



中华人民共和国电力行业标准

DL/T XXXX—202X

发电厂继电保护和安全自动装置检验规程 第 2 部分：水力发电厂

Testing regulations for relaying protection and security automatic equipment
in power station——Part 2: Hydraulic set

（在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上）

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

国家能源局 发布

目 次

前 言	2
引 言	3
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总体要求	2
5 检验种类及周期	2
6 检验工作应具备的条件	2
7 现场检验	3
8 与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统的配合检验	13
9 装置投运	14

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—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。

本文件是 DL/T XXXXX《发电厂继电保护和安全自动装置检验规程》的第2部分。DL/T XXXXX已经发布了以下部分：

——第1部分：燃煤发电厂。

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这些专利的责任。

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标准化管理中心提出。

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：

本文件主要起草人：

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1号，100761）。

引 言

一直以来，我国电力行业继电保护和安全自动装置安装调试及运行维护工作依据的标准是 DL/T 995《继电保护和电网安全自动装置检验规程》（以下简称“规程”）。该规程的范围主要是针对电网的继电保护和安全自动装置，对于发电厂的继电保护和安全自动装置有所涉及，但尚有部分设备未包含在内，如发电机组、厂用高中低压设备的相关继电保护及安全自动装置等；规程的试验内容主要是依据电网系统设置，而发电厂的一些特有的试验过程，如：发电机组启动试验、机组甩负荷试验、厂用中低压设备切换试验及不同类型发电厂特有设备的试验等没有充分体现，同时，规程未涉及发电机组启动过程中继电保护和安全自动装置调试要求。在此背景下，编制本标准作为 DL/T 995《继电保护和电网安全自动装置检验规程》的必要补充，满足电源侧的继电保护及安全自动装置现场检验工作的需要。

鉴于火电、水电、燃机等不同类型发电机组的设备和试验内容区别较大，因此本标准制定为系列标准，拟由三部分构成。本文件为系列标准第二部分。

- 第 1 部分：燃煤发电厂。
- 第 2 部分：水力发电厂。
- 第 3 部分：燃气—蒸汽联合循环电站。

发电厂继电保护和安全自动装置检验规程

第2部分：水力发电厂

1 范围

本文件规定了水力发电厂继电保护及安全自动装置及其二次回路接线检验的周期、内容及要求。

本文件适用于水电厂对继电保护和安全自动装置（以下简称保护装置）运行进行安装调试、运行维护等工作。抽水蓄能电站可参照执行。

注：本文件中的继电保护装置包括发电机保护装置、变压器保护装置、升压站母线保护装置、线路保护装置、断路器保护装置、厂用电保护装置、故障录波装置等。安全自动装置包括励磁调节器、自动准同期装置、备用电源自动投入装置等。

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 2900.50 电工术语 发电、输电及配电、通用术语
- GB/T 2900.57 电工术语 发电、输电及配电运行
- GB/T 2900.94 电工术语 互感器
- GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器
- GB/T 7261 继电保护及安全自动装置基本试验方法
- GB/T 37761 电力变压器冷却系统 PLC 控制装置技术条件
- GB/T 38334-2019 水电站黑启动技术规范
- GB/T 40594 电力系统网源协调技术导则
- GB/T 50063 电力装置电测量仪表装置设计规范
- GB 50116 火灾自动报警系统设计规范
- GB 50150-2016 电气装置安装工程电气设备交接试验标准
- GB 50171 电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范
- GB 50217 电力工程电缆设计标准
- GB/T 50976-2014 继电保护及二次回路安装及验收规范
- DL/T 321 水力发电厂计算机监控系统与厂内设备及系统通信技术规定
- DL/T 507-2014 水轮发电机组启动试验规程
- DL/T 578 水电厂计算机监控系统基本技术条件
- DL/T 583 大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置技术条件
- DL/T 687 微机型防止电气误操作系统通用技术条件
- DL/T 751 水轮发电机运行规程
- DL/T 866 电流互感器和电压互感器选择及计算规程

DL/T-XXX—XXXX

DL/T 995-2016 继电保护和电网安全自动装置检验规程
DL/T 1013 大中型水轮发电机微机励磁调节器试验和调整导则
DL/T 1166 大型发电机励磁系统现场试验导则
DL/T 2545.1 发电厂继电保护及安全自动装置检验规程 第 1 部分：燃煤发电厂
DL/T 2533 发电厂继电保护和安全自动装置现场工作安全措施规范
DL5027 电力设备典型消防规程
DL/T 5044 电力工程直流电源系统设计技术规程
T/CEC 244 发电机组控制用功率变送装置通用技术条件
T/CEEMA 005 电力系统二次设备防雷运行维护规范
国能发安全〔2023〕22 号 防止电力生产事故的二十五项重点要求

3 术语和定义

GB/T 2900.94、GB/T 2900.95、GB/T2900.50、GB/T2900.57 界定的术语和定义适用于本文件。

4 总体要求

- 4.1 本文件是水电机组保护装置在检验过程中应遵守的基本原则。
- 4.2 本文件内容不限于继电保护单体装置，还包括合并单元、智能终端、交换机、通道、二次回路等构成继电保护系统的设备。
- 4.3 除上述要求外，本文件还应按照 DL/T 2545.1 相关条款的规定执行。

5 检验种类及周期

保护装置的检验种类和周期按照 DL/T 2545.1 相关条款的规定执行。

6 检验工作应具备的条件

6.1 仪器、仪表的基本要求与配置

- 6.1.1 装置检验所使用的仪器、仪表应经过检验合格，并应满足 GB/T7261 的规定，定值检验所使用的仪器、仪表的准确级应不低于 0.5 级。
- 6.1.2 继电保护专业部门应配置以下仪器、仪表：微机继电保护测试仪、便携式录波器（波形记录仪）、电压表、电流表、相位表、相序表、绝缘电阻表（500V、1000V 及 2500V）。根据需要可配置：调试载波通道测试所需的高频振荡器和选频表，无感电阻，可变衰耗器等；调试光纤纵联通道所需的光源、光功率计、误码仪、可变光衰耗器等仪器；其他试验所需的模拟断路器、滑线变阻器、互感器综合特性测试仪、可记忆示波器、直流级差试验仪器等。

6.2 检验前的准备工作

6.2.1 在现场进行检验工作前，应认真了解被检验保护装置的一次设备情况及其相邻的一、二次设备情况，与运行设备关联部分的详细情况，据此制定在检验工作全过程中确保系统安全运行的技术措施，措施可参照 DL/T 2533 执行。

6.2.2 应具备与实际状况一致的图纸、最近一次检验记录、有效定值通知单、标准化作业指导书、合格的仪器仪表、备品备件、工具和连接导线等。

6.2.3 规定有接地端的测试仪表，在现场进行检验时，不允许直接接到直流电源回路中，以防发生直流电源接地现象。

6.2.4 保护装置的验收检验前的准备工作包括：

- a) 了解设备的一次接线及投入运行后可能出现的运行方式和设备投入运行的方案，该方案应包括投入初期的临时继电保护方式。
- b) 检查装置的原理接线图、设计图及与之相符合的二次回路安装图，电缆敷设图，电缆编号图，断路器操动机构图，电流、电压互感器端子箱图及二次回路分线箱图，直流电源回路设计图，二次地网设计图等全部图纸以及装置的原理和技术说明书及断路器操动机构说明书，电流、电压互感器的出厂试验报告等。以上技术资料应齐全、正确。
- c) 根据设计图纸，到现场核对接线是否正确。
- d) 对新安装的保护装置，应核对所有保护装置的安装位置。

6.2.5 对保护装置的整定试验，应按有关继电保护部门提供的定值通知单进行，工作负责人应熟知定值通知单的内容，核对所给的定值是否齐全，定值通知单是否与装置相符，应包括：继电保护装置、励磁调节器、自动准同期装置、备用电源自动投入装置、故障录波器等安全自动装置的定值。定值通知单中的电流互感器、电压互感器的变比值是否与现场实际情况相符合。

6.2.6 继电保护检验人员在运行设备上进行检验工作时，应遵照 GB 26860 的规定履行工作许可手续，并采取必要的安全措施之后，才能进行检验工作。

6.2.7 检验现场应提供安全可靠的检修试验电源，禁止从运行设备上接取试验电源。

7 现场检验

7.1 电流、电压互感器的检验

7.1.1 电流互感器的检验

新安装电流互感器的验收检验，应检查电流互感器的铭牌参数是否完整，出厂合格证及试验资料是否齐全，有关制造厂或基建、生产单位的试验部门应提供下列试验资料：

- a) 所有绕组的极性。
- b) 所有绕组及其抽头的变比。
- c) 电流互感器各绕组的准确级（级别）、容量及内部安装位置。
- d) 二次绕组的直流电阻（各抽头）。
- e) 电流互感器各绕组的励磁特性曲线。

电流互感器安装竣工后，继电保护检验人员应进行下列检查：

- a) 电流互感器的变比、容量、准确级应符合设计要求。

- b) 测试电流互感器各绕组间的极性关系，核对铭牌上的极性标志是否正确。检查电流互感器各次绕组的连接方式及其极性关系应符合设计要求，相别、端子号标识应正确。
- c) 有条件时，自电流互感器的一次分相通入电流，检查工作抽头变比是否正确。
- d) 检查电流互感器备用绕组可靠短接并应一点接地。

7.1.2 电压互感器的检验

新安装电压互感器的验收检验，应检查电压互感器的铭牌参数是否完整，出厂合格证及试验资料是否齐全，有关制造厂或基建、生产单位的试验部门应提供下列试验资料：

- a) 所有绕组的极性。
- b) 所有绕组及其抽头的变比。
- c) 电压互感器在各使用容量下的准确级、容量及内部安装位置。
- d) 二次绕组的直流电阻（各抽头）。

电压互感器安装竣工后，继电保护检验人员应进行下列检查：

- a) 电压互感器的变比、容量、准确级应符合设计要求。
- b) 测试互感器各绕组间的极性关系，核对铭牌上的极性标志是否正确。检查互感器各次绕组的连接方式及其极性关系应符合设计要求，相别、端子号标识应正确。

7.2 二次回路检验

7.2.1 新安装二次回路的检验

在被保护设备的断路器、电流互感器以及电压回路与其他单元设备的回路完全断开后方可进行。应进行下列检查：

- a) 对回路的所有部件进行观察、清扫与必要的检修及调整。所述部件包括：与装置有关的操作把手、按钮、插头、灯座、位置指示继电器、中央信号装置及这些部件回路中端子排、电缆、熔断器等。
- b) 利用导通法依次经过所有中间接线端子，检查由互感器引出端子箱到操作屏柜、保护屏柜、自动装置屏柜或至分线箱的电缆回路及电缆芯的标号，并检查电缆簿的填写是否正确。
- c) 检查屏柜上的设备及端子排上内部、外部连线的接线应正确，接触应牢靠，标号应完整准确，且应与图纸相符合。检查电缆终端和沿电缆敷设路线上的电缆标牌是否正确完整，并应与设计相符。
- d) 检查屏柜、箱体内二次导线接入接线端子，应牢固可靠，符合 GB50171 的要求，还应符合下列要求：
 - 1) 每个端子接入的导线应在两侧均匀分布，一个连接点上接入导线宜为 1 根，不应超过 2 根，如 2 根导线压接应为同线径。
 - 2) 对于插接式端子，不同截面的 2 根导线不应接在同一端子上；对于螺栓连接端子，当接 2 根导线时，中间应加平垫片。
 - 3) 电流回路端子的一个连接点不应压 2 根导线，也不应将 2 根导线压在一个压接头再接至一个端子。
 - 4) 使用多股软线时，应采用冷压接端头；冷压接应连接可靠，接触良好。
 - 5) 信号回路的检查，宜用导通法逐一检查信号回路电缆连接的正确性，对于多个信号同时导通的情况宜采取解开线芯的方法检查。
 - 6) 检查端子排，电压回路的相间、正负电源之间、跳（合）闸引出线之间以及跳（合）闸引出线与正电源之间、交流与直流电之间等应至少采用一个空端子隔开。

7.2.2 二次回路绝缘检查

二次回路绝缘应进行下列检查：

a) 检查前应注意以下事项：

- 1) 在对二次回路进行绝缘检查前，应确认被保护设备的断路器、电流互感器全部停电，交流电压回路已在电压切换把手或分线柜处与其他单元设备的回路断开，并与其他回路隔离完好后，才允许进行。
- 2) 在进行绝缘测试时，应注意：试验线连接要紧固；每进行一项绝缘试验后，须将试验回路对地放电；对母线差动保护、断路器失灵保护及安全自动装置，如果不可能出现被保护的所有设备同时停电的机会时，其绝缘电阻的检验只能分段进行，即只测定停电的被保护单元所属回路的绝缘电阻。

b) 新安装装置的验收试验时，二次回路试验项目应按照 GB50150-2016 中 22.0.1-22.0.3 条执行。

c) 定期检验时，在保护屏柜的端子排处将所有电流、电压、直流控制回路的端子的外部接线拆开，并将电压、电流回路的接地点拆开，用 1000V 兆欧表测量回路对地的绝缘电阻，其绝缘电阻应大于 $1\text{M}\Omega$ 。

d) 对使用触点输出的信号回路，用 1000V 绝缘电阻表测量电缆每芯对地及对其他各芯间的绝缘电阻，其绝缘电阻不应小于 $1\text{M}\Omega$ 。定期检验只测量芯线对地的绝缘电阻。

e) 对新安装采用金属氧化物避雷器接地的电压互感器的二次回路，需检查其接线的正确性及金属氧化物避雷器的工频放电电压。

f) 定期检查时可用绝缘电阻表检验金属氧化物避雷器的工作状态是否正常。一般当用 1000V 绝缘电阻表时，金属氧化物避雷器不应击穿；而用 2500V 绝缘电阻表时，则应可靠击穿。

7.2.3 电流互感器二次回路检查

电流互感器二次回路应进行下列检查：

a) 检查电流互感器二次绕组所有二次接线的正确性及端子排引线螺钉压接的可靠性。

b) 检查电流二次回路的接地点与接地状况，电流互感器的二次回路应分别且只能有一点接地；由几组电流互感器二次组合的电流回路，应在有直接电气连接处一点接地；同屏多个独立电流二次回路的接地线不应串接接地。

c) 接入保护的电流互感器二次线圈应按下列原则分配：双重化配置的继电保护级电流回路应分别取自电流互感器相互独立的绕组；电流互感器绕组的分配应避免出现保护动作死区；电流互感器的保护级次应靠近 L1 (P1) 侧，测量（计量）级次应靠近 L2 (P2) 侧；保护级次绕组从母线侧按先间隔保护后母差保护排列；故障录波器应接于保护级电流互感器的二次回路。

d) 确认电流二次回路没有开路，电流互感器二次过电压保护设备不得接入电流二次回路。

e) 装置投运前应按照以下要求进行二次电流回路通流试验：

- 1) 试验前检查电流互感器二次回路直阻，电流互感器二次回路三相直流电阻（包括电流互感器及二次回路直阻）应与最近一次数据相比无明显差别，每相之间无明显差别。
- 2) 试验时，自电流互感器的二次端子箱处向负载端通入交流电流。首先分相通入不同幅值的电流，在保护屏、测控屏、计量屏、故障录波屏等处测量，检查二次回路的正确性；再通入额定电流，测定二次回路压降，计算电流回路每相与中性线及相间的阻抗（二次回路负担），将所测得的阻抗值，按保护的具体工作条件和电流互感器特性试验报告来验算所测得的阻抗值是否符合互感器 10% 误差的要求。

f) 投运后首次全检，宜在 CT 端子箱处对电流二次回路通流校验回路的正确性。

g) 新安装或经更改的电流回路，应利用一次电流检查电流二次回路接线的正确性。

7.2.4 电压互感器二次回路检查

电压互感器二次回路应进行下列检查：

- a) 检查电压互感器二次、三次绕组的所有二次回路接线的正确性、完整性及端子排引线螺钉压接的可靠性。
- b) 经控制室零相小母线（N600）连通的几组电压互感器二次回路，只应在控制室将 N600 一点接地，各电压互感器二次中性点在开关场的接地点应断开；为保证接地可靠，各电压互感器的中性线不得接有可能断开的熔断器（自动开关）或接触器等。独立的、与其他互感器二次回路没有直接电气联系的二次回路，可以在控制室也可以在开关场实现一点接地。
- c) 来自电压互感器二次回路的 4 根开关场引入线和互感器三次回路的 2（3）根开关场引入线应分开，不得共用电缆。
- d) 检查电压互感器二次中性点在开关场的金属氧化物避雷器的安装是否符合规定。
- e) 新投入时，检查电压互感器二次回路中所有熔断器（自动开关）的装设地点、熔断（脱扣）电流是否合适、质量是否良好，能否保证选择性，自动开关线圈阻抗值是否合适。剩余电压绕组和另有特别规定者，二次回路不应装设自动空气开关或熔断器。
- f) 检查串联在电压回路中的熔断器（自动开关）、隔离开关及切换设备触点接触的可靠性。
- g) 测量电压回路自互感器引出端子到配电屏电压母线的每相直流电阻，并计算电压互感器二次回路允许压降，其值应符合 GB/T50063、DL/T866 的规定，保护和测量回路不应大于额定二次电压的 3%，计量回路不应大于额定二次电压的 0.2%。
- h) 两套主保护的电压回路宜分别接入电压互感器的不同二次绕组。
- i) 新安装或经更改的电压回路，应利用工作电压检查电压二次回路接线的正确性。
- j) 装置投运前应按照以下要求进行二次电压回路升压试验：
 - 1) 试验前应做好防止电压反充电的措施。
 - 2) 试验时，自电压互感器的二次端子箱处向负载端注入各相不同幅值的交流电压，分别测量保护屏、测控屏、计量屏、故障录波屏电压回路二次电压，检查所接二次回路的正确性。
 - 3) 对于经电压切换装置的电压回路，分别将不同幅值的电压通入电压互感器二次回路 A 相、B 相、C 相及开口三角 L 相，检查切换前电压回路电压值及回路接线的正确性；模拟刀闸位置，检查切换后电压回路电压值及回路接线的正确性。
 - 4) 投运后首次全检，宜在 PT 端子箱处对电压二次回路通压校验回路的正确性。

7.2.5 直流电源回路检查

直流电源回路应进行下列检查：

- a) 6kV 及以上各类保护装置的电源和断路器控制电源应可靠分开，并应分别经专用的直流空气开关供电。
- b) 对于采用近后备原则进行双重化配置的保护装置，每套保护装置应由不同的直流电源供电，并应分别设置专用的直流空气开关。
- c) 断路器有两组跳闸线圈时，其每一组跳闸回路应分别由专用的直流空气开关供电，且应接于不同的直流供电系统。
- d) 操作箱中两组操作电源，不应有自动切换回路，公用回路应采用第一组操作电源，第一组操作电源失压后不影响第二组操作回路的完整性。
- e) 双重化配置的每套保护装置的电源与其所用跳闸线圈的控制电源应接于同一段直流电源。
- f) 每套保护配置独立的交流电压切换装置时，电压切换装置与保护装置使用同一电源。
- g) 变压器及电抗器的两套完整独立的电气量保护和一套非电量保护应使用各自独立的电源回路，

包括直流空气开关及其直流电源监测回路在保护柜上的安装位置应相对独立。

- h) 当设备新投入或接入新回路时，核对空气开关的额定电流是否与设计相符或与所接入的负荷相适应，并满足上下级之间的配合。新建或改造的发电机组、发电厂升压站的直流电源系统，应进行直流断路器的灵敏度、选择性校核以及级差配合试验。
- i) 宜按照 T/CEEMA005 要求定期进行直流电源系统电涌保护器的检验。
- j) 检查直流回路无寄生回路。
- k) 每一套独立的装置，应有专用于直接到直流熔断器正负极电源的专用端子对，该套保护的全部直流回路包括跳闸出口继电器的线圈回路，应从这一对专用端子取得直流的正、负电源。
- l) 新建电厂投运前宜模拟直流正极接地，直跳继电器应不动作；宜模拟操作箱跳闸保持继电器线圈的正电源侧一点接地，跳闸保持继电器应不动作。
- m) 直流电源向黑启动负荷供电的同时，应满足直流起励、直流电磁阀动作等脉冲负载的工作要求。直流系统蓄电池组容量应满足黑启动要求，持续供电时间不小于 2h。

7.2.6 断路器、隔离开关二次回路的检验

断路器、隔离开关二次回路的检查按照 DL/T995—2016 相关条款的规定执行。

7.2.7 发电机二次回路的检验

发电机二次回路应进行下列检查：

- a) 键相脉冲信号及相关二次回路应符合设计要求，绝缘良好。
- b) 导叶位置接点及相关二次回路应符合设计要求，绝缘良好。
- c) 轴绝缘碳刷安装位置应符合设计要求，接触良好，相关二次回路符合设计要求，绝缘良好。
- d) 转子接地保护相关二次回路应符合设计要求，绝缘良好。
- e) 注入式定子接地保护相关二次回路应符合设计要求，绝缘良好。

7.2.8 变压器二次回路的检验

变压器二次回路应进行下列检查：

- a) 变压器本体非电量保护二次回路接线应符合设计要求，绝缘良好。由气体继电器、压力释放阀、速动油压继电器、油位表、油面温度表、绕组温度表接线盒接至端子箱的二次电缆应具备防雨、防油渗漏的措施。
- b) 非电量保护从本体引至端子箱的二次回路应尽量减少中间转接；不采用就地跳闸方式的，端子箱引至保护屏的二次回路不应存在过渡或转接环节。
- c) 变压器冷却系统控制箱二次回路检查。
 - 1) 强油循环的冷却系统应配置两个相互独立的电源，并通过模拟工作电源失电的方式检查自动切换功能是否正常。
 - 2) 检验每组冷却器均可用控制开关选择冷却器的工作状态（即工作、辅助、备用、停运）。每组冷却器的油泵和风扇电动机回路应装设单独的接触器、热继电器和自动空开。工作、备用和辅助冷却器能够按照设计要求正确启动，就地信号灯指示应正确。
 - 3) 对于采用 PLC 进行变压器冷却器控制的，应按照 GB/T 37761 的相关要求进行功能检查及试验。
 - 4) 冷却器全停保护逻辑检验。
- d) 检验变压器有载调压装置控制回路接线正确，档位切换正常，档位指示正确，保护闭锁有载调压功能正常。

7.2.9 励磁系统二次回路的检验

励磁系统安装竣工后，检验人员应根据设计图纸进行下列检查：

- a) 励磁系统中两套励磁调节器的电压回路应相互独立，使用机端不同电压互感器的二次绕组。
- b) 自并励系统中，励磁变压器不应采取高压熔断器作为保护措施。
- c) 发电机转子接地保护装置原则上应安装于励磁系统柜。接入保护柜或机组故障录波器的转子正、负极电压采用高绝缘的电缆且不能与其他信号共用电缆。
- d) 存在电制动装置的励磁设备，电制动电源应与起励电源分开接入。
- e) 对电制动系统接入励磁设备相关二次回路进行检查。
- f) 对于具备黑启动功能的机组，励磁控制装置应采用交直流双电源供电。
- g) 励磁系统重度故障跳闸逻辑检验。

7.2.10 其他回路的检查

电气与自控联系回路检查：

- a) 检查有关电气与自控、机械联系的设备的技术性能及其调试结果、检查机组现地控制单元（Local control unit, LCU）保护以及并网状态等信号的逻辑、检验自保护屏柜至 LCU、水轮机本体及附属装置、二次回路端子排处有关电缆线连接的正确性及螺钉压接的可靠性。
- b) 检查变送器的配置、用途及接线方式，检查变送器输入量程与电流、电压互感器规格匹配的正确性，变送器量程与 LCU 设置相符合，并采用在变送器屏端子排处注入电流、电压的方法检验变送模拟量在监控画面显示的正确性。
- c) 检查电制动装置短路开关与 LCU 联系的二次回路连接是否准确。检查电制动装置与保护装置的二次回路连接是否准确。
- d) 检查轴电流装置与保护装置的二次回路连接是否准确。

7.2.11 接地检查

接地检查应符合国能发安全〔2023〕22 号、GB 50171—2012、GB 50217、GB/T 50976—2014 的要求，按照以下要求检查：

- a) 检查控制电缆的屏蔽层选择应符合 GB 50217 的 3.7.6 条、国能安全〔2014〕161 号文 18.7.7 条规定。
- b) 主控室、保护室、敷设二次电缆的沟道、开关场的就地端子箱及保护用结合滤波器等处，使用截面面积不小于 100mm^2 的裸铜排（缆）敷设与主接地网紧密连接的等电位接地网。
- c) 主控室、保护室柜屏下层的电缆室（或电缆沟道）内，按柜屏布置的方向敷设 100mm^2 的专用铜排（缆），将该专用铜排（缆）首末端连接，形成保护室内的等电位接地网。保护室内的等电位接地网与厂、站的主接地网只能存在唯一连接点，连接点位置宜选择在保护室外部电缆沟道的入口处。为保证连接可靠，连接线应用至少 4 根以上、截面面积不小于 50mm^2 的铜缆（排）构成共点接地。
- d) 沿开关场二次电缆的沟道敷设截面面积不少于 100mm^2 的铜排（缆），并在保护室（控制室）及开关场的就地端子箱处与主接地网紧密连接，保护室（控制室）的连接点宜设在室内等电位接地网与厂、站主接地网连接处。
- e) 保护柜和保护装置，包括保护接口屏和接口装置、收发信机，其本体应设有专用的接地端子，装置机箱应构成良好的电磁屏蔽体，并使用截面面积不小于 4mm^2 的多股铜质软导线可靠连接至屏柜内的接地铜排上。
- f) 变压器、断路器、电制动装置、隔离开关、结合滤波器和电流互感器、电压互感器等设备的二

二次电缆应经金属管从一次设备的接线盒（箱）引至就地端子箱，并应将金属管的上端与上述设备的支架槽钢和金属外壳良好焊接，下端就近与主接地网良好焊接。应在就地端子箱处将这些二次电缆的屏蔽层使用不小于 4mm^2 的多股铜质软导线可靠单端连接至等电位接地网的铜排上，本体上的二次电缆屏蔽层不应接地。

- g) 励磁系统的二次控制电缆均采用屏蔽电缆，电缆屏蔽层应可靠接地。
- h) 计算机监控系统的模拟信号、控制回路电缆屏蔽层，应满足 GB50217 的要求，不得构成两点或多点接地，应集中式一点接地。屏蔽层接地的位置应符合设计要求，当信号源浮空时，应在计算机侧接地；当信号源接地时，屏蔽层的接地点应靠近信号源的接地点；当放大器浮空时，屏蔽层的一端宜与屏蔽罩相连，另一端宜接共模地，其中，当信号源接地时接现场地，当信号源浮空时接信号地。
- i) 发电机风洞内控制电缆屏蔽层应一点可靠接地，或使用金属穿线管。
- j) 除以上情况外，其余单层屏蔽二次电缆屏蔽层应在两端接地，双屏蔽层电缆的外层屏蔽层应两端接地，内屏蔽层应一端接地，接地线截面面积不小于 4mm^2 。严禁使用电缆内的备用芯替代屏蔽层接地。

7.2.12 电缆防火检查

电缆防火检查应符合 GB50116、GB50217、GB50229、DL5027、DL/T5044 的相关规定，直流电源系统应选用耐火电缆。

7.2.13 继电器检查

检查继电器参数、功能应与设计规定一致，满足现场实际需求。

7.3 屏柜及装置检验

按照 DL/T995—2016 相关条款的规定执行。

7.4 整定值的整定检验

7.4.1 整定值的整定检验是指将装置各有关元件的动作值及动作时间按照定值通知单进行整定后的试验。该项试验在屏柜上每一元件检验完毕之后才可进行。具体的试验项目、方法、要求视构成原理而异，一般须遵守如下原则：

- a) 每一套保护应单独进行整定检验，试验接线回路中的交、直流电源及时间测量连线均应直接接到被试保护屏柜的端子排上。交流电压、交流电流试验接线的相对极性关系应与实际运行接线中电压互感器、电流互感器接到屏柜上的相对相位关系（折算到一次侧的相位关系）完全一致。
- b) 在整定检验时，除所通入的交流电流、交流电压为模拟故障值并断开断路器的跳、合闸回路外，整套装置应处于与实际运行情况完全一致的条件下，而不得在试验过程中人为地予以改变。
- c) 装置整定的动作时间为自向保护屏柜通入模拟故障开始至保护动作向断路器发出跳闸脉冲的全部时间。
- d) 电气特性的检验项目和内容应根据检验的性质，装置的具体构成方式和动作原理拟定。检验保护装置的特性时，在原则上应符合实际运行条件，并满足实际运行的要求。每一检验项目都应有明确的目的，或为运行所应，或用以判别元件、装置是否处于良好状态和发现可能存在的缺陷等。

7.4.2 在定期检验及新安装装置的验收检验时，装置的整定检验要求如下：

- a) 新安装装置的验收检验时，应按照定值通知单上的整定项目，依据装置技术说明书或制造厂推荐的试验方法，对保护的每一功能元件进行逐一检验。
- b) 在全部检验时，对于由不同原理构成的保护元件只需任选一种进行检查。建议对主保护的整定项目进行检查，后备保护如相间一段、二段、三段阻抗保护只需选取任一整定项目进行检查。
- c) 部分检验时，可结合装置的整组试验一并进行。

7.4.3 励磁调节器静态试验应符合 DL/T 489 规定，试验主要要求如下：

- a) 励磁调节器试验项目包括绝缘耐压试验、电磁兼容性试验、电气单元特性试验、参数整定及静态模拟试验等
- b) 励磁调节器的操作、保护、限制及信号回路应按照逻辑图进行检查，判断其正确性。
- c) 自动电压调节器各单元特性检查内容包括稳压电源、模拟量、开关量、低励限制、过励限制、定子电流限制、U/f 限制等单元的试验。试验采用标准电流源和电压源信号，模拟发电机各种运行工况下的信号，检测各单元特性的正确性。根据设计要求测试机组转速信号开入与励磁系统投退电制动相关开出信号的逻辑联动。
- d) 试验环境应满足 DL/T 583 的规定，试验结果应符合 DL/T 583 的要求。

7.5 纵联保护通道检验

按照 DL/T995—2016 相关条款的规定执行。

7.6 操作箱检验

按照 DL/T995—2016 相关条款的规定执行。

7.7 整组试验

7.7.1 整组试验应在保护装置检验及二次回路检验工作完成后进行。当试验完成后，不宜在相关二次回路上再进行工作，否则应重新进行试验。

7.7.2 在整组试验前应先对单个设备或回路进行传动，以验证回路的正确性和可靠性。

7.7.3 继电保护装置的开入回路的试验，应在远方模拟继电器动作或操作相应设备，以验证继电保护的开入是否正确，应尽量避免使用短接接点的方法进行传动。

7.7.4 当保护装置跳闸对象有多组断路器时，在进行跳闸出口传动时，应将所有断路器处于合闸位置，依次投入相应出口压板进行传动，确定压板与断路器的唯一对应关系。

7.7.5 信号的核对试验，可利用后台调试工具驱动相关信号继电器出口，在监控系统或故障录波装置检查相关信号及报警是否正确。

7.7.6 新安装装置的验收检验或全部检验时，可先进行每一套保护（指几种保护共用一组出口的保护总称）带模拟断路器（或带实际断路器或采用其他手段）的整组试验。每一套保护传动完成后，还需模拟各种故障用所有保护带实际断路器进行整组试验。

7.7.7 当扩建或设备改造时，一次设备不允许停电的情况下，跳闸出口传动可传动至端子排处，待条件具备时，应补充验证端子排至断路器的跳闸回路的正确性。

7.7.8 部分检验时，只需用保护带实际断路器进行整组试验。

7.7.9 整组试验应包含以下内容：

- a) 整组试验时应检查各保护及自动装置之间的配合、装置动作行为、断路器动作行为、保护启动故障录波信号、厂站自动化系统信号、中央信号、监控信息等正确无误。
- b) 借助于传输通道实现的纵联保护、远方跳闸等的整组试验，应与传输通道的检验一同进行。必要时，可与线路对侧的相应保护配合一起进行模拟区内、区外故障时保护动作行为的试验。
- c) 对装设有综合重合闸装置的线路，应检查各保护及重合闸装置间的相互动作情况与设计相符合。
- d) 为减少断路器的跳合次数，试验时，宜以模拟断路器代替实际断路器。使用模拟断路器时宜从操作箱出口接入，并与装置、试验仪器构成闭环。
- e) 将装置带实际断路器进行必要的跳、合闸试验，以检验各有关跳闸回路、合闸回路、防跳回路、重合闸停用回路及气（液）压闭锁等相关回路动作的正确性，每一相的电流、电压及断路器跳合闸回路的相别是否一致。
- f) 在进行整组试验时，还应检验断路器分、合闸线圈的压降不小于额定值的 90%。

7.7.10 整组试验中着重检查的内容：

- a) 电压、电流回路的相别及极性是否正确。
- b) 在同一类型的故障下，应该同时动作于发出跳闸脉冲的保护，在模拟短路故障中是否均能动作，其信号指示是否正确。
- c) 有两个线圈以上的直流继电器的极性连接是否正确，对于用电流启动（或保持）的回路，其动作（或保持）性能是否可靠。
- d) 所有相互间存在闭锁关系的回路，其性能是否与设计符合。
- e) 所有在运行中需要由运行值班员操作的把手及连片的连线、名称、位置标号是否正确，在运行过程中与这些设备有关的名称、使用条件是否一致。
- f) 中央信号装置或监控系统的有关光字、音响信号指示是否正确。
- g) 各套保护在直流电源正常及异常状态下（自端子排处断开其中一套保护的负电源等）是否存在寄生回路。
- h) 断路器跳、合闸回路的可靠性，其中装设单相重合闸的线路，验证电压、电流、断路器回路相别的一致性及与断路器跳、合闸回路相连的所有信号指示回路的正确性。对于有双跳闸线圈的断路器，应检查两跳闸接线的极性是否一致。
- i) 自动重合闸是否能按规定的方式动作并不发生多次重合情况。
- j) 继电保护装置与励磁系统、同期、备自投、LCU 等相互之间的配合关系，应符合设计要求。
- k) 整组试验过程同步检查保护装置与 LCU、励磁系统、自动准同期装置等自动装置的配合情况，应符合设计要求。在对 LCU 保护信号以及停机信号、并网状态信号等传动时，由自控专业人员配合确认信号和指令能正确的发出和接收。

7.7.11 继电保护整组试验：

- a) 升压站继电保护
 - 1) 试验内容应包括对升压站所配置的线路保护、母线保护、断路器保护、电抗器保护、过电压保护及远跳装置、短引线保护等的传动，以及断路器 SF₆ 压力、空气压力（或油压）降低或弹簧未储能闭锁回路接线及功能的检查。
 - 2) 整组试验时应检查各保护之间的配合、装置动作行为、断路器动作行为、保护启动故障录

波信号、厂站自动化系统信号、中央信号、监控信息等正确无误。

- 3) 对装有自动重合闸装置的线路，应检查各保护及重合闸装置间的相互动作情况与设计相符合。将保护装置及重合闸装置接到实际的断路器回路中，进行必要的跳、合闸试验，以检验各有关跳闸回路、合闸回路、防止断路器跳跃回路、重合闸停用回路及气（液）压闭锁等相关回路动作的正确性，每一相的电流、电压及断路器跳合闸回路的相别是否一致。
- 4) 当断路器采用分相操作时，继电保护所采用的闭锁重合闸信号、断路器位置等信号应逐相进行传动；在跳闸功能传动时，应当验证每相跳闸“继电器—出口压板—分相操作箱—断路器跳闸线圈”的对应关系。
- 5) 对母线差动保护、失灵保护的整组试验，可只在新建升压站投产时进行。
定期检验时允许用导通的方法证实到每一断路器接线的正确性。一般情况下，母线差动保护、失灵保护回路设计及接线的正确性，要根据每一项检验结果（尤其是电流互感器的极性关系）及保护本身的相互动作检验结果来判断。
升压站扩建变压器、线路或回路发生变动，有条件时应利用母线差动保护、失灵保护装置传动到断路器。
- 6) 对失灵保护的启动回路应通过传动试验验证各失灵启动回路中对应的触点、压板接线正确。
- 7) 线路保护联调传动试验应进行以下传动试验：高频保护应两侧分别模拟区内、外故障，高频保护元件动作及闭锁正确；光纤纵差保护应在两侧分别模拟区内故障，远跳、远传保护动作正确；光纤纵联距离（方向）保护模拟区内、外故障，模拟其他保护动作，对侧应收到“允许跳闸”信号。
- 8) 电气量及本体非全相保护应对断路器进行逐相操作，核对三相不一致是否正确。
- b) 发变组继电保护
 - 1) 试验内容应包括对发变组所配置的电量保护及非电量保护及其系统的传动。
 - 2) 传动试验时应分别进行各保护柜至所有动作对象的传动试验，确定压板与其的唯一对应关系，确认各回路正确性。
 - 3) 整组试验时应将所有相关断路器（包括发电机断路器（generator circuit-breaker, GCB）、主变高压侧断路器、磁场开关、厂用电源进线断路器等处于合闸位置，分别模拟不同类型的故障，检查相应保护动作情况，检查保护出口矩阵正确性。
 - 4) 同一种出口矩阵可实际带断路器动作至少一次。
 - 5) 整组试验过程同步检查保护装置与 LCU、励磁系统、备自投装置等自动装置的配合情况，应符合设计要求。在对 LCU 停机、水机保护柜停机信号以及导叶关闭、并网状态信号等传动时，由自动化专业人员配合确认信号和指令能正确的发出和接收。
 - 6) 变压器的非电量保护（如瓦斯、压力释放、速动油压、温度）应在就地模拟继电器动作的方法传动，冷却器故障应采用停止冷却器运行的方法实际模拟，并检验延时准确性。
 - 7) 整组试验过程中应检验保护闭锁信号的有效性。
 - 8) 注入式保护试验（定子接地、转子接地）功能检查。试验方法参照 DL/T 995。
- c) 厂用系统继电保护
 - 1) 厂用系统继电保护在静态校验完成后应带断路器进行传动试验。
 - 2) 低压厂用变压器保护带断路器传动时，应验证高压侧断路器联跳低压侧功能正确性。
 - 3) 应模拟变压器温度高保护发信、跳闸。
- d) 轴电流保护装置
 - 1) 轴电流保护在静态校验完成后应带断路器进行传动试验。
 - 2) 传动试验时模拟轴电流报警值与动作值，LCU 应收到报警信号及跳闸指令。
- e) 故障录波系统的检查

- 1) 开关启动量的传动检查时，断路器位置信号应结合断路器动作进行检查，保护动作信号应结合保护装置传动进行检查，故障录波器启动报文应正确。
- 2) 故障录波系统报警信号应通过监控系统传动检查。

7.7.12 安全自动装置整组试验：

a) 励磁系统

- 1) 对励磁系统的全部操作、保护、限制及信号回路应按照逻辑图进行传动检查，对技术条件和合同规定的相关内容进行检查，确认实际系统与图纸一致，各项功能正确。操作传动内容满足 DL/T 489 及 DL/T 1013 规定要求。试验结果应满足 DL/T 583 相关要求。
- 2) 与保护装置、其他自动装置，包括：LCU、同期装置、AVC（Automatic Voltage Control, AVC）、PMU（Phasor Measurement Unit, PMU）等接口回路传动检查。

b) 同期系统

- 1) 对同期系统的全部操作、信号回路应按照逻辑图进行传动检查，判断图纸的正确性。
- 2) 同期装置的传动试验，应模拟电压信号满足并网条件时，断路器准确合闸于同步点，并在录波图中验证。试验过程应实测同期导前时间，并核查单体试验报告单中的断路器动作时间。
- 3) 与 LCU 系统、励磁系统、调速装置的传动检查，传动时应由自控专业人员配合，确认相关信号及指令能正确的发出和接收。

c) 厂用电备自投系统

- 1) 对备自投系统的方式切换、合分闸、信号回路应按照逻辑图进行传动检查，检查应与设计要求一致。
- 2) 备自投系统的传动试验，应模拟电压信号满足相应的切换条件，切换装置应带开关正确动作，切换过程符合预期，并在录波图中验证。
- 3) 检查各电压等级备自投装置闭锁逻辑及配合。
- 4) 为检验切换系统一次及二次电压回路的正确性，在厂用带电后应进行核相试验。
- 5) 核相试验宜采用高压核相仪一次直接核相的方法确认一次接线的正确性。
- 6) 工作电源和备用电源的核相应在一次核相后进行。

d) 防止电气误操作系统

防止电气误操作系统传动试验按照正常操作和五种误操作各进行 3 次，试验操作应符合 DL/T687 相关规定，并应符合以下要求：

- 1) 对于电气接线闭锁功能的传动检查应在解锁微机防止电气误操作系统的情况下进行。
- 2) 通过传动检查微机防止电气误操作系统应具有防止误分、误合断路器。防止带负荷分、合隔离开关，防止带电挂（合）接地线（接地开关），防止带接地线（接地开关）合断路器、隔离开关，防止误入带电间隔等防误功能。
- 3) 微机防止电气误操作系统模拟终端模拟操作，模拟动作元件（或图形显示）应分、合到位，检查动作元件的触点应接触可靠。
- 4) 采用模拟终端模拟和电脑钥匙试开编码锁两种试验方式试验五种误操作和跳项操作，经模拟终端操作时，正确的操作程序向防误主机传输，发生误操作时有光、声音或语音报警；电脑钥匙试开编码锁试验时，进行正常操作应顺利开锁，灵活、无卡涩。发生误操作时应闭锁，并有光、声音或语音报警。

e) 变压器辅助（冷却器、有载调压）系统

- 1) 变压器有载调压装置传动时应核对远方监控系统档位指示是否与就地一致，具有远方操作功能时，应至少进行一个全过程循环的操作。

- 2) 有载调压远方急停、负荷电流闭锁有载调压功能的传动检查。
- 3) 冷却装置应检查风扇、油泵的转向是否与设备铭牌标识方向一致。
- 4) 传动检查按温度、负荷电流启动工作冷却器、辅助冷却器的逻辑关系是否正确。
- 5) 模拟工作（辅助）冷却器故障，检查备用冷却器的联锁状态。
- 6) 模拟工作电源失电检测备用电源是否能够自动投入。
- 7) 对于强迫油循环冷却器，投入多组冷却器，断开工作电源后再次投入，以验证多组油泵启停时造成的油压变化是否能引起重瓦斯保护的误动作。
- 8) 采用停运冷却器的方法实际检验冷却器全停跳闸时间继电器动作延时的准确性。
- 9) 传动检查冷却装置与变压器断路器的联锁关系。
- 10) 远传报警信号的传动检查。

8 与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统的配合检验

与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统的配合检验按照 DL/T995—2016 相关条款的规定执行。还应进行以下检查：

a) 8 集（网）控系统配合检查：

- 1) 传动报警信号时，应先将传动对象的所有报警信号复归后，再逐一进行传动检查，防止因寄生回路的存在造成报警信号在设备异常情况下不能正确的动作。
- 2) 对操作对象进行传动时，应熟悉 LCU/NCS（Net Control System, NCS）控制逻辑，对控制逻辑进行检验。
- 3) 应对 LCU/NCS 报警滚动栏、光字牌、警报声音以及报警分级进行全面核查。

b) 8.2 PMU、AVC 装置检查：

- 1) 对励磁电压、励磁电流信号进行模拟量传动，检查变送器与装置量程设置一致，信号极性正确。
- 2) 检查发电机键相（转速）脉冲幅度与装置设置一致，信号极性正确。

c) 水力发电厂计算机监控系统与厂内设备及系统通信的调试参照 DL/T321 执行。

9 装置投运

9.1 投入运行前的准备工作

9.1.1 装置投运前，工作负责人应检查试验记录有无漏试项目，核对装置的整定值应与定值通知单相符，试验数据、试验结论是否完整正确。

9.1.2 拆除在检验时使用的试验设备、仪表及一切连接线，清扫现场，所有被拆动的或临时接入的连接线应全部恢复正常，所有信号装置应全部复归。

9.1.3 填写继电保护工作记录，将主要检验项目和传动步骤、整组试验结果及结论、定值通知单执行情况详细记载于内，对变动部分及设备缺陷、运行注意事项应加以说明，并修改运行人员所保存的有关图纸资料。向运行负责人交代检验结果，并写明该装置是否可以投入运行。最后办理工作票结束手续。

9.1.4 运行人员在将装置投入前，应根据信号灯指示或者用高内阻电压表以一端对地测端子电压的方法检查并证实被检验的继电保护及安全自动装置确实未给出跳闸或合闸脉冲，才允许将装置的连片接到投入的位置。

9.1.5 检验人员应在规定期间内提出书面报告，主管部门技术负责人应详细审核，如发现不妥且足以危害保护安全运行时，应根据具体情况采取必要的措施。

9.1.6 应准备好机组启动试验用仪器仪表及录波器，并经检验合格。试验时接入以下模拟量：发电机定子三相电流、发电机定子三相电压、发电机励磁电流、发电机励磁电压、主变压器高压侧电压等。

9.1.7 对于自并励方式的发电机变压器组，由厂用电提供主励磁电源进行他励试验时，励磁变压器试验电源开关保护定值应按定值通知单整定，并经保护整组传动正确。

9.1.8 试验前按试验方案投入不需经一次电流和工作电压检验的保护，如机组水机保护、转子接地保护、主变压器重瓦斯保护等相关保护；还应投入发电机后备保护，如过流/过负荷保护、过电压保护，检查临时定值单已执行。

9.1.9 试验前采取措施防止试验电流对运行设备造成影响。

9.2 升压站应用一次电流及工作电压检验

9.2.1 对新安装的或设备回路有较大变动的装置，在投入运行以前，应用一次电流及工作电压加以检验和判定。要求如下：

- a) 对接入电流、电压之间的相位、极性有严格要求的装置（如带方向的电流保护、距离保护，发电机功率保护等），其相别、相位关系以及所保护的方向是否正确。
- b) 对于电流差动保护（母线、发电机、变压器的差动保护、线路纵差保护及横差保护等），接到保护回路中的各组电流回路的相对极性关系及变比是否正确。
- c) 每组电流互感器（包括备用绕组）的接线是否正确，回路连线是否牢靠。

9.2.2 定期检验时，如果设备回路没有变动（未更换一次设备电缆、辅助变流器等），只需用简单的方法（如对差动保护测量其差电流、用电压表测量继电器电压端子上的电压、万用表测量回路电阻等）判明曾被拆动的二次回路接线确实恢复正常即可。

9.2.3 用一次电流及工作电压检验，宜进行如下项目：

- a) 测量电流、电压的相别、幅值及相位关系。
- b) 对使用电压互感器三次电压或零序电流互感器电流的装置，应利用一次电流与工作电压向装置中的相应元件通入模拟的故障量或改变被检查元件的试验接线方式，以判明装置接线的正确性。由于整组试验中已判明同一回路中各保护元件间的相位关系是正确的，因此该项检验在同一回路中只须选取其中一个元件进行检验即可。
- c) 测量电流差动保护各组电流互感器的相位及差动回路中的差电流（或差电压），以判明差动回路接线的正确性及电流变比补偿回路的正确性。所有差动保护（母线、变压器、发电机、电动机的纵差、横差等）在投入运行前，除测定相回路和差回路外，还必须测量各中性线的不平衡电流、电压，以保证装置和二次回路接线的正确性。
- d) 对高频相差保护、导引线保护，须进行所在线路两侧电流电压相别、相位一致性的检验。
- e) 对导引线保护，须以一次负荷电流判定导引线极性连接的正确性。

9.2.4 对变压器差动保护，需要用在全电压下投入变压器的方法检验保护能否躲开励磁涌流的影响。

但对不存在全压启动方式的变压器（如发电机变压器组中间连接无操作断开点的变压器），可不进行此项试验。

9.2.5 对于新安装变压器，在变压器充电前，应将其差动保护投入使用。在一次设备运行正常且带负荷之后，再由试验人员利用负荷电流检查差动回路的正确性。

9.2.6 经一次电流及工作电压检验正确的相关保护应投入。

9.2.7 新投运或电流、电压回路发生变更的 220kV 及以上保护设备，在第一次经历区外故障后，宜通过打印保护装置和故障录波器报告的方式校核保护交流采样值、收发信开关量、功率方向以及差动保护差流值的正确性。

9.3 发电机应用短路电流检验

9.3.1 短路试验能够检验电流回路的正确性和完整性，应根据不同的短路试验对相应的二次回路和装置范围进行检查。短路试验应符合 DL/T 507 的规定。

9.3.2 发电机短路试验宜分别在 10%、50%、100%额定电流下进行，在发电机额定电流下，测量机组振动与摆度，检查碳刷及集电环工作情况。测量发电机轴电压，检查轴电流保护装置。

9.3.3 发电机短路试验电流不宜过大，以不超过短路装置最大承受能力，且满足二次电流测量准确性为原则。

9.3.4 试验过程中分别检查短路点范围内所有电流互感器二次电流幅值、相位、变比的正确性，检查差动保护接线的正确性，以及差动电流和中性线电流不应大于 0.1 倍额定电流，测量接地线应无电流。

9.3.5 经一次电流检验正确的电流相关保护应投入。

9.3.6 发电机带主变压器及高压配电装置升流试验。

9.3.7 发电机带主变压器及高压配电装置检验可参照 DL/T507-2014 7.1、7.2 执行。试验过程中应注意：

- a) 在进行升流试验前，应投入主变压器及高压配电装置的所有非电量保护。
- b) 短路试验电流不宜过大，以不超过短路装置最大承受能力，且满足二次电流测量准确性为原则。
- c) 对用一次电流进行的检验结果，应按当时的负荷情况加以分析，拟订预期的检验结果，凡所得结果与预期的不一致时，应进行认真细致的分析，查找确实原因，不允许随意改动保护回路的接线。
- d) 主变压器及高压配电装置单相接地试验参照 DL/T507-2014 7.3 执行。
- e) 对使用非自产零序电流的线路并联高压电抗器、变压器的零序差动保护，在正常运行条件下无法利用一次电流测试时，应与有关部门协调，创造条件，利用线路单相分合试验检验线路并联高压电抗器零序差动保护电流二次回路接线的正确性，利用全电压下投入变压器试验检验变压器零序差动保护电流二次回路接线的正确性。

9.4 发电机应用工作电压检验

9.4.1 发电机零起升压试验

发电机零起升压试验应符合 DL/T 507 的规定，并按照以下要求进行：

- a) 发电机零起升压试验宜分别在 25%、50%、100%额定电压下，检查电压回路的正确性和完整性。
- b) 在空载额定电压下，检查机端、中性点侧零序电压的三次谐波分量。
- c) 对于经接地变压器接地及装有消弧线圈的机组，应进行发电机单相接地试验，以检查零序电压回路的正确性，核对中性点零序电压与机端零序电压是否正确。
- d) 经过工作电压检验的与电压相关的保护应投入。
- e) 注入式定子接地保护应参照 DL/T507-2014 6.8.4 条款执行。

9.4.2 发电机带主变压器及高压配电装置升压试验

发电机带主变压器及高压配电装置检验可参照 DL/T507-2014 7.4 条款执行。试验过程中应检查：

- a) 在进行升压试验前，应投入主变压器及高压配电装置的所有非电量保护。
- b) 在进行升压试验前，应投入主变压器及高压配电装置对应差动保护，主变压器及高压配电装置冷却系统投入自动运行。

9.4.3 发电机空载时的同期系统试验

发电机同期系统试验应按照以下要求进行：

- a) 同期系统核相试验：
 - 1) 自动准同期系统核相试验的目的是检验同期电压回路的正确性，试验应在额定电压下进行。
 - 2) 核相试验是通过同期点两侧的电压互感器二次电压之间比较检查来实现的，试验时应使被比较的两个电压互感器处在同一电源上。对于发电机出口不设断路器的机组，应采用发电机组带母线（含母线电压互感器）升压的方式；对于发电机出口设断路器的机组，应采用发电机带主变压器低压侧电压互感器（将主变压器与电压互感器隔离）零起升压试验，或者主变压器带发电机出口电压互感器（将发电机与出口电压互感器隔离）倒送电的方式。
 - 3) 核相时，需检查同期点两侧的电压互感器二次电压的相位、幅值、相序的对应关系，在同期屏端子排处检查系统电压和待并电压的幅值和相位，还应确认同步表指示在同期点。
 - 4) 对于同期回路系统侧电压取自多个母线电压互感器切换后电压的情况，首次并网前，应分别对各母线互感器二次电压进行核相，保证同期电压回路正确性。
- b) 同期系统假同期试验：
 - 1) 假同期试验目的是检验同期装置的性能，试验在实际工作电压下进行，并网断路器与电网系统之间经过隔离开关物理隔离。
 - 2) 假同期试验时应调节水轮机调速系统和发电机励磁系统，改变机组的转速和发电机电压，使得同期装置投入以后可发出增速、减速、增磁、减磁指令，检查机组调速系统和励磁系统接收到指令后的动作情况，应与指令方向一致。首次并网前，应通过同期装置带断路器完成模拟并网，并记录并网过程的波形，分析并网波形，确认断路器实际合闸时刻满足同期条件。如不满足，需调整导前时间等参数后，再次进行假同期试验，直至合格。
 - 3) 试验应包括手动准同期试验、自动准同期试验和同期（继电器）闭锁等内容。
- c) 机组首次并网或电压二次回路、控制回路发生改动或设备更换后，均需进行包括本节 a)、b) 项内容的试验，严防非同期并网事故。
- d) 应记录并网过程波形，通过对并网过程中的有功、无功冲击情况的分析，检验同期装置参数设置的正确性。
- e) 如机组可选择不同断路器并网，则每个断路器都应进行并网试验；如机组可选择不同母线并网，则每段母线都应进行并网试验。

9.4.4 发电机空载时的励磁装置试验

发电机空载工况下，励磁系统应开展以下检验项目，具体内容参照 DL/T 489 执行，试验结果应符合 DL/T 583 的规定。其中，试验项目应包括：

- a) 核相试验与相序检查试验；
- d) 励磁调节器起励试验；
- e) 自动及手动电压调节范围测量试验；
- f) 灭磁试验和转子过电压保护试验；
- g) 自动电压调节通道切换及自动/手动控制方式切换试验；
- h) 发电机空载阶跃响应试验；
- i) 冷却风机切换试验；
- j) 电压互感器二次回路断线试验；
- k) U/f 限制试验。
- h) 新投产机组（或区域电网有要求）空载状态下励磁系统涉网试验应参照 GB/T 40594 执行。

9.5 机组带负荷检验

9.5.1 机组带负荷时的继电保护检验

在带负荷至满负荷过程中，进行以下检查：

- a) 继电保护装置检查，应无异常报警；检查所有电流、电压通道采样，各回路电流、电压相位及幅值应显示正确；电流、电压相序及相位关系正确。检验要求参照 9.2.1、9.2.2。
- b) 实测发电机正常运行时不同负荷下的零序电压三次谐波分量，调整定子接地保护定值。
- c) 宜使用钳形电流表检查流过保护二次电缆屏蔽层的电流，以确定 100mm² 铜排有效起到抗干扰的作用，当检测不到电流时，应检查屏蔽层是否良好接地。
- d) 经过工作电流工作电压检验的与电流、电压相位相关的保护应投入。
- e) 端子排宜进行红外测温，检测温度在正常范围。

9.5.2 机组带负荷时的励磁装置检验

发电机带负荷工况下，励磁系统应开展以下检验项目，具体内容和评判标准参照 DL/T 1166 执行。

- a) 励磁系统电流互感器极性检查；
- b) 并网后励磁调节器通道切换及自动/手动方式切换试验；
- c) 电压静差率及电压调差率测定试验；
- d) 发电机负载阶跃响应试验；
- e) 过励限制试验；
- f) 定子电流限制试验；
- g) 低励限制试验；
- h) 功率整流装置额定工况下均流检查。
- i) 新投产机组（或区域电网有要求）带负荷时励磁系统涉网试验应参照 GB/T 40594 执行。

9.5.3 机组带负荷时的控制系统投运检验

全面检查控制系统的状态、模拟量及报警信号显示正确性，应包括机组 LCU/NCS 系统、故障录波装置、自动准同期装置、备自投装置、励磁系统等。

9.5.4 机组带负荷时的变压器及其附属系统检验

机组带负荷时的变压器及其附属系统按照以下要求检验：

- a) 变压器冷却装置、风扇、油泵应自动投运正常、电源切换正确、信号正确且已正常投运。
- b) 温度指示、气体继电器、压力释放器运行正常。
- c) 有载调压开关带负荷运行应动作可靠，信号正确；远方与就地开关档位显示一致。

9.5.5 机组带负荷时的安全自动装置检验

- a) 在机组带负荷过程中，检验安全自动装置的各种数字、模拟信号正确，检查各种告警信号的正确。
- b) 整定无功调整速率，进行远方调无功试验，发电机无功功率变化应满足要求。

9.5.6 梯级调度中心的遥控及调节试验

对于设有梯级调度中心的流域电站，进行梯级调度中心的遥控及调节试验，梯级调度中心与电厂进行机组控制权、调节权的切换试验，记录切换的时间和切换后的实际状态，核对机组运行参数。

9.6 机组甩负荷、降负荷及停机过程中的检验

9.6.1 机组并网且满负荷运行的条件下，若 PSS 系统试验已完成，应投入 PSS 功能，否则退出 PSS 功能。在甩额定有功负荷时，机端电压出现的最大值不应大于甩负荷前机端电压的 1.15 倍，振荡不超过 3 次，调节时间不大于 5s。甩负荷过程中及甩负荷后水轮发电机调速系统应满足 DL/T 507 中相关要求。

9.6.2 机组甩无功功率负荷试验应配合甩负荷试验进行，根据负荷要求分几档进行，在甩额定无功负荷时，机端电压出现的最大值不应大于甩负荷前机端电压的 1.15 倍，振荡不超过 3 次。

9.6.3 停机过程中电制动投入后应可靠闭锁发电机相关保护。

9.7 机组自动开、停机试验

对新建或大修后的水电机组，在水电机组完成首次启动后，通常需要在水轮机空转运行的情况下进行自动开、停机试验，以确定机组可靠性。根据机组设计要求，试验通常包括自动开、停机试验以及事故停机试验。在试验过程中，对继电保护及安全自动装置要求如下：

- a) 自动开、停机时，各继电保护及安全自动装置运行正常，无动作及报警信号开出。
- b) 模拟电气故障停机时，开关动作正确、各装置动作、闭锁逻辑满足设计要求。
- c) 检查键向脉冲，测量发电机残压。

9.8 水轮发电机组调相运行试验

如机组设计要求，水轮发电机应进行调相运行试验。调相运行前，应检查机组继电保护及安全自动装置定值是否按设计要求整定。发电工况与调相工况互相切换时，继电保护装置及安全自动装置无报警，各自动元件动作正确，并记录工况转换时间。在机组调相过程中，励磁系统应保证发电机无功功率在设计规定范围内平稳调节。

9.9 水轮发电机组黑启动试验

如机组设计要求，具备黑启动能力的水电站在投产后应进行黑启动试验，并结合设备情况，依据

GB/T 38344 采用相应的黑启动方式。黑启动试验中，继电保护装置及安全自动装置符合 GB/T 38344 要求。

9.10 装置未经本章所述的检验，不能正式投入运行。

9.11 微机型保护设备检验项目见表 1。

表 1 微机型保护设备检验项目

序号	检 验 项 目	新安装	全部检验	部分检验	检验方法对应章条
1	检验前准备工作	√	√	√	6.2
2	CT、PT 检验	√	—	—	7.1
3	CT、PT 二次回路检验	√	√	√	7.2.3、7.2.4
4	二次回路绝缘检查	√	√	√	7.2.2
5	装置外部检查	√	√	√	7.3
6	装置绝缘试验	√	—	—	7.3
7	装置上电检查	√	√	√	7.3
8	工作电源检查	√	√	—	7.3
9	模数变换系统检验	√	√	—	7.3
10	开关量输入回路检验	√	√	√	7.3
11	输出触点及输出信号检查	√	√	√	7.3
12	事件记录功能	√	√	√	7.3
13	整定值的整定及检验	√	√	—	7.4
14	纵联保护通道检验	√	√	√	7.5
15	操作箱检验	√	—	—	7.6
16	整组试验	√	√	√	7.7
17	与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统配和检验	√	√	√	8
18	装置投运	√	√	√	9