	△	—	严重缺陷

表10(续)

序号	项 目	型式检验	出厂检验	定期检验	缺陷等级
14	交流电压零点漂移	△	△	△	严重缺陷
15	交流电压幅值范围	△	△	△	严重缺陷
16	交流电压幅值最小可调步长	△	△	—	严重缺陷
17	交流电压幅值准确度	△	△	△	致命缺陷
18	交流电压频率准确度	△	△	△	致命缺陷
19	交流电压幅频特性	△	△	—	严重缺陷
20	交流电压频率最小可调步长	△	△	—	严重缺陷
21	交流电压的直流分量	△	△	△	严重缺陷
22	交流电压总谐波畸变率	△	△	△	严重缺陷
23	交流电压源输出功率	△	△	△	严重缺陷
24	交流电压输出响应速度	△	△	—	严重缺陷
25	交流电压输出持续时间	△	△	—	严重缺陷
26	数字量输出信号	试验配置及报文一致性检查	△	△	严重缺陷
27		SV计算能力	△	△	致命缺陷
28		SV输出间隔的离散值a	△	△	致命缺陷
29		报文延时特性模拟	△	△	严重缺陷
30	交流电源的相位准确度	△	△	△	致命缺陷
31	合闸角控制准确度	△	△	△	严重缺陷
32	交流电流与电压的同步性	△	△	—	严重缺陷
33	模拟量与数字量的同步性	△	△	—	严重缺陷
34	多机输出同步性	△	△	—	严重缺陷
35	交流输出带负载稳定性	△	△	△	严重缺陷
36	交流输出时间稳定性	△	△	△	严重缺陷
37	直流电流零点漂移	△	△	△	严重缺陷
38	直流电流幅值范围	△	△	—	严重缺陷
39	直流电流幅值准确度	△	△	△	致命缺陷
40	直流电流最小可调步长	△	△	—	严重缺陷
41	直流电流源输出功率	△	△	—	严重缺陷
42	直流电流纹波因数	△	△	△	严重缺陷
43	直流电流输出响应速度	△	△	—	严重缺陷
44	直流电压零点漂移	△	△	△	严重缺陷
45	直流电压幅值范围	△	△	—	严重缺陷
46	直流电压幅值准确度	△	△	△	致命缺陷
47	直流电压最小可调步长	△	△	—	严重缺陷
48	直流电压源输出功率	△	△	—	严重缺陷

表10(续)

序号	项 目		型式检验	出厂检验	定期检验	缺陷等级
49	直流电压纹波因数		△	△	△	严重缺陷
50	直流电压输出响应速度		△	△	—	严重缺陷
51	时间测量范围		△	△	—	严重缺陷
52	时间测量准确度		△	△	△	致命缺陷
53	时间测量分辨率		△	△	—	致命缺陷
54	数字报文时间测量准确度		△	△	△	致命缺陷
55	时间控制		△	△	△	致命缺陷
56	开关量输出接口	数量	△	△	—	严重缺陷
57		接口遮断容量	△	△	—	严重缺陷
58		响应时间	△	△	△	严重缺陷
59	开关量输入接口	数量	△	△	—	严重缺陷
60		接口性能	△	△	—	严重缺陷
61		响应时间	△	△	△	严重缺陷
62	光纤接口发送功率a		△	△	—	一般缺陷
63	试验装置安全标志		△	△	—	致命缺陷
64	试验装置保护及报警功能		△	△	—	致命缺陷
65	试验装置安全接地标志		△	△	—	致命缺陷
66	试验装置绝缘电阻		△	△	—	致命缺陷
67	试验装置介电强度		△	△	—	致命缺陷
68	承受振动耐久能力		△	—	—	严重缺陷
69	承受冲击耐久能力		△	—	—	严重缺陷
70	承受碰撞能力		△	—	—	严重缺陷
71	温度影响		△	—	—	严重缺陷
72	耐湿热试验		△	—	—	致命缺陷
73	供电电源的影响		△	—	—	严重缺陷
74	静电放电抗扰度试验		△	—	—	一般缺陷
75	射频电磁场抗扰度试验		△	—	—	一般缺陷
76	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验		△	—	—	一般缺陷
77	阻尼振荡波抗扰度		△	—	—	一般缺陷
78	外壳防护		△	—	—	一般缺陷
79	连续通电100h		△	—	—	严重缺陷
80	基本试验	手动试验	△	—	—	致命缺陷
81		递变量试验	△	—	—	致命缺陷
82		状态序列	△	—	—	致命缺陷
83		网络及报文异常测试	△	—	—	致命缺陷

表10(续)

序号	项 目		型式检验	出厂检验	定期检验	缺陷等级
84	专项试验	距离保护功能	△	—	—	严重缺陷
85		差动保护功能	△	—	—	严重缺陷
86		零序电流保护功能	△	—	—	严重缺陷
87		自动重合闸功能	△	—	—	严重缺陷
88		低频减载功能	△	—	—	严重缺陷
89		低压减载功能	△	—	—	严重缺陷
90		自动准同期功能	△	—	—	严重缺陷
91		备用电源自动投入功能	△	—	—	严重缺陷
92		复合电压闭锁方向过电流保护功能	△	—	—	严重缺陷
93		反时限特性保护功能	△	—	—	严重缺陷
94		工频变化量距离保护功能	△	—	—	一般缺陷
95		模拟振荡功能	△	—	—	严重缺陷
96		叠加谐波功能	△	—	—	严重缺陷
97		叠加直流分量(非周期分量)功能	△	—	—	严重缺陷
98		故障回放功能	△	—	—	严重缺陷
99		自动测试	△	—	—	严重缺陷
100		整组操作试验	△	—	—	严重缺陷
101	试验报告	△	—	—	严重缺陷	
注：△表示需要做的试验；—表示不需要做的试验。						
“仅为数字量式试验装置项目。						

7 标志、标签和随行文件

7.1 标志、标签

7.1.1 每台产品应有不易脱落的铭牌或相当于铭牌的标志，内容包括：

- 制造厂名称和商标；
- 产品型号和名称；
- 规格号(需要时)；
- 额定值；
- 产品制造年、月；
- 产品的编号；
- 电流、电压源的输出端，开关量的输入、输出端，光纤以太网接口，光纤串口，以及各个接口和面板上的按钮应用明显的色彩或字符标示。

7.1.2 产品的端子旁应标明端子号，光纤接口旁应注明Tx/Rx。

7.1.3 产品的相关部位及说明书中应有安全标志及有关注意事项的说明(包括静电敏感部件应有防静电标志)，对安全标志的要求按照GB/T 14598.27执行。

7.1.4 产品说明书、质量证明文件或包装物上应标有产品执行的标准代号。

7.1.5 产品外包装上应有收发货、包装、贮存、运输图示标志等必需的标志和标签。

7.2 随行文件

产品的随行文件包括：

- a) 质量证明文件，必要时应附出厂检验记录。
- b) 产品说明书(可按供货批次提供)。
- c) 产品原理图和接线图(可含在产品说明书中)。
- d) 装箱单。

7.3 供应的配套件

产品供应的配套件包括：

- a) 易损零部件及易损元器件。
- b) 产品附件。
- c) 合同中规定的备品、备件。

8 包装、运输和贮存

8.1 包装

8.1.1 产品应有良好的内、外包装，并具备防尘、防雨、防潮、防振等措施。

8.1.2 外包装箱上应以不易洗刷或脱落的涂料作如下标志：

- a) 发货厂产品名称、型号；
- b) 收货单位名称、地址、到站；
- c) 包装箱外形尺寸(长×宽×高)及毛重；
- d) 包装箱外应标有“防潮”“向上”“小心轻放”等标志字样，并标注是否含有电池，如有应标明电池容量。

8.1.3 包装箱内应附有测试软件、使用手册、检验报告、附件、装箱清单及产品检验合格证。

8.2 运输

8.2.1 产品应适于陆运、空运、水运(海运)。

8.2.2 运输和装卸应严格按照包装箱上标志的规定以及国家运输标准有关规定执行。

8.2.3 包装好的产品在运输过程中的贮存温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于95%。产品应能承受在此环境中的短时贮存。

8.3 贮存

8.3.1 贮存、运输的极限环境温度是 $-25^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于90%。

8.3.2 包装好的试验装置应贮存在环境温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于90%的库房中，室内无酸、碱、盐，无腐蚀性、爆炸性气体和灰尘，不受雨、雪的侵蚀，长期不用的产品应保留原包装。

附录 A
(资料性)
检 验 方 法

A.1 检验前准备

- A.1.1 除另有规定，各项检验与校准均在基准条件下进行，基准条件见表A.1。
A.1.2 除另有规定，其他周围环境应符合本文件的有关规定。
A.1.3 试验装置应良好接地，且周围电磁环境条件应符合相关标准的规定。

A.2 检验用仪器设备

校验仪标准仪器性能应符合表A.1 的规定。

表A.1 校验仪标准仪器性能

检测功能	准确度	分辨率
交流电流精度	$\pm 0.05\%$	0.0001 A
交流电压精度	$\pm 0.05\%$	0.0001V
直流电流精度	$\pm 0.1\%$	0.0001A
直流电压精度	$\pm 0.1\%$	0.0001V
交流电源频率	$\pm 0.001\text{ Hz}$	0.0005 Hz
相位	$\pm 0.05^\circ$	0.01°
时间测量	$\pm 0.2\text{ms}$	0.1 ms

校验仪表应根据校验参数准确度选择，校验度应比被测量的误差至少高一个数量级。对电流、电压的校验宜使用不低于六位半的数字式仪表。

谐波分析：频率范围不低于10kHz，电流测量范围为0A~50 A,电压测量范围为0V~300V，谐波测量准确度不低于0.05%。

示波器：带宽不低于100 MHz，垂直分辨率灵敏度为2mV/div~5V/div，准确度为 $\pm 2.5\%$ ，采样率不低于 1.0×10^9 次/s，时基为5ns/div~50 s/div，时基精度不低于 50×10^{-6} 。

A.3 结构外观

按照GB/T 7261—2016中第5章规定的方法进行检查，具体内容在产品企业标准规定。

A.4 试验装置电源发生器检验方法

A.4.1 模拟量交流电流源

A.4.1.1 交流电流零点漂移

设定试验装置输出的各相电流值均为零，各相电流的频率为50 Hz；在试验装置输出电流时，用标准装置（直流电流测量装置）测量试验装置输出的各相电流值。试验装置交流电流输出接线见图A.1。



图 A.1 试验装置交流电流输出接线图

A.4.1.2 交流电流幅值范围及准确度

- a) 设定试验装置输出量为三相交流电流，频率为50 Hz，在0~ $I_{ac,mx}$ 范围内设置幅值：0.2A、1A、5A、 $a_{c,mx}$ ，可根据实际情况额外选择其他检验点。
- b) 用标准装置监视电流频率在规定范围内，分别测出各通道电流幅值，记录测量值并计算误差。试验接线参见图A.1。

绝对误差见公式(A.1)。

$$\Delta = I_x - I, \dots \dots (A.1)$$

相对误差见公式 (A.2)。

$$\gamma = \frac{I_x - I_N}{I_N} \times 100\% \dots \dots (A.2)$$

式中：

Δ ——试验装置输出值的绝对误差，A；

I_x ——标准装置显示值，A；

I ——试验装置输出设定值，A；

γ ——试验装置输出值的相对误差，%。

A.4.1.3 交流电流幅值最小可调步长

- a) 设定试验装置输出量为三相交流电流，频率为50 Hz，在0~ $a_{c,ma}$ 范围内设置幅值：0.2A、1A、5A、 $a_{c,mx}$ ，设定试验装置最小可调步长，并在每个步长下增减2个~3个点。
- b) 通过标准装置检查各电流输出值是否与步长调整相一致。试验接线参见图A.1。

A.4.1.4 交流电流幅频特性

- a) 设定试验装置输出量为三相交流电流，在0~ $a_{c,m}$ 范围内设置幅值：0.2A、1A、5A、 $I_{ac,m}$ 。对每一电流设定值，在下列范围内分别设置对应的电流输出频率：
 - 1) 10 Hz~65 Hz: 取3个点，65Hz 必取。
 - 2) 65Hz~450 Hz: 取3个点，450 Hz 必取。
 - 3) 450 Hz~1000 Hz: 取3个点，1000 Hz 必取。
- b) 用标准装置分别测量各通道电流幅值和频率，记录数据并计算误差。试验接线参见图 A. 1。幅值误差参考公式(A. 1) 和公式(A. 2)，频率误差参考公式(A. 3)。

$$\Delta = f_x - f_n \dots \dots (A.3)$$

式中：

Δ ——试验装置的频率误差，Hz；

f_x ——标准装置显示值, Hz;

f_n ——试验装置设定输出值, Hz。

A.4.1.5 交流电流频率最小可调步长

- 设定试验装置输出量为三相交流电流, 设置电流输出幅值为1A, 在 10Hz~1000Hz 选择频率点设定最小可调步长, 并在每个步长下增减2个~3个点。
- 通过标准装置检查频率输出值是否与步长调整相一致。试验接线参见图A.1。

A.4.1.6 交流电流的总谐波畸变率

- 分别设置试验装置交流电流输出为0.2A、1A、5A、ac,max。
- 用标准装置分别测出2次~20次谐波电流和基波电流值, 计算交流电流总谐波畸变率, 见公式(A.4)。试验接线参见图A.1。

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{20} (I_h)^2}}{I_1} \times 100\% \quad \dots \quad \dots \quad \dots (A.4)$$

式中:

THD_I——试验装置输出电流的总谐波畸变率, %;

I_h ——标准装置对试验装置各次谐波电流的显示值, A;

I_1 ——标准装置对试验装置基波电流的显示值, A。

A.4.1.7 交流电流中直流分量

- 分别设置试验装置交流电流输出为50 Hz、0.2A、1A、5A、ac,max。
- 用标准装置(直流电流测量装置)测量各通道的直流分量并记录。试验接线参见图 A.1。交流电流中用百分数表示的直流分量含量为

$$DHL_I = \frac{I_{dI}}{I_m} \times 100\% \quad \dots \quad \dots \quad \dots (A.5)$$

式中:

DHL——试验装置输出交流电流的直流分量含量, %;

I_{dI} ——标准装置对被检试验装置交流电流输出直流分量的显示值, A;

I_m ——试验装置交流电流输出峰值(标准装置电流显示值 $\times \sqrt{2}$), A。

A.4.1.8 交流电流带负载能力

- 分别设置试验装置交流电流输出为50 Hz、0~ac,max。
- 调节外接阻性负载(包括传统负载或电子负载), 当交流电流输出总谐波畸变率达到1%时, 测量试验装置交流电流输出回路外接等效负载, 如图A.2 所示。

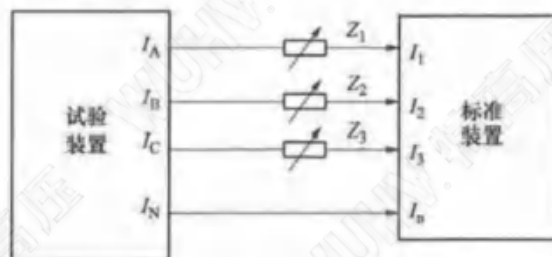


图 A.2 试验装置交流电流带负载能力测试接线图

A.4.1.9 交流电流输出响应速度

- 设置三相交流电流输出为50 Hz、 $I_{ac,m}$ ，合闸角为 90° ，阻性负载为 $0.5\ \Omega$ 。
- 用标准装置(数字存储示波器)记录试验装置输出交流电流的波形，测量电流幅值由10%上升至90%(或由90%下降至10%)的时间。试验接线参见图A.2。

A.4.1.10 交流电流输出持续时间

- 分别设置试验装置交流电流输出为50Hz、5A、10A、20A、 $I_{ec,m}$ 。
- 波形畸变率小于0.2%，用标准装置测量并记录交流电流的输出时间应满足要求。试验接线参见图A.1。

A.4.2 模拟量交流电压源

A.4.2.1 交流电压零点漂移

设定试验装置输出的各相电压值均为零，各相电压的频率为50 Hz；在试验装置输出电压时，用标准装置(直流电压测量装置)测量试验装置输出的各相电压值。

A.4.2.2 交流电压幅值范围及准确度

- 设置试验装置交流电压输出频率为50 Hz，输出幅值为2V、10V、57.7V、120V。
- 用标准装置分别测出各通道电压幅值，同时监测其频率应在允许偏差范围内，记录测量值并计算误差。试验接线参见图A.3。

绝对误差见公式 (A.6)。

$$\Delta = U_x - U_N, \dots \dots \dots \dots \dots (A.6)$$

相对误差见公式 (A.7)。

$$\gamma = \frac{U_x - U_N}{U_N} \times 100\% \dots \dots \dots (A.7)$$

式中：

Δ ——试验装置输出值的绝对误差，V；

U_x ——标准装置显示值，V；

U_N ——试验装置输出设定值，V；

γ ——试验装置输出值的相对误差，%。

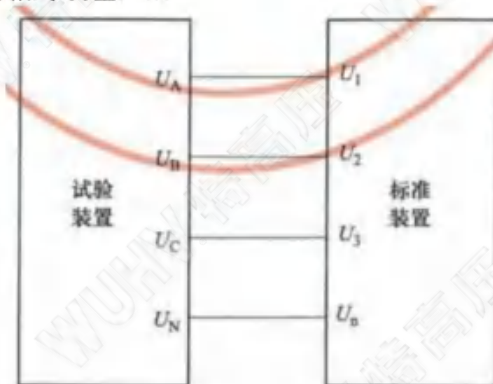


图 A.3 试验装置交流电压输出接线图

A.4.2.3 交流电压幅值最小可调步长

- 设定试验装置输出的三相交流电压幅值为2V、10V、57.7V、120V，频率为50 Hz，设定最小

可调步长,并在每个步长下增减2个~3个点。

- b) 通过标准装置检查各电压输出值是否与步长调整相一致。试验接线参见图A.3。

A.4.2.4 交流电压幅频特性

- a) 分别设置试验装置交流电压输出幅值为2V、10V、57.7V、120V。
b) 在下列范围内设置试验装置交流电压输出频率:
1) 0Hz~65 Hz: 取2个~3个点, 65 Hz 必取。
2) 65Hz~450 Hz: 取2个~3个点, 450 Hz 必取。
3) 450 Hz~1000 Hz: 取2个~3个点, 1000 Hz 必取。
c) 用标准装置分别测量各通道电压幅值和频率,记录数据并计算误差。试验接线参见图 A.3。幅值误差参考公式(A.6) 和公式(A.7), 频率误差参考公式(A.3)。

A.4.2.5 交流电压频率最小可调步长

- a) 设定试验装置输出量为三相交流电压,设置电流输出幅值为57.7V,在 1 0Hz~1000Hz 选择频率点设定最小可调步长,并在每个步长下增减2个~3个点。
b) 通过标准装置检查频率输出值是否与步长调整相一致。试验接线参见图A.3。

A.4.2.6 交流电压总谐波畸变率

- a) 分别设置试验装置交流电压输出为50 Hz、2V、10V、57.7V、120V。
b) 用标准装置分别测出2次~20次谐波电压和基波电压值,计算交流电压总谐波畸变率,见公式(A.8)。试验接线参见图A.3。

$$THD_u = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^n (U_h)^2}}{U_1} \times 100\% \dots \dots \dots (A.8)$$

式中:

THD_u——试验装置输出电压的总谐波畸变率, %;
U_h——标准装置对试验装置各次谐波电压的显示值, V;
U₁——标准装置对试验装置基波电压的显示值, V。

A.4.2.7 交流电压中直流分量

- a) 分别设置试验装置交流电压输出为50 Hz、2V、10V、57.7V、120V。
b) 用标准装置分别测出交流电压各点的直流分量,计算分析直流分量并记录。试验接线参见图 A.3。交流电压中用百分数表示的直流分量含量见公式 (A.9)。

$$DHL_u = \frac{U_d}{U_m} \times 100\% \dots \dots \dots (A.9)$$

式中:

DHL——试验装置输出交流电压的直流分量含量, %;
U_d——标准装置对试验装置交流电压输出直流分量的显示值, V;
U_m——试验装置交流电压输出峰值(标准装置电压显示值×√2), V。

A.4.2.8 交流电压源输出功率

- a) 设置试验装置交流电压输出为50 Hz、120V。
b) 调节外接负载(功率因数为1、0.4、-0.4),用标准装置检测当输出电压总谐波畸变率达到1%

时,测量交流电压源外接等效负载,计算各相交流电压输出功率,见公式(A.10)。试验接线参见图A.4。

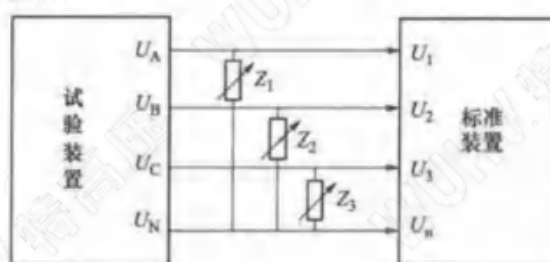
$$S_{\text{up}} = \frac{U^2}{Z_{\text{e}}} \quad (\text{A.10})$$

式中:

S_{u} ——试验装置交流电压源输出功率, W;

U ——标准装置各相交流电压, V;

Z_{e} ——试验装置各相阻抗, Ω 。



图A.4 试验装置交流电压源输出功率测试接线图

A.4.2.9 交流电压输出响应速度

- 设置交流电压输出为50 Hz、120V, 合闸角为90°。
- 用标准装置(数字存储示波器)记录试验装置输出交流电压幅值由10%上升至90%(或由90%下降至10%)的时间。试验接线参见图A.4。

A.4.2.10 交流电压输出持续时间

设置试验装置交流电压输出为50 Hz、120V, 试验装置应能稳定持续输出, 交流电压的准确度及波形畸变率应满足要求。试验接线参见图A.4。

A.4.3 数字量输出性能参数

A.4.3.1 光纤接口发送功率

在试验装置正常工作状态下, 将试验装置的光纤输出接口用尾纤接至光功率计测量发送光功率。根据测量光功率数值, 确定是否符合本文件的规定。

A.4.3.2 试验配置及报文一致性检查

- 配置输出SV 和 GOOSE 报文。SV 的参数配置至少包含品质异常、检修、失步三种状态, 按照 GB/T 20840.8 规约SV 报文的传输速率配置为5 Mbit/s和10 Mbit/s;GOOSE 报文中的数据类型至少包括单点、双点、时标、品质、整型、浮点、字符串、结构, 包含检修状态。
- 将试验装置输出端口连接至报文记录仪解析报文, 将解析的报文与试验装置配置参数对比, 判断是否一致。

A.4.3.3 SV计算能力

见DL/T 1501—2016中附录A.3.1。

A.4.3.4 SV输出间隔的离散值

见 DL/T 1501—2016中附录A.3.2。

A.4.3.5 报文延时特性模拟

见 DL/T 1501—2016中附录A.3.5。

A.4.4 交流电源相位控制

A.4.4.1 交流电源相位准确度

- a) 设置试验装置电流与电压三相对称输出，频率和幅值分别为50 Hz、5A、57.7V。固定电流相位不变，电压相位分别相对于电流超前0°、30°、60°、90°、180°、270°，测试电流与电压之间的输出相位差。
- b) 用标准装置分别测出两相电流或电压之间的相位，操作试验装置任意两相电流或电压，或电流与电压输出为50 Hz、5A、57.7V，分别设置电流的相位步长为0.5°、1°、2°，每个步长下增、减相位2个~3个点，测试各相电流输出之间的相位差。分别设置电压的相位步长为0.5°、1°、2°，每个步长下增、减相位2个~3个点，测试各相电压输出之间的相位差。试验接线参见图A.5。绝对误差见公式(A.11)。

$$\Delta = 4x - 4N \dots \dots \dots (A.11)$$

式中：

Δ ——试验装置输出值的绝对误差，°；

$4x$ ——标准装置显示值，°；

$4N$ ——试验装置输出值，°。

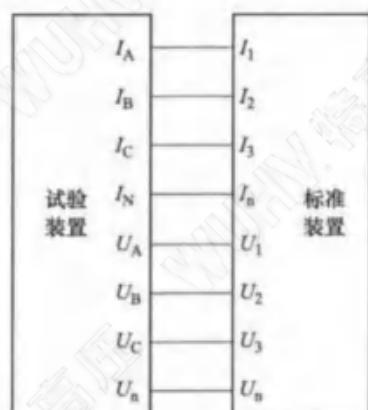


图 A.5 试验装置交流电流和交流电压输出测试接线图

A.4.4.2 合闸角控制准确度

- a) 设置试验装置输出两个状态，第一个状态设置各组电压输出为57.7V，各组电流输出为0A，初始相位为设定值；第二个状态设置电压不变，各组电流输出为1A，初始相位为设定值。状态之间通过手动切换，用数字存储示波器记录试验装置输出的电流、电压波形。计算合闸角度，示意图见图A.6。
- b) 合闸角度设定值选择30°、60°、90°、150°、210°、330°。合闸角计算见公式(A.12)。

$$\delta = 2\pi \left(1 - \frac{t_2 - t_1}{20} \right) \dots \dots \dots (A.12)$$

式中：

t_1 ——电流由0A起始上升时刻，ms；

t_2 ——电流下一个相位0°时刻，ms。

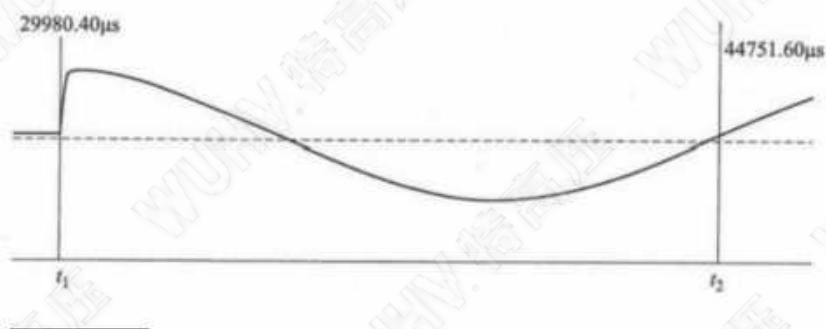


图 A.6 试验装置合闸角测试示意图

A.4.5 交流电流和交流电压输出同步性

A.4.5.1 交流电流和交流电压输出同步性(单机)

- 利用试验装置的整组试验程序，设定为三相金属性短路接地故障，故障合闸角为 90° ；再利用试验装置的常规程序设置其同时输出57.7V和5A或10A三相对称电流。
- 利用标准装置进行录波，计算分析电流、电压上升至50%或下降至50%时各路电流与电压之间的时间差并记录，计算方法示意图见图A.7。

输出同步性计算见公式(A.13)。

$$\Delta = \max(t_{i0} - t_{u0}) \dots \dots \dots (A.13)$$

式中：

Δ ——试验装置的交流量输出同步性， μs ；

t_i ——试验装置各路输出电流上升至50%的时间， μs ；

t_{u0} ——试验装置各路输出电压下降至50%的时间， μs 。

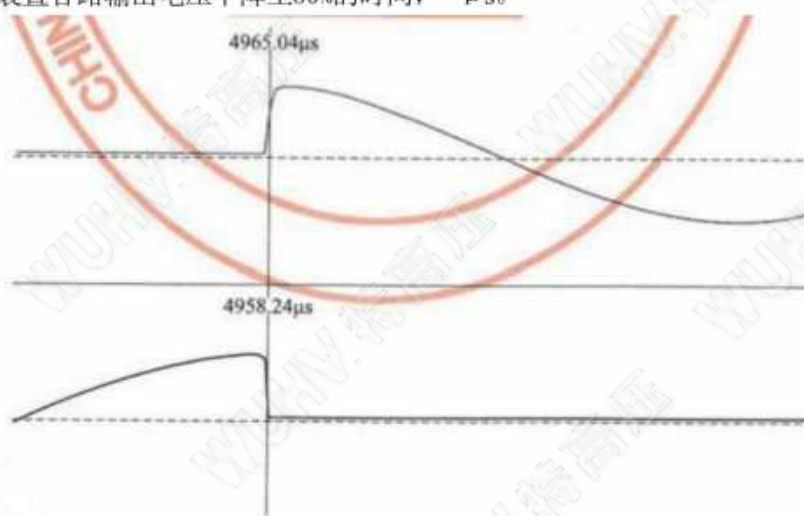


图 A.7 交流电流、电压同步性示意图

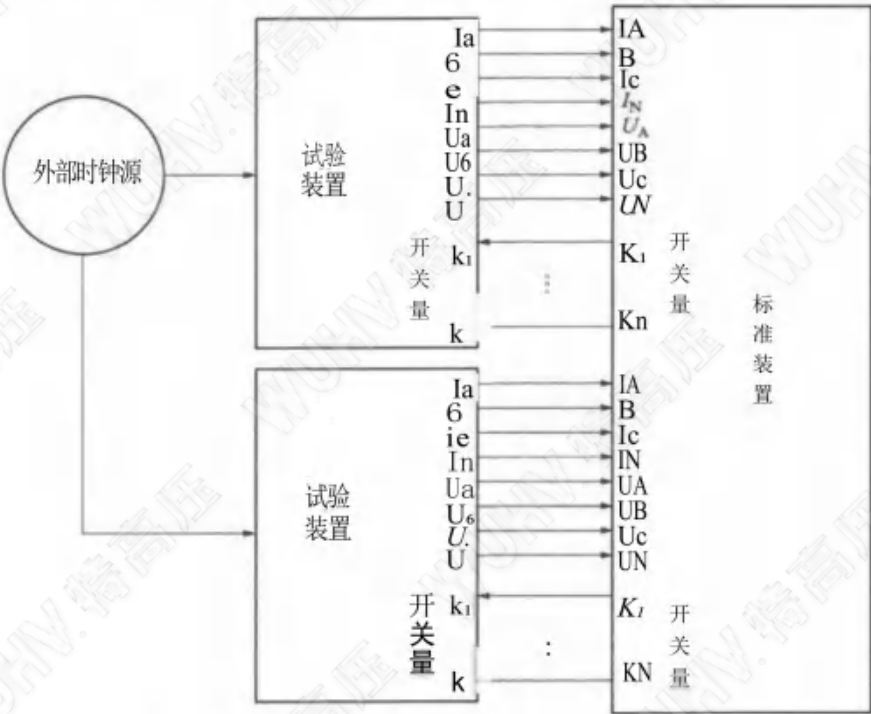
A.4.5.2 模拟量与数字量输出同步性

- 配置试验装置全部的模拟量通道输出，配置24路SV采样值输出，SV通道延时为0 μs ，试验

- 装置同时输出模拟量和数字量至检测装置。检查模拟量和数字量的精度和同步性，同步性误差不得超过 $\pm 10\text{ }\mu\text{s}$ 。
- b) 选取 GOOSE 控制块某通道映射为开关量输出1, 并与开关量硬触点分别接至检测装置，控制试验装置输出数字量和硬触点同时变位，在接收端检查两者的同步性。试验装置的GOOSE 触发模拟量输出响应时间应小于 0.1ms 。

A.4.5.3 多机输出同步性

- a) 试验装置选择外部时钟源控制触发逻辑，分别设置两台装置输出三相对称交流电流 10A 、三 相对称交流电压 57.7V 。
- b) 设置双机外部时钟源为同一时刻触发，记录两台装置的输出波形，依次对比两台试验装置电流/电压对应相别的输出同步时间差。试验接线参见图A.8。



图A.8 试验装置多机输出同步性测试接线图

触发的误差见公式(A.14)。

$$\Delta t = \max(t_1 - t_2) \dots \dots \dots (A.14)$$

式中：
 Δt —— 试验装置双机触发误差，ms；

A.4.6 输出稳定性

A.4.6.1 交流电流带负载稳定性

设定试验装置输出量为交流电流，频率为 50 Hz ，选定试验装置所能输出电流值范围内的典型值(0.1A 、 1A 、 10A 、 $I_{ac,m}$)， 分别在功率因数为 1 、 0.4 、 -0.4 的情况下，负载为 $0\text{ }\Omega \sim 0.5\text{ }\Omega$ 范围内连接

调节负载，检查电流输出的幅值、频率、畸变率等指标变化。试验接线参见图A.2。

A.4.6.2 交流电压带负载稳定性

设定试验装置输出量为交流电压，频率为50 Hz，选定试验装置所能输出电压值范围内的典型值(10V、57.7V、100V、 $U_{ac,max}$)，分别在功率因数为1、0.4、-0.4的情况下，负载为0 VA~50 VA范围内连接调节负载，检查电压输出的幅值、频率、畸变率等指标变化。试验接线参见图A.4。

A.4.6.3 交流电流时间稳定性

设定试验装置输出量为交流电流，频率为50 Hz，选定试验装置所能输出电流值范围内的典型值(0.1A、1A、10A)，在功率因数为1，负载为 0.1Ω 的情况下，检查30 min、1h、2h 等不同时间下电流输出的幅值、频率、畸变率等指标变化。试验接线参见图A.2。

A.4.6.4 交流电压时间稳定性

设定试验装置输出量为交流电压，频率为50 Hz，选定试验装置所能输出电压值范围内的典型值(10V、57.7V、100V)，在功率因数为1，负载为10 VA的情况下，检查30 min、1h、2h 等不同时间下电压输出的幅值、频率、畸变率等指标变化。试验接线参见图A.4。

A.4.7 直流电源

A.4.7.1 直流电源零点漂移

设置试验装置输出的直流电流值为0A，直流电压值为0V，测量直流电流和电压的零点漂移值。试验接线参见图A.9。

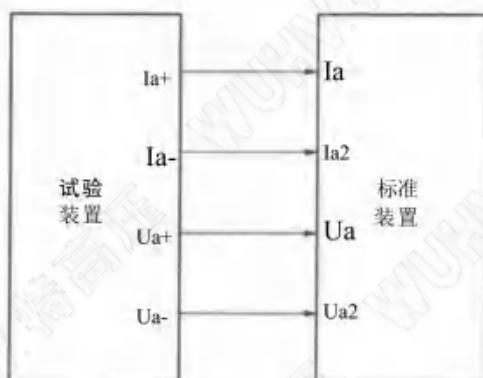


图 A.9 试验装置直流电流、电压输出接线图

A.4.7.2 直流电源幅值范围及准确度

设置直流电流输出为0.1A、1A、5A、10A、20A，设置直流电压输出为0.1V、10V、100V、200V、300V，测量直流电流、电压输出范围和精度。试验接线参见图A.9。

A.4.7.3 直流电源幅值最小可调步长

设置直流电流输出为0.1A、1A、5A、10A、20A，设置直流电压输出为0.1V、10V、100V、200V、300V，在每个输出条件下设定电流、电压输出最小步长，在每个输出值下增加/减小3个步长，用标准装置分别测出各点的值，计算分析误差并记录。试验接线参见图A.9。

A.4.7.4 直流电源带负载能力

- 设置直流电流输出为20A，增加回路的负载，监测输出电流、电压纹波因数不超过1%，计算最大功率。
- 设置直流电压输出为300V、220V、110V，增加回路的负载，监测输出电流、电压纹波因数不超过1%，计算最大功率。

A.4.7.5 直流电源纹波因数

- 设置试验装置直流电流输出为1A、5A、20A；设置直流电压输出为10V、100V、300V。试验接线参见图A.9。
- 用标准装置分别测出直流输出量中的交流量，计算直流电源纹波因数，见公式(A.15)。

$$R = \frac{X_1}{2X_2} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (A.15)$$

式中：

R —— 试验装置直流电源纹波因数，%；

X₁ —— 标准装置测得的交流电流/电压量峰峰值；

X₂ —— 标准装置测得的直流电流/电压量显示值。

A.4.7.6 直流电源输出响应速度

- 设置直流电流三个状态输出为0A、20A、0A，测量状态变化过程中电流值由10%上升至90%或由90%下降至10%的时间。
- 设置直流电压三个状态输出为0V、300V、0V，测量状态变化过程中电压值由10%上升至90%或由90%下降至10%的时间。

A.4.8 时间测量

A.4.8.1 时间测量范围

设置试验装置在模拟量变化时起表，在接收外部辅助装置的开关量时停表，调节辅助装置的开关量变化时间为1ms~9999.999s，检查试验装置应能测量。试验接线参见图A.10。

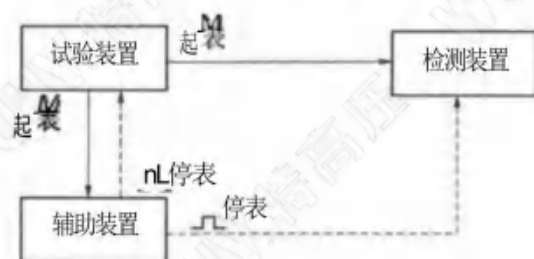


图 A.10 试验装置时间测量能力检测接线图

A.4.8.2 时间测量准确度

- 设置试验装置在模拟量变化时起表，在接收外部辅助装置的开关量时停表。设置辅助装置的开关量变位时间为10ms、1s、100s、1000s，测试装置读取起表和停表的时刻并与试验装置的测量时间比对。试验接线参见图A.10。

- b) 计算分析试验装置时间测试误差并记录。
绝对误差见公式 (A.16)。

$$\Delta = t_x - t \dots \dots \dots (A.16)$$

式中：

Δ ——试验装置时间测量值的绝对误差，ms；

t_x ——标准装置时间测量显示值，ms；

t ——试验装置时间测量显示值，ms。

时间测量值用百分数表示的相对误差见公式(A.17)。

$$\gamma = \frac{t_x - t}{t_x} \times 100\% \dots \dots \dots (A.17)$$

式中：

γ ——试验装置时间测量值的相对误差，%。

A.4.8.3 时间测量分辨率

- 设置1路外部开关量输入的连续翻转间隔为0.1ms、0.2ms、0.5ms、1ms，检查试验装置能否正确区分开关量输入的变位时间。
- 设置2路外部开关量输入，分别调整2路开关量输入的时间间隔为0.1ms、0.2ms、0.5ms、1ms，检查试验装置能否正确区分开关量输入的变位时间。

A.4.8.4 数字报文时间测量精度

- 试验装置配置1个GOOSE 控制块从1口输出，用于触发辅助试验装置；配置1个SV 控制块，SV 额定延时0 μ s，设置SV突变作为试验装置的起表信号，从3口输出，用于记录SV 突变时刻。辅助试验装置配置1个GOOSE 控制块反馈给试验装置作为停表信号，分别从2个口同步输出。试验接线参见图A.11。
- 试验装置同时输出 SV 突变和 GOOSE 变位，GOOSE 变位触发辅助试验装置并经一定延时(10 ms、1s<100 s、1000 s)输出 GOOSE 变位作为试验装置的停表信号。用检测装置记录试验装置SV 突变时刻和停表信号时刻，误差计算见公式 (A.16) 和 公式 (A.17)。

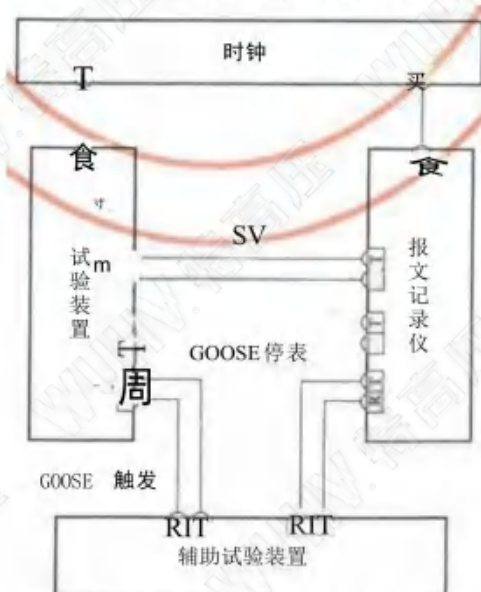


图 A.11 试验装置数字报文时间测量接线图

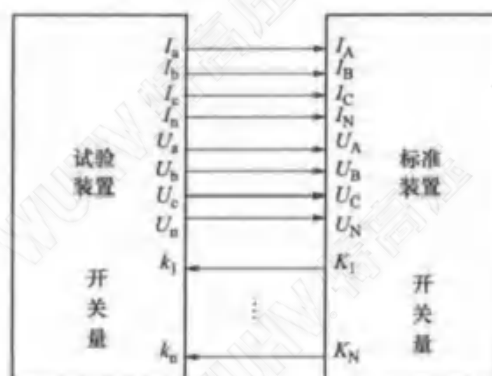


图 A.13 试验装置功能逻辑试验测试接线图

A.5.1.3 状态序列

- 设置多个状态，每个状态设置不同的切换方式(应包含时间控制、开关量输入控制、手动触发、GPS 同步触发等方式)。
- 按照时间先后关系设置正常态、一个或多个故障态和故障切除态，分次分别模拟单相接地、两相接地、相间短路、三相短路等。故障性质应包括瞬时性故障、永久性故障、发展性故障和转换性故障等，设置故障态时能提供电流恒定、电压恒定、系统阻抗恒定等测试方式，并依次控制各态转换时间。
- 设置故障时，选择合闸相位为随机或固定相位，设置断路器断开时间和合闸时间(在0ms~100ms 内任意选取至少3个点)。
- 在故障电流上叠加任意幅值、相位的负荷电流。
- 在故障电流上按相叠加可衰减的直流分量(即非周期分量)，并在范围内控制衰减时间常数。用检测仪器记录整个过程并检查是否与设置相符。

A.5.1.4 网络及报文异常

- 检查SV 采样值传输异常(丢帧1点~6点、错序、频率抖动、采样计数重复)，报文异常(APPID、组播地址、SVID 等不一致)，数据异常(双AD 异常、额定延时异常、失步)，品质异常(品质无效和检修状态)等情况，在标准装置上核对报文是否与配置相同。
- 检查GOOSE 报文传输异常(报文重复、错序、超时的变位报文、报文中断、初始化报文中包含变位信息)，参数异常、数据异常(虚变和异常跳变、双点开关无效)，品质异常(无效、检修标志下的变位报文)等异常情况，在标准装置上核对报文是否与配置相同。
- 异常测试支持在线配置和离线配置方式。异常报文测试的模式支持：持续性异常，即每帧都异常；周期性异常，即若干帧正常报文后再有若干帧异常报文，交替发送；随机异常，即异常帧随机出现。
- 对于不同控制块的异常报文测试，支持按光口设置，即同一时刻支持部分光口品质和数据正常、部分光口品质和数据异常。

A.5.2 专项试验

A.5.2.1 距离保护功能

- 分别设置单相接地距离、相间接地距离、三相接地故障的阻抗值，通过测量电压、电流计算其阻抗输出的准确性。

DL/T 624—2023

- b) 设置阶梯性阻抗参数和时间, 自动校验外部阻抗阶梯特性。
- c) 设置不同的阻抗边界特征, 进行外部阻抗特性扫描。

A.5.2.2 差动保护功能

- a) 在差动保护功能模块设置制动曲线, 进行差动保护比率制动特性测试。
- b) 检查差动保护功能模块具备比率制动特性自动扫描和定点测试、比率制动闭锁值校验、谐波制动特性校验、间断角闭锁校验测试功能。

A.5.2.3 零序电流保护功能

在零序电流保护校验模块设置不同零序定值参数, 支持定点校验和自动校验辅助设备的零序电流保护功能。

A.5.2.4 自动重合闸功能

设置重合闸测试参数, 测试其合闸后加速和前加速, 以及检同期和无压的功能。

A.5.2.5 低频减载功能

- a) 设置试验装置输出:
 - 1) 状态1: 电压幅值为100V, 相位为0相, 频率为50 Hz, 最长故障时间为100ms;
 - 2) 状态2: 电压幅值为100V, 相位为0相, 频率起始值为50 Hz, 终止值为40 Hz, 设置不同的频率变化率 df/dt ;
 - 3) 状态3: 电压幅值为100V, 相位为0相, 频率为40Hz, 故障时间为125ms。
- b) 试验装置接收辅助装置的动作信号, 记录动作时间。

A.5.2.6 低压减载功能

- a) 设置试验装置输出:
 - 1) 状态1: 电压幅值为100V, 相位为0相, 频率为50 Hz, 最长故障时间为100 ms;
 - 2) 状态2: 电压高值为100V, 低值为20V 及斜率为 dU/dt ;
 - 3) 状态3: 电压幅值为20V, 相位为0相, 频率为50 Hz, 故障时间为125ms。
- b) 试验装置接收辅助装置的动作信号, 记录动作时间。

A.5.2.7 备用电源自动投入功能

- a) 模拟正常运行、工作电源失电跳闸、备用电源合闸的状态过程。
- b) 检查输出电压、电流满足各种接线方式的备用电源自动投入测试需求。

A.5.2.8 复合电压闭锁方向过电流保护

试验装置支持低压、负序闭锁定值设置, 支持正反方向故障设置, 支持按阶梯动作曲线设置过电流定值, 能手动或自动完成复合电压闭锁方向过电流功能校验。

A.5.2.9 反时限特性

设置试验装置反时限曲线参数, 检测其输出的准确性, 测试反时限动作时间。

- a) 电流变量自动测试符合DL/T 823规定的反时限特性曲线。
- b) 保护提供的反时限方程, 自动测试 $I-t$ 的反时限特性曲线。
- c) 电流变量自动测试动作值和动作时间。

A.5.2.10 模拟振荡功能

- a) 设置振荡初始功角、最大振荡功角、振荡周期、振荡次数、振荡前时间、系统频率等。若模拟振荡过程中发生故障，还应设置故障参数。
- b) 设置故障参数，包括故障类型、短路阻抗、零序补偿系数、振荡中发生故障的时间等。
- c) 在记录的波形中确定最大振荡电压 $U_{\max}$ 、最大振荡电流 $I_{\max}$ 、振荡次数、振荡周期、振荡功角等，应与试验装置的设定值相同。

A.5.2.11 叠加谐波功能

- a) 设置试验装置输出电压、电流的基波参数(幅值和相位), 叠加各次谐波分量的参数。叠加的谐波分量参数可按谐波分量的幅值或基波量的百分数进行设定。
- b) 利用标准装置提取试验装置的输出波形，进行谐波分析，对比试验装置的设备输出。

A.5.2.12 叠加直流分量

- a) 设置试验装置交流电流量为1A、10A、20A，叠加不同幅值和时间常数的直流分量，测量电流的起始值，计算叠加值和实际设置值的差异。
- b) 检查试验装置应能在最大交流量输出值范围内叠加直流。

A.5.2.13 故障回放功能

导入故障波形文件，从中选择通道并与试验装置的采样值或开关量进行关联，依次对波形进行单通道放大/缩小、反相、局部裁剪、波形扩展等操作，检查试验装置波形回放输出的正确性。

A.5.2.14 自动测试功能

- a) 将试验装置与标准装置或辅助装置相连，验证试验装置的站控层数据通信服务功能，应支持不同类型的通信规约。
- b) 利用标准测试模板验证试验装置的模拟量、开关量输出等功能，以及针对不同类型保护功能的自动校验功能。
- c) 利用接口协议测试工具验证试验装置的对外标准通信接口功能。
- d) 根据自定义模板验证试验装置的自动生成报告功能。

A.6 绝缘性能

按照GB/T 7261—2016中第13章的规定和方法进行绝缘电阻测量和介质强度试验。

A.7 振动试验(振动耐久试验)

按照GB/T 7261—2016中12.1的规定和方法进行振动耐久试验。

A.8 冲击试验(冲击耐久试验)

按照GB/T 7261—2016中12.2的规定和方法进行冲击耐久试验。

A.9 碰撞试验

按照GB/T 7261—2016中12.2的规定和方法进行碰撞试验。

A.10 温度影响

- a) 低温试验按照GB/T 2423.1规定的试验Ad 进行，高温试验按照GB/T 2423.2规定的试验Bd 进

DL/T 624—2023

行。高、低温试验严酷等级取额定工作条件下的最高温度和最低温度，持续时间为16h。

- b) 温度变化试验按照GB/T 2423.22规定的试验Nb 进行，严酷等级取额定工作条件下的最高温度和最低温度，高、低温下保持3h，温度变化率为 $(1 \pm 0.2) \text{ K/min}$ ，试验持续5个周期。

A.11 耐湿热试验

按照GB/T 2423.4中试验Db 交变湿热试验进行。

A.12 供电电源的影响

按照GB/T 7261—2016中第11章的规定和方法进行供电电源影响试验。

A.13 电磁兼容

A.13.1 静电放电抗扰度试验

按照GB/T 17626.2中规定的方法进行静电放电抗扰度试验。

A.13.2 射频电磁场抗扰度试验

按照GB/T 17626.3中规定的方法进行射频电磁场抗扰度试验。

A.13.3 快速瞬变抗扰度试验

按照GB/T 17626.4中规定的方法进行快速瞬变抗扰度试验。

A.13.4 阻尼振荡波抗扰度试验

按照GB/T 17626.18中规定的方法进行阻尼振荡波抗扰度试验。

A.14 连续通电

试验装置连续通电10h、50h、100h 后操作电流、电压输出，试验装置应正常工作并记录。

参 考 文 献

- [1]GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法试验A：低温
 - [2]GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法试验 B：高温
 - [3]GB/T 2423.4 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(12h+12h循环)
 - [4]GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法试验N：温度变化
 - [5]GB/T 7261—2016 继电保护和安全自动装置基本试验方法
-