



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



# 小水电技术导则 机组

## 第6部分：监控、保护及直流电源系统

SHP/TG 003-6: 2019



## 免责声明

本导则未经联合国正式编辑。本导则内采用的名称和资料并不代表联合国工业发展组织的秘书处关于各国、领土、城市、地区或其当局的合法地位，以及关于国土、边界的界定、或对经济体系及其发展程度等问题的任何意见和立场。例如“发达的”、“工业化的”和“发展中”等一类词汇只为方便统计，未必表示一个国家或者地区的真实发展程度。本导则中提及的公司名称或者商业产品并非联合国工业发展组织为其代言。本导则尽可能保持内容的准确性，但联合国工业发展组织及其成员国均不对使用本导则可能产生的结果承担任何责任。本导则可被自由引用或转载，但需注明出处。

© 2019 UNIDO/INSHP – 版权所有

# 小水电技术导则 机组

## 第 6 部分：监控、保护及直流电源系统

## 鸣 谢

本导则是联合国工业发展组织（UNIDO）和国际小水电联合会（INSHP）共同合作努力的成果，约 80 名国际专家和 40 家国际机构参与了导则的编制、同行审查，并提出了具体意见和建议，使导则更具实用性和专业性。

UNIDO 和 INSHP 非常感谢许多机构在制定本导则期间作出的贡献，特别是以下国际组织：

——东南部非洲共同市场（COMESA）

——全球区域可持续能源中心网（GN-SEC），特别是西非国家经济共同体可再生能源和能源效率中心（ECREEE）、东非可再生能源和能源效率中心（EACREE）、太平洋可再生能源和能源效率中心（PCREEE）和加勒比可再生能源和能源效率中心（CCREEE）。

中国政府推动了本导则的最终定稿，对其完成具有重要意义。

以下人士为编制本导则作出了贡献，包括有价值的投入、审查和提供建设性意见：Mr. Adnan Ahmed Shawky Atwa, Mr. Adoyi John Ochigbo, Mr. Arun Kumar, Mr. Atul Sarthak, Mr. Bassey Edet Nkposong, Mr. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Ms. Chang Fangyuan, Mr. Chen Changjun, Ms. Chen Hongying, Mr. Chen Xiaodong, Ms. Chen Yan, Ms. Chen Yueqing, Ms. Cheng Xiaolei, Ms. Chileshe Kapaya Matantilo, Ms. Chileshe Mpundu Kapwepwe, Mr. Deogratias Kamweya, Mr. Dolwin Khan, Mr. Dong Guofeng, Mr. Ejaz Hussain Butt, Ms. Eva Kremere, Ms. Fang Lin, Mr. Fu Liangliang, Mr. Garaio Donald Gafiye, Mr. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, Mr. Guo Chenguang, Mr. Guo Hongyou, Mr. Harold John Annegam, Ms. Hou ling, Mr. Hu Jianwei, Ms. Hu Xiaobo, Mr. Hu Yunchu, Mr. Huang Haiyang, Mr. Huang Zhengmin, Ms. Januka Gyawali, Mr. Jiang Songkun, Mr. K. M. Dharesan Unnithan, Mr. Kipyego Cheluget, Mr. Kolade Esan, Mr. Lamyser Castellanos Rigoberto, Mr. Li Zhiwu, Ms. Li Hui, Mr. Li Xiaoyong, Ms. Li Jingjing, Ms. Li Sa, Mr. Li Zhenggui, Ms. Liang Hong, Mr. Liang Yong, Mr. Lin Xuxin, Mr. Liu Deyou, Mr. Liu Heng, Mr. Louis Philippe Jacques Tavernier, Ms. Lu Xiaoyan, Mr. Lv Jianping, Mr. Manuel Mattiat, Mr. Martin Lugmayr, Mr. Mohamedain Seif Elnasr, Mr. Mundia Simainga, Mr. Mukayi Musarurwa, Mr. Olumide TaiwoAlade, Mr. Ou Chuanqi, Ms. Pan Meiting, Mr. Pan Weiping, Mr. Ralf Steffen Kaeser, Mr. Rudolf Hüpfel, Mr. Rui Jun, Mr. Rao Dayi, Mr. Sandeep Kher, Mr. Sergio Armando Trelles Jasso, Mr. Sindiso Ngwenga, Mr. Sidney Kilmete, Ms. Sitraka Zaraso Rakotomahefa, Mr. Shang Zhihong, Mr. Shen Cunke, Mr. Shi Rongqing, Ms. Sanja Komadina, Mr. Tareqemtairah, Mr. Tokihiko Fujimoto, Mr. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, Mr. Tan Xiangqing, Mr. Tong Leyi, Mr. Wang Xinliang, Mr. Wang Fuyun, Mr. Wang Baoluo, Mr. Wei Jianghui, Mr. WU Cong, Ms. Xie Lihua, Mr. Xiong Jie, Ms. Xu Jie, Ms. Xu Xiaoyan, Mr. XuWei, Mr. Yohane Mukabe, Mr. Yan Wenjiao, Mr. Yang Weijun, Ms. Yan Li, Mr. Yao Shenghong, Mr. ZengJingnian, Mr. Zhao Guojun, Mr. Zhang Min, Mr. Zhang Liansheng, Mr. Zhang Zhenzhong, Mr. Zhang Xiaowen, Ms. Zhang Yingnan, Mr. Zheng Liang, Mr. Zheng Yu, Mr. Zhou Shuhua, Ms. Zhu Mingjuan.

使用中如有其他意见和建议，欢迎提供，以便再版更新。

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 使用条件 .....	1
4.1 环境条件 .....	1
4.2 供电电源条件 .....	2
4.3 其他条件 .....	2
5 技术要求 .....	2
5.1 监控系统技术要求 .....	2
5.2 继电保护技术要求 .....	7
5.3 直流电源系统技术要求 .....	8
6 供货范围和备品备件 .....	9
6.1 监控系统 .....	9
6.2 继电保护系统 .....	9
6.3 直流电源系统 .....	9
6.4 其他设备和备品备件 .....	9
7 技术文件 .....	9
8 工厂检验 .....	10
8.1 试验、检验和验收规则 .....	10
8.2 产品外观、软硬件配置及技术文件检查 .....	10
8.3 功能和性能测试 .....	11
8.4 电源适应能力测试 .....	12
8.5 绝缘电阻测试 .....	12
8.6 连续通电检验 .....	12
8.7 出厂验收 .....	13
9 现场验收 .....	13
9.1 现场试验和验收的环境条件 .....	13
9.2 现场试验和验收规则 .....	13
9.3 外观、软硬件配置及技术文件检查 .....	13
9.4 现场开箱、安装、接线检查 .....	14
9.5 功能和性能测试 .....	14
10 铭牌、包装、运输和储存 .....	16
10.1 铭牌 .....	16

**SHP/TG 003-6:2019**

10.2	包装 .....	16
10.3	运输 .....	17
10.4	储存 .....	17
11	安装和培训 .....	17
11.1	安装 .....	17
11.2	培训 .....	17
12	质量保证(保修)期 .....	18
附录 A (规范性附录)	检验、验收和试验项目 .....	19

## 前 言

联合国工业发展组织(UNIDO)是旨在促进全球包容和可持续工业发展(ISID)的联合国专门机构。为联合国和各国未来 15 年可持续发展提供框架的《2030 年可持续发展议程》和联合国可持续发展目标,已将 ISID 列为其可持续发展的三大支柱之一。能源对经济、社会发展和提高生活质量不可或缺,UNIDO 的 ISID 任务明确将支持建立可持续能源体系。过去 20 年里,国际社会对能源的关注和讨论越来越多,扶贫、环境风险和气候变化等问题正成为焦点。

国际小水电联合会(INSHP)是一个协调和促进全球小水电发展的国际组织,各区域、次区域和国家对口单位、相关机构、公共单位和企业自愿加入,以社会效益为其主要目标。INSHP 旨在通过发达国家、发展中国家和国际组织间的三方经济技术合作促进全球小水电发展,为广大发展中国家的农村提供环保、负担得起、充足的能源,从而增加就业机会、改善生态环境、减少贫困、提高农村生活文化水平和经济发展水平。

UNIDO 和 INSHP 自 2010 年起合作编制的《世界小水电发展报告》显示,全球对小水电的需求和其发展程度并不匹配,技术缺乏是大多数国家发展小水电的主要障碍之一。UNIDO 和 INSHP 决定基于成功发展经验并通过全球专家合作,共同编制《小水电技术导则》(简称导则)以满足各成员国的需求。

本导则根据 ISO/IEC 指令第二部分(详见 [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives))的编制规则起草。

提请注意,本导则中的一些内容可能涉及专利权问题。UNIDO 和 INSHP 不负责识别任何此类专利权问题。

## 引 言

小水电是广泛认可的解决偏远农村地区电气化问题的重要可再生能源。尽管欧洲、北美、南美和中国等大多数国家都拥有很高的装机容量,但许多发展中国家受到许多因素的阻碍(包括缺乏全球认可的小水电好案例或标准),仍有大量小水电资源未得到开发。

本导则将通过应用全球现有的专门知识和最佳实践,解决目前缺乏适用于小型水电站的技术导则的问题,让各国利用这些达成共识的导则来支持他们目前的政策、技术和生态环境。对于机构和技术能力有限的国家,将夯实他们发展小水电的知识基础,从而制定鼓励小水电发展的优惠政策和吸引更多的小水电投资,以促进国家经济发展。本导则对所有国家都是有益的,特别是在技术知识比较缺乏的国家中分享经验和最佳实践。

本导则适用于装机容量 30 MW 及以下的小型水电站,可作为小型水电站规划、设计、建设和管理的技术性指导文件。

- 《小水电技术导则 术语》给出了小型水电站常用的专业技术术语和定义。
- 《小水电技术导则 设计》给出了小型水电站设计的基本技术要求、方法学和程序,专业涵盖了电站选址规划、水文、工程地质、工程布置、动能计算、水工、机电设备选型、施工、工程造价估算、经济评价、投资、社会与环境评价等。
- 《小水电技术导则 机组》对小型水电站水轮机、发电机、调速系统、励磁系统、主阀和监控保护及直流电源系统设备提出了具体的技术要求。
- 《小水电技术导则 施工》对小型水电站施工技术提出了规范性指导意见。
- 《小水电技术导则 管理》对小型水电站项目管理、运行维护、技术改造和工程验收等技术方面提出了规范性指导意见。

# 小水电技术导则 机组

## 第 6 部分：监控、保护及直流电源系统

### 1 范围

本部分规定了小型水电站监控、保护及直流电源系统产品的技术要求、供货范围、备品备件、技术文件、检验、试验与验收、包装、运输、贮存、安装与调试、培训等基本要求。

### 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)适用于本文件。

- IEC 60255-5 继电器 第 5 部分：测量继电器和保护设备的绝缘配置 要求和试验
- IEC 60255-22-1 量度继电器和保护装置的电气干扰试验(第 1 节：1 MHz 脉冲群抗扰度试验)
- IEC 60255-22-2 量度继电器和保护装置的电气干扰试验(第 2 节：静电放电试验)
- IEC 60255-22-3 量度继电器和保护装置的电气干扰试验(第 3 节：辐射电磁场干扰试验)
- IEC 60255-22-4 量度继电器和保护装置的电气干扰试验(第 4 节：快速瞬变干扰试验)
- IEC 60255-22-5 量度继电器和保护装置的电气干扰试验(第 5 节：浪涌干扰试验)
- IEC 61131-3 可编程控制器(第 3 部分：可编程语言)
- SHP/TG 001 小水电技术导则 术语和定义

### 3 术语和定义

规范性引用文件所界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 使用条件

#### 4.1 环境条件

4.1.1 设备应安装在室内或有气候防护的场所，应在空气清洁及无爆炸危险的环境中使用，并且周围空气中无足以腐蚀金属和破坏绝缘的气体及导电尘埃。

4.1.2 海拔不超过 2 500 m。在海拔超过 2 500 m 的地方使用时，应考虑介电性能的降低和空气冷却效果的减弱，需方应与供方协商。

4.1.3 环境温度应满足下列要求：

- a) 厂站级控制计算机房和中控室：18℃～30℃；
- b) 现地控制单元：-5℃～40℃；
- c) 环境温度的日平均值不超过 35℃。

注：如用于户内环境温度超过以上范围，需方向供方申明或协商。

4.1.4 空气相对湿度应满足下列要求：

- a) 厂站级控制计算机房和中控室：45%～65%；

b) 现地控制单元:20%~90%(无凝结)。

4.1.5 系统设备应根据不同的安装场地考虑防尘措施,特别是在施工初期和现地控制单元分期投运时应采取临时保护措施。设备使用场地尘埃参数的参考值为:尘埃粒度大于  $0.5\ \mu$  的个数小于 18 000 粒/L。

4.1.6 系统设备承受的振动和冲击要求:

- a) 厂站级控制计算机房和中控室:振动频率在 5 Hz~200 Hz 范围内,加速度不大于  $5\ \text{m/s}^2$ ;
- b) 现地控制单元:振动频率在 10 Hz~500 Hz 范围内,加速度不大于  $10\ \text{m/s}^2$ ;
- c) 用于地震多发地区时,设备的结构应有相应的特殊考虑。

## 4.2 供电电源条件

在下述供电电源电压及频率范围内,监控、保护及直流电源系统使用的电源应能在下列电源电压范围内正常工作和不遭损坏:

- a) 交流电源:  
输入电压变化:  
 $110 \times (85 \sim 110\%) \text{V}$   
 $220 \times (85 \sim 110\%) \text{V}$   
 $380 \times (85 \sim 110\%) \text{V}$
- b) 频率允许偏差:  $\pm 10\%$
- c) 直流电源:  
 $220 \times (85 \sim 115\%) \text{V}$   
 $110 \times (85 \sim 115\%) \text{V}$

## 4.3 其他条件

其他特殊使用条件由供需双方协商确定。

# 5 技术要求

## 5.1 监控系统技术要求

### 5.1.1 硬件要求

5.1.1.1 应按水电站控制层次和对象设置厂站级控制和现地级控制,采用开放、分层分布式系统结构。监控系统配置原则为:

- a) 厂站级控制根据要求可配置成单机或双机系统;
- b) 现地级控制按被控对象(如水轮发电机组、开关站、公用设备、闸门等)由多套 LCU 组成;
- c) 厂站级控制和现地级控制间应采用星形以太网或环形以太网结构。

5.1.1.2 监控系统设备可按以下原则分类:

- a) 计算机监控系统设备按布置可划分为两大类:厂站级控制设备和现地级控制设备;
- b) 计算机监控系统设备按通用组件可划分为三大类:计算机及辅助设备、网络通讯设备和电源设备。

5.1.1.3 厂站级控制计算机(或处理器)配置及技术应满足下列要求:

- a) 处理器字长不小于 64 位,主频不小于 1 GHz;
- b) 计算机内存应有足够的容量,分配中应留有 40% 以上的裕量;
- c) 计算机系统存储器应有足够的存储能力,以支持实施控制系统的系统文件、应用文件、实时和

历史数据(包括日、月、年累加信息量)的存储管理工作。

#### 5.1.1.4 现地控制单元配置及技术应满足下列要求:

- a) 在脱离厂站级控制计算机系统后应能独立运行,同时可配置触摸屏等设备实现现地监控;
- b) 可根据设计要求安装测温装置、转速测控装置、同期装置和必要的仪器仪表;
- c) 可配置智能通信管理单元。智能通信管理单元应具备足够的通信口与励磁系统、调速系统等智能设备通信,同时带有网络通信口与厂站级计算机通信;
- d) 机组现地控制单元应配置紧急停机按钮;
- e) 现地控制单元配置的逻辑控制器应满足如下基本性能要求:
  - 1) 扫查率: $\leq 1.8$  ms/k;
  - 2) 存储器容量: $\geq 512$  kB;
  - 3) 至少具有 RS-485 总线形式的通信接口;
  - 4) I/O 点的容量应大于实际使用容量,且留有不小于 10% 的裕度。

#### 5.1.1.5 同期设备配置原则:

- a) 同期点应配置自动准同期装置和手动同期装置;
- b) 自动准同期装置宜选用微型产品。

#### 5.1.1.6 电源配置及技术应满足下列要求:

- a) 计算机监控系统厂站级控制应配置不间断电源(UPS)或逆变电源。在外部交流失电时,UPS 的容量应能使计算机监控系统设备连续工作不小于 2 小时;逆变电源的容量应不小于计算机监控系统设备整体最大功率。现地级控制应配置交直流同时输入的稳压电源/开关电源,必要时也可配置逆变电源;
- b) 计算机监控系统设备使用的不间断电源或逆变电源、稳压电源、开关电源等应能在本标准规定的供电电源条件下正常工作和不遭损坏;
- c) 当输入电压下降到下限或正负极性颠倒时,计算机监控系统设备不应遭到破坏。

#### 5.1.1.7 防雷保护配置应符合下列原则:

- a) 通信接口应装设浪涌保护器;
- b) 从中控室外引入的模拟输入信号应装设浪涌保护器;
- c) 直流电源系统的交流输入端应装设过电压保护器;
- d) 继电保护装置电源输入端和电压输入端应装设浪涌保护电路。

#### 5.1.1.8 接地系统技术应满足下列要求:

- a) 计算机监控系统接地应使用水电站公用接地网接地,接地电阻不大于  $4 \Omega$ ,该接地网不得与水电站防雷接地网连接;
- b) 计算机监控系统设备的外壳、交流电源、逻辑回路、信号回路和电缆屏蔽层按以下原则接地:
  - 1) 设备外壳或裸露的非载流的金属部分应接地;
  - 2) 经过隔离的交流电源电压超过 150 V 时应接地;
  - 3) 未隔离的所有计算机直流回路(包括直流电源、逻辑回路、信号回路)中宜只有一个接地点;
  - 4) 未隔离的所有计算机直流电路中共地回路如有两点或多点接地时,其任意两接地点的地电位差在任何时候均不得大于设备所允许的噪声;
  - 5) 任一机柜(或一套装置)内全部对外接口设备有隔离时,机柜外壳、交流电源、计算机直流电路和电缆屏蔽层应在该机柜内共一点接地。计算机逻辑回路在机柜内应只有一点同机柜的公共接地点连接;
  - 6) 在一个设备中,或在临近设备中的接地不应有两个独立的接地网;
  - 7) 信号和电缆屏蔽层的接地应考虑相应传感器或其他连接设备的接地点,避免两点接地,并

宜选择计算机监控系统接收设备端一点接地。

- c) 计算机监控系统所属设备柜内接地线宜短,柜内公共接地板应采用截面大于 50 mm<sup>2</sup> 的铜排;
- d) 机柜或箱壳的接地点应有良好耐久的金属接触点接地;
- e) 计算机监控系统使用测试仪器时,应为测试仪器提供电源连接和接地连接。

### 5.1.2 软件要求

5.1.2.1 提供的操作系统应是多任务、多用户操作系统。

5.1.2.2 数据库可分为集中式或分布式数据库,应满足以下要求:

- a) 数据库的结构定义应包括水电站监控和管理所需要的全部数据项;
- b) 数据库应提供方便的能被其他商用数据库直接采用的应用接口;
- c) 支持快速存取和实时处理;
- d) 能保证数据的完整性和统一性;
- e) 能在线设定或修改数据;
- f) 模拟输入量应具有测量死区、零读数死区、报警死区、越限限值和工程单位变换等属性;
- g) 实时数据库应具有报警允许、数据质量码或控制闭锁等相关属性;
- h) 历史数据库应提供方便可靠的历史数据存储、查询和备份功能。

5.1.2.3 应用软件技术应满足下列要求:

- a) 提供用于完成所有监控功能的应用软件;
- b) 提供培训仿真应用软件(可选项);
- c) 提供在线状态监测与远程运行维护应用软件(可选项);
- d) 应用软件应采用结构式模块化软件,功能软件模块或任务模块应具有完整性和独立性;
- e) 应用软件环境的设计应使用户能安全地实现应用软件的补充、修改或移植;
- f) 遵循国际开放系统标准,采用符合 IEC 61131-3 标准的接口规范,提供良好的系统扩充能力。

### 5.1.3 功能要求

5.1.3.1 数据采集功能技术应满足下列要求:

- a) 厂站级控制数据采集:
  - 1) 实时采集各现地级控制的各类数据;
  - 2) 接收各调度级的命令信息和数据;
  - 3) 接收水电站计算机监控系统以外的其他系统数据信息。
- b) 现地级控制数据采集:
  - 1) 应能实时采集各种模拟输入量(AI)(含 RTD 信号)、数字输入状态量(DI)、数字输入累加量等,同时能输出模拟输出量(AO)和数字输出量(DO);
  - 2) 应能实时采集所辖智能设备的数据;
  - 3) 接收来自厂站级控制的命令信息和数据。

5.1.3.2 数据处理功能技术应满足下列要求:

- a) 模拟量数据处理:

应包括工程量变换处理、测量零值处理、测量死区处理、测量上下限值处理、测量合理性处理、测量上下限值死区处理、越限及梯度越限报警处理等。
- b) 状态数据处理:

应包括状态变位处理、防接点抖动处理、报警处理等。
- c) 事件顺序记录数据处理:

应包括状态变位处理、防接点抖动处理、时间标记处理、报警处理等,要求分辨率 $\leq 2$  ms。

## d) 主要参数趋势分析处理:

对水电站的一些主要参数如机组出力、轴承温度、油槽油温、主变压器油温、水位等的变化趋势,可按不同的间隔时间(采样时间)进行记录,形成趋势显示曲线。

## e) 事故追忆处理:

对各种事故的相关量进行短时段的记录,遇到事故发生就将此记录保存下来。事故追忆记录分事故前和事故后两时段,两个时段的长短和采样间隔应可调整。事故追忆记录时间应不小于1年。

## f) 历史数据处理:

对实时数据进行统计分析和计算处理,形成历史数据记录,并提供历史数据检索和查询手段。历史数据按如下分类定义:趋势类、累加值、平均值类、最大/最小值类。

## 5.1.3.3 报警处理功能技术应满足下列要求:

## a) 当对象处于事故和故障状态,应立即发出报警音响、语音报警和显示信息。报警音响或语音报警应将事故和故障区别开来。声音可人工或延时自动解除;

## b) 报警显示信息应在当前画面上显示报警报文(包括报警发生时间、对象名称、性质等)。显示颜色应随报警信息类别而改变。若当前画面具有该报警对象,则该对象标志(或参数)闪光及其颜色变化。闪光信号应在运行人员确认后解除;

## c) 应为事故和故障报警信息提供方便的配置画面,使事故和故障报警信息能通过电话手机以语音形式对有关人员报警(可选项);

## d) 应为事故和故障报警信息提供方便的配置手段,使事故和故障报警信息能通过手机短信平台发送到指定的手机上(可选项)。

## 5.1.3.4 控制调节功能应满足下列技术要求:

## a) 对运行设备控制方式的设置应包括下列内容:

1) 远程调度端/厂站级控制控制/调节方式设置(控制和调节方式是否分别设置,应根据调度具体要求进行);

2) 厂站级控制/现地级控制控制方式设置;

3) 运行设备自动/手动控制方式设置;

4) 水电站公用设备/辅助设备的控制权限可根据水电站的管理模式确定。

## b) 对单台被控设备人工操作应满足下列规定:

运行人员可通过厂站级控制或现地级控制的人机接口设备进行操作,完成对单台设备的控制与调节,并考虑安全闭锁。

## c) 机组现地控制单元的顺序控制和调节应包括下列内容:

1) 机组正常开/停机顺序控制及紧急停机顺序控制;

2) 机组转速及有功功率调节;

3) 机组电压及无功功率调节。

## d) 开关站现地控制单元的顺序控制应包括下列内容:

开关站现地控制单元应能实现相关隔离开关的倒闸顺序控制(闭锁)和断路器的合闸顺序控制功能。

## e) 自动发电控制或有功功率联合控制的调节方式(可选项)应包括下列内容:

1) 按系统调度给定的日负荷曲线调整功率;

2) 按水电站运行值班员设定的有功功率值自动调整功率;

3) 按电网 AGC 设定值自动调整功率;

4) 按系统频率控制方式;

5) 按水位控制方式。

f) 自动电压控制或机组无功功率联合控制的调节方式(可选项)应包括下列内容:

- 1) 按系统调度给定的水电站高压母线电压日调节曲线进行调整;
- 2) 按运行人员给定的高压母线电压值或总无功进行调整;
- 3) 按水电站高压母线电压限值进行调整。

5.1.3.5 人机接口及操作应满足下列技术要求:

a) 计算机监控系统应通过以下接口设备完成画面显示、打印制表、设置参数、操作控制及维护管理等人机接口功能:

- 1) 厂站级控制操作员站、工程师站、打印机等;
- 2) 现地操作屏;
- 3) 便携式工作站或移动式操作员站。

b) 厂站级控制人机接口及操作应满足下列要求:

- 1) 厂站级控制人机接口作为水电站运行人员监视和控制水电站运行的主要手段,运行人员与计算机监控系统的交互作用可通过操作员站等的显示器、键盘和鼠标以及打印机等来实现;
- 2) 依据分级分权的设计原则操作员只应完成对水电站设备运行监视、控制调节和参数设置等操作,而不得修改或测试各种应用软件;
- 3) 人机接口操作方法应友好、简便、灵活、可靠,对话提示说明应清楚准确,在整个系统对话运用中保持一致;
- 4) 被控对象的选择和控制只应在同一个操作员站上进行;
- 5) 操作过程中的操作步骤宜简化且应有可靠性校核及闭锁功能;
- 6) 画面调用方式应满足灵活可靠、响应速度快的原则,画面的调用应有自动和召唤两种方式,自动方式用于事故、故障及过程监视等情况,召唤方式为运行人员随机调用;
- 7) 任何人机操作(包括参数修改和配置修改)均应记入操作记录。

c) 现地级控制人机接口及操作应满足下列要求:

- 1) 运行人员可通过现地操作屏的人机接口设备或便携式工作站或移动式操作员站实现对所辖设备的监视和控制;
- 2) 操作屏应具有远方和现地控制方式的切换功能,在现地级控制控制方式下,远方命令被闭锁,但不影响数据采集和传送;
- 3) 在现地级控制控制方式下,相关操作应做到安全、可靠和简便,应为触摸屏(可选项)上的相关控制操作提供操作权限;
- 4) 在远方控制方式下,运行人员不得进行除紧急操作外的其他控制操作,只能通过现地人机接口设备进行监视;
- 5) 机组紧急停机(包括手动和顺控流程)操作和关机组进水阀门/快速闸门操作应不受远方/现地控制方式的影响。

5.1.3.6 系统通信技术应满足下列要求:

a) 计算机监控系统与各调度级的调度自动化系统间的通信:

为满足调度自动化系统(包括梯级调度)对水电站的遥测、遥信、遥调及遥控功能,监控系统应可随时接受各级调度的命令信息,并向它们发送水电站实时工况、运行参数及有关信息。

b) 计算机监控系统可实现与下列系统之间的通信:

- 1) 与电能计量系统的通信;
- 2) 与闸门控制系统的通信;
- 3) 与励磁、调速、继电保护及故障录波管理系统的通信;

- 4) 与消防报警系统的通信;
- 5) 与视频监控系统的通信;
- 6) 与水情自动化测报系统的通信;
- 7) 与状态监测及故障诊断系统的通信;
- 8) 与直流电源系统的通信。
- c) 厂站级控制与现地级控制的通信:
  - 1) 数据采集;
  - 2) 传送控制/调节命令及其他需要的信息(如机组水头);
  - 3) 通信诊断。
- d) 现地控制单元可实现与所辖智能设备之间的通信:  
现地控制单元应能分别与所辖控制设备(如调速器、励磁系统、开关站智能设备、厂用电系统智能设备、供排水控制系统、压缩空气控制系统及暖通空调控制系统等)实现通信。

#### 5.1.3.7 系统自诊断及自恢复功能技术应满足下列要求:

- a) 计算机监控系统在线运行时,应对计算机监控系统内的硬件及软件进行自诊断,当诊断出故障时,应自动发出信号;对于冗余设备,应自动切换到备用设备;
- b) 自恢复功能,包括软件及硬件的监控定时器(看门狗)及自启动功能;
- c) 掉电保护功能。

#### 5.1.3.8 其他功能要求(可选项):

- a) 与水库水情测报系统通信,实现水情测报信息与发电控制联动;
- b) 与大坝监测系统通信,实现大坝监测信息与发电控制联动;
- c) 与设备状态监测系统通信,实现设备状态监测信息与发电控制联动;
- d) 通过远程运行维护系统,实现“无人值班”的运行模式;
- e) 充分利用大数据、云计算、物联网等新技术,提升电站的智能化水平。

## 5.2 继电保护技术要求

### 5.2.1 继电保护性能应满足下列要求:

- a) 继电保护装置应满足选择性、速动性、灵敏性和可靠性的要求;
- b) 继电保护装置应选用微机型产品,微处理器不低于 16 位微机配置;
- c) 继电保护装置应带有 RS-485 通信口或以太网口与计算机监控系统通信;
- d) 水电站所配置的继电保护的整定及灵敏度校验应符合设计文件的要求;
- e) 继电保护装置及计算机监控系统的对时方式和对时精度应符合设计文件的要求。

### 5.2.2 继电保护配置应满足下列要求:

- a) 水电站中的电力设备应配备有主保护和后备保护(近后备或远后备),必要时可增设辅助保护。具体配置方案应满足设计文件的要求;
- b) 如果电网要求水电站具有电压频率控制功能,还应装设电压频率紧急控制装置或远方控制系统。

### 5.2.3 继电保护装置的技术参数应满足下列要求:

#### a) 额定参数

额定交流输入:

电压:100 V 或 110 V(线电压)、100 V/ $\sqrt{3}$  或 110 V/ $\sqrt{3}$ (相电压)

电流:5 A 或 1 A

频率:50 Hz 或 60 Hz

电源电压:DC110 或 220 V;AC110 或 220 V

b) 功率消耗

交流电流回路:当额定电流为 5 A 时,每相不大于 1 VA;当额定电流为 1 A 时,每相不大于 0.5 VA

交流电压回路:当额定电压时,每相不大于 1 VA

直流电源回路:每个保护装置不大于 10 W(静态)或 15 W(动作)

c) 过载特性

电流回路长期接通:2 倍额定电流

电流回路短时接通:20 倍额定电流,允许 10 s

电压回路长期工作:1.5 倍额定电压

触点容量:长期接通 DC 220 V/5 A

d) 保护动作精度

动作定值:±2.5%

时间定值:±1%或±40 ms

频率偏差:±0.05 Hz

滑差定值:±5%

e) 测量精度

电压/电流(有效值):0.5%

频率:±0.05 Hz

功率:1%

功率因数:1%

5.2.4 装置的绝缘耐压性能应符合 IEC 60255-5 要求。

5.2.5 继电保护装置抗干扰性能应满足下列要求:

a) 脉冲群干扰试验

装置应通过 IEC 60255-22-1 中规定的严酷等级Ⅲ级的 1 MHz 脉冲群干扰试验,且在试验后性能符合标准要求。

b) 静电放电试验

装置应通过 IEC 60255-22-2 中规定的严酷等级Ⅳ级的静电放电试验,且在试验后性能符合标准要求。

c) 辐射电磁场干扰试验

装置应通过 IEC 60255-22-3 中规定的严酷等级Ⅳ级的辐射电磁场干扰试验,且在试验后性能符合标准要求。

d) 快速瞬变干扰试验

装置应通过 IEC 60255-22-4 中规定的严酷等级Ⅳ级的快速瞬变干扰试验,且在试验后性能符合标准要求。

e) 浪涌干扰试验

装置应通过 IEC 60255-22-5 中规定的严酷等级Ⅲ级的浪涌干扰试验,且在试验后性能符合标准要求。

### 5.3 直流电源系统技术要求

5.3.1 直流电源基本配置应满足下列要求:

a) 直流电源系统应采用微机监控装置和充电模块,且充电模块按 N+1 方式配置;

b) 直流电源应配置绝缘监测装置和电池巡检装置。绝缘监测装置应能检测直流母线正极、负极对地的电压值及绝缘电阻值。

### 5.3.2 直流电源微机监控功能应满足下列要求：

- a) 测量：直流系统母线电压、充电装置输出电压和电流、蓄电池组电压和放电电流；
- b) 信号：直流系统母线电压过高和过低、直流系统接地、充电装置运行方式切换和故障等；
- c) 控制：充电装置的开机、停机和运行方式切换；
- d) 接口：通信接口可采用 RS-485 或以太网形式。

## 6 供货范围和备品备件

### 6.1 监控系统

监控系统的硬件应包括计算机控制设备、现地控制设备、通信设备、逆变电源及 UPS 电源等；软件应包括操作系统、数据库及应用软件等。

### 6.2 继电保护系统

应包括水电站出线、变压器、水轮发电机等的继电保护设备和电网稳定控制设备等。

### 6.3 直流电源系统

应包括直流电源监控模块、充电模块、电池等设备。

### 6.4 其他设备和备品备件

下列设备和备品备件可以在供需双方签订的订货合同中规定予以提供，如果没有规定提供则可不提供：

- a) 自动化仪器仪表；
- b) 电能计量设备；
- c) 辅机控制设备；
- d) 调度通信设备；
- e) 视频监控系统；
- f) 备品备件。

## 7 技术文件

供方向需方提交必要的技术文件，主要包括：

- a) 系统框图、设备清单、设备连接图；
- b) 柜内设备布置图、布线图；
- c) 硬件技术资料；
- d) 系统软件和应用软件清单；
- e) 软件使用及维护说明书；
- f) 外购设备技术文件；
- g) 设备安装图；
- h) 产品出厂检验合格证。

## 8 工厂检验

### 8.1 试验、检验和验收规则

#### 8.1.1 工厂试验和检验

工厂检验的项目见附录 A。工厂试验和检验应满足：

- a) 与产品配套的器件应按有关规定进行质量控制；
- b) 产品在生产过程中应进行全面的检查、试验,并应有详细、完整的记录；
- c) 产品在出厂前应通过供方质量检验部门的检验,检验中若有任何一项不符合受检产品技术条件规定者,应消除缺陷,检验合格后由质量检验部门签发合格证。

#### 8.1.2 出厂验收

出厂验收应满足下列要求：

- a) 若受检产品技术条件规定产品出厂前需进行出厂验收者,则供方在完成工厂试验和检验后,应按受检产品技术条件规定的日期提前通知需方；
- b) 出厂验收由供方和需方共同负责进行；
- c) 出厂验收过程中,供方的责任主要为:
  - 1) 向需方汇报系统配置、工厂试验和检验结果；
  - 2) 起草出厂验收大纲；
  - 3) 提供验收所需的试验仪器设备清单；
  - 4) 负责进行验收大纲中规定的各项试验。
- d) 出厂验收过程中,需方的责任主要为:
  - 1) 对出厂验收大纲进行讨论、审查、修改,最后确定出厂验收大纲；
  - 2) 对出厂验收试验进行监督、审查。
- e) 出厂验收结束后,供需双方应签署出厂验收纪要,对出厂验收的结果作出评价。如产品还存在缺陷时,应在出厂验收纪要中提出处理意见及完成期限,由供方负责处理。

### 8.2 产品外观、软硬件配置及技术文件检查

#### 8.2.1 产品外观检查

8.2.1.1 产品表面不应有明显的凹痕、划伤、裂缝、变形和污染等。表面涂镀层应均匀,不应起泡、龟裂、脱落和磨损。金属零部件不应有松动及其他机械损伤。

8.2.1.2 内部元器件的安装及内部连线应正确、牢固无松动。键盘、开关、按钮和其他控制部件的操作应灵活可靠。接线端子的布置及内部布线应合理、美观、标志清晰。

#### 8.2.2 产品软硬件配置检查

8.2.2.1 检查产品的硬件配置,其数量、型号、性能等应符合受检产品技术条件规定,且布局合理。

8.2.2.2 检查产品的软件配置、文档及其载体,应符合受检产品技术条件规定。

#### 8.2.3 产品技术文件的检查

产品(包括外购配套设备)的有关技术文件应完整、详尽、统一、有效。

### 8.3 功能和性能测试

#### 8.3.1 数据采集与处理功能测试

##### 8.3.1.1 模拟量数据采集与处理功能测试应满足下列要求：

###### a) 模拟量数据采集功能测试：

模拟量包括水电站内 LCU 单元、继电保护装置、直流电源系统相关联的交流电流、交流电压、直流电流、直流电压、温度信号、水位信号等。从模拟量输入端子接入相应的模拟量信号发生器,改变模拟量信号发生器输出,计算模拟量数据采集的误差,应符合受检产品技术条件的规定。

###### b) 模拟量数据处理功能测试

核对模拟量显示及越限记录的正确性,其越限报警启动值及人机接口显示内容应与受检产品技术条件规定一致。

##### 8.3.1.2 数字量数据采集与处理功能测试应满足下列要求：

###### a) 数字量数据采集测试

数字量包括水电站内 LCU 单元、继电保护装置、直流电源系统相关联的位置信号、状态信号等。从数字量输入端子接入相应的数字量信号发生器,按具体测点要求,进行输入信号变位试验,通过监控系统的人机接口检查显示及有关记录,应与实际输入及受检产品技术条件规定一致。

###### b) 数字量数据处理功能测试

核对数字量变位显示及事件顺序记录的正确性,其变位显示及事件记录顺序及人机接口显示内容应与受检产品技术条件规定一致。

##### 8.3.1.3 计算量数据采集与处理功能测试应满足下列要求：

###### a) 水轮发电机、变压器、联络线路等当前的工况、主辅设备的动作次数、运行时间、检修时间,功率、电度量等都属于计算量。

###### b) 根据受检产品技术条件所规定的测点数学模型,模拟其输入条件,检验其数据采集与处理的正确性,应符合受检产品技术条件规定。

#### 8.3.2 输出通道测试

##### 8.3.2.1 数字量输出包括 LCU 单元的数字量输出、继电保护装置的跳闸及报警输出、直流电源系统的报警输出等。数字量输出通道测试应满足下列要求：

###### a) 在数字量输出通道的输出端子上接入监测输出状态的万用表；

###### b) 从监控系统人机接口或调试终端将数字量输出置为“0”或“1”；

###### c) 接于输出端子上的外接万用表检查输出通道动作的正确性。

##### 8.3.2.2 模拟量输出包括电流、电压、功率、温度、水位等采用 4 mA~20 mA 或 0 V~5 V 变送输出的信号。模拟量输出通道测试应满足下列要求：

###### a) 在模拟量输出通道的输出端上接入精度至少比受检产品技术条件要求高一级的测试仪表；

###### b) 从监控系统人机接口或调试终端改变模拟量输出的设置值；

###### c) 根据外接仪表所测得的实测值计算模拟量输出的精度,应满足受检产品技术条件规定。

##### 8.3.2.3 其他数据处理功能包括如事故追忆等由受检产品技术条件规定的功能,测试要求：

###### a) 根据受检产品技术条件规定,模拟其启动条件,检验其处理的正确性；

###### b) 通过监控系统的人机接口检查显示及有关记录,应与实际输入及受检产品技术条件规定一致。

### 8.3.3 继电保护功能与性能测试

水电站的继电保护包括联络线路、主变压器、水轮发电机等继电保护以及电压频率紧急控制等功能。继电保护性能测试应满足下列要求：

- a) 所有关于继电保护的信号应从屏体的引出端子上输入；
- b) 采用继电保护试验仪器提供保护电流和电压，测试继电保护的功能及性能的正确性；
- c) 通过监控系统的人机接口检查显示及有关记录，应与实际输入及受检产品技术条件规定一致。

### 8.3.4 直流系统功能与性能测试

下述各项功能与性能应符合受检产品技术条件应满足下列要求：

- a) 稳压和稳流精度；
- b) 蓄电池组容量；
- c) 充放电试验要求；
- d) 直流母线电压调节功能；
- e) 直流母线及馈出线绝缘性能。

### 8.3.5 人机接口功能检查

下述各项人机接口功能应符合受检产品技术条件应满足下列要求：

- a) 画面显示的正确性；
- b) 通过改变从生产过程接口输入的数据及状态，检查画面动态显示的正确性；
- c) 控制命令的正确性、唯一性、可靠性；
- d) 参数、状态设置或修改的正确性、可靠性；
- e) 报警、提示、音响、语音、登录、授权的正确性；
- f) 各种报表、打印的正确性；
- g) 历史资料查询的正确性；
- h) 操作未定义的键，系统不得出错或出现死机；
- i) 受检产品技术条件规定的其他人机接口功能的检查。

## 8.4 电源适应能力测试

在正常试验大气条件下，外接电源的电压、频率、波形中的任一项参数为受检产品技术条件规定的极限值时（其余为额定值），受检系统应可靠工作，功能与性能应符合受检产品技术条件规定。

## 8.5 绝缘电阻测试

根据被试回路额定绝缘电压，用兆欧表对装置不直接接地的带电部分和非带电金属部分及外壳之间，以及电气上无联系的各电路之间的绝缘电阻进行测试，测试要求：

- a) 各电路分别对地之间及交流回路与交流回路之间的绝缘电阻不小于 100 MΩ；
- b) 各电路分别对地之间，以及交流回路与交流回路之间应能承受 50/60 Hz, 2 kV(有效值)的交流检验电压，历时 1 min 的检验，应无闪络或绝缘击穿现象；
- c) 通信口端子与地之间应能承受 50/60 Hz、500 V(有效值)的交流检验电压历时 1 min 的检验，应无闪络或绝缘击穿现象。

## 8.6 连续通电检验

根据受检产品技术条件的规定，在完成其他检验、验收项目的测试后，应进行不少于 72 h 的连续通

电检验。检验过程中应定时(如每隔 12 h)进行一次选项测试或检查,发现产品质量问题时即中止检验,待问题解决后重新开始检验。

## 8.7 出厂验收

受检产品技术条件规定产品出厂前需进行出厂验收时,需方和供方依据供需双方制定的验收大纲进行试验。验收大纲中规定的试验为出厂试验和检验的全部或部分内容。

## 9 现场验收

### 9.1 现场试验和验收的环境条件

除环境试验或受检产品技术条件中对环境条件有特殊规定的以外,本文件中其他试验在下列条件下进行:

- a) 环境温度:15℃~35℃;
- b) 相对湿度:45%~75%;
- c) 大气压力:86 kPa~106 kPa。

当不能在标准的大气条件下进行试验时,要在试验报告上写明实际条件。

### 9.2 现场试验和验收规则

9.2.1 现场试验和验收应在产品到现场后,由需方(含监理方,下同)和供方共同负责进行安装投运的试验和验收。现场试验和验收项目见附录 A。

9.2.2 现场试验和验收过程中应明确各方的责任:

- a) 供方的责任
  - 1) 起草现场试验和验收大纲;
  - 2) 负责产品在现场的有关检查和投运试验;
  - 3) 提交现场投运试验报告。
- b) 需方的责任
  - 1) 对现场试验和验收大纲进行讨论、修改,并补充涉及现场设备及安全等有关的内容,负责审查、批准现场试验和验收大纲;
  - 2) 配合现场投运试验,负责完成可能危及现场主、辅设备及人身安全的安全措施;
  - 3) 组织、监督现场投运工作的进行。

9.2.3 通过现场投运试验,如产品还存在不满足受检产品技术条件的缺陷时,应在阶段性现场验收纪要中提出处理要求及处理期限,由供方负责处理。

9.2.4 现场试验和验收如果是分阶段进行的,则每阶段试验、验收合格后,供需双方应签署阶段性现场验收纪要;现场试验和验收全部结束后,供需双方应签署最终的现场验收文件。

### 9.3 外观、软硬件配置及技术文件检查

#### 9.3.1 外观检查

同 8.2.1 工厂试验和检验相应的产品外观检查部分。

#### 9.3.2 产品软硬件配置检查

同 8.2.2 工厂试验和检验相应的产品软硬件配置检查部分。

### 9.3.3 产品技术文件的检查

同 8.2.3 工厂试验和检验相应的产品技术文件检查部分,同时还需提供产品出厂检验合格证。

## 9.4 现场开箱、安装、接线检查

### 9.4.1 现场开箱检查

供货设备(包括技术文件)到达目的地后,需方应负责检验货物的箱体有无破损,并检查到货数量。需方在安装前开箱检验时,应提前通知供方,供方在接到通知后可自行到现场或委托需方,对货物的包装、外观及数量进行清点验收。

### 9.4.2 系统内部接线检查

监控系统内部各设备之间接线的正确性检查,应与设计、施工图纸一致。

### 9.4.3 现场安装及外部接线检查

监控系统在现场的安装及与现场生产过程、电源系统、接地系统之间连接的正确性检查,应与设计、施工图纸一致。

## 9.5 功能和性能测试

### 9.5.1 数据采集与处理功能测试

同 8.3.1 出厂试验和检验的数据采集与处理功能测试部分。

### 9.5.2 输出通道测试

同 8.3.2 出厂试验和检验的输出通道测试部分。

### 9.5.3 继电保护试验

继电保护试验应满足下列要求:

- a) 试验用的电流和电压由继电保护试验仪器提供。所有关于继电保护的电流、电压等信号应从屏体的引出端子上输入;
- b) 保护动作出口直接控制相应断路器;
- c) 通过监控系统的人机接口检查显示及有关记录,应与实际输入及受检产品技术条件的规定一致。

### 9.5.4 同期试验

同期试验应满足下列要求:

- a) 试验用的电流和电压由继电保护试验仪器提供。所有关于同期操作的电压等信号应从屏体的引出端子上输入;
- b) 同期出口直接控制相应断路器;
- c) 通过监控系统的人机接口检查显示及有关记录,应与实际输入及受检产品技术条件规定一致。

### 9.5.5 功率调节功能测试

#### 9.5.5.1 有功功率调节试验应满足下列要求:

- a) 检查与有功功率调节有关各项限值及保护参数,应确保无误;

- b) 退出有功功率及无功功率自动调节流程；
- c) 执行机组“发电”流程,使机组开机、并网；
- d) 投入有功功率调节流程；
- e) 在避开振动区的前提下,有功功率给定值突变 10%或其整数倍,直至运行中可能出现的最大突变值,改变有功功率调节参数,使有功功率调节品质满足现场运行要求；
- f) 在试验过程中监视并手动调整机组无功功率,以满足运行需要。

#### 9.5.5.2 无功功率调节试验应满足下列要求：

- a) 检查与无功功率调节有关的各项限值及保护参数,应确保无误；
- b) 退出有功功率及无功功率调节流程；
- c) 执行机组“发电”流程,使机组开机、并网；
- d) 投入无功功率调节流程；
- e) 在机组运行条件允许的前提下,无功功率给定值突变 10%或其整数倍,直到运行中可能出现的最大突变值,改变无功功率调节参数,使无功功率调节品质满足现场运行要求；
- f) 在试验过程中监视并手动调整机组有功功率,以满足运行需要。

#### 9.5.6 自动发电控制(AGC)功能测试(选项)

##### 9.5.6.1 “厂站”方式下 AGC 功能测试应满足下列要求：

- a) 将 AGC 设置成“厂站”、“开环”工作方式,在不同控制方式下检查 AGC 的负荷分配运算和开停机指导等功能正确性；
- b) 将 AGC 工作方式设置成“厂站”、“闭环”,在不同控制方式下检查 AGC 的负荷分配、功率调节、开停机操作执行的效果。

##### 9.5.6.2 “调度”方式下 AGC 功能测试应满足下列要求：

- a) 将 AGC 设置成“调度”、“开环”工作方式,对远方 AGC 的各项功能(如从调度侧修改负荷曲线、全厂总有功功率给定值等)的正确性进行测试；
- b) 将 AGC 工作方式设置成“调度”、“闭环”,对远方 AGC 各项功能的执行正确性进行测试。

#### 9.5.7 自动电压控制(AVC)功能测试(可选项)

##### 9.5.7.1 “厂站”方式下 AVC 功能测试应满足下列要求：

- a) 将 AVC 设置成“厂站”、“开环”工作方式,在不同控制方式下检查 AVC 的负荷分配运算等功能正确性；
- b) 将 AVC 工作方式设置成“厂站”、“闭环”,在不同控制方式下检查 AVC 的负荷分配、功率调节执行的效果。

##### 9.5.7.2 “调度”方式下 AVC 功能测试应满足下列要求：

- a) 将 AVC 设置成“调度”、“开环”工作方式,对远方 AVC 的各项功能(如修改电压曲线、全厂总无功功率给定等)的正确性进行测试；
- b) 将 AVC 工作方式设置成“调度”、“闭环”,对远方 AVC 各项功能的执行正确性进行测试。

#### 9.5.8 实时性性能指标检查及测试

9.5.8.1 实时性性能指标检查应包括检查数据采集周期及 AGC,AVC 有关执行周期等参数的设置值,结果应符合受检产品技术条件规定。

##### 9.5.8.2 实时性性能指标测试应满足下列要求：

- a) 模拟量输入信号突变到画面上数据显示改变时间测试；
- b) 数字量输入变位到画面上画块或数据显示改变或发出报警信息、音响的时间测试；

- c) 命令发出到现地控制单元开始执行控制输出时间；
- d) 人机接口响应时间测试：
  - 1) 调用新画面响应时间；
  - 2) 在已显示画面上实时数据刷新时间；
  - 3) 模拟量事件产生到画面上报警信息显示和发出音响时间；
  - 4) 事件顺序记录事件产生到画面上报警信息显示和发出音响的时间；
  - 5) 计算量事件产生到画面上报警信息显示和发出音响时间。
- e) 双机切换时间测试：人为退出正在运行的主机，这时备用机应自动投入工作，测出其切换时间，在切换过程中不得出错或出现死机；
- f) 根据受检产品技术条件进行其他实时性性能指标测试；实时性性能指标应符合受检产品技术条件规定。

### 9.5.9 外部通信功能测试

9.5.9.1 根据受检产品技术条件规定，对受检系统与各级调度及其他外部系统和设备（如与水情、水电站信息管理系统、自动装置、智能仪表等）的通信功能，根据通信规约用 PC 机模拟通信对侧或直接用实际设备进行测试，应满足受检产品技术条件规定。

9.5.9.2 对具有冗余配置的通道，人为退出工作通道，其备用通道应自动投入工作，在切换过程中不得出错或出现死机。

### 9.5.10 应用软件编辑功能测试

根据受检产品技术条件规定，对受检产品的应用软件编辑功能（如各种画面、测点定义、表格、控制流程的修改、增删等）进行测试，应满足受检产品技术条件规定。

### 9.5.11 系统自诊断及自恢复功能测试

系统自诊断及自恢复功能测试应测试下列内容：

- a) 系统加电或重新启动，检查系统是否能正常启动；
- b) 模拟应用系统故障，检查系统是否自恢复；
- c) 模拟各种功能模件、外围设备、通信接口等故障，检查相应的报警和记录是否正确；
- d) 对热备冗余配置的设备（如主机、网络、现地控制单元等），模拟工作设备故障，检查备用设备是否自动升为工作设备、切换后数据是否一致、各项任务是否连续执行，不得出现死机。

### 9.5.12 CPU 负荷率等性能指标测试

对 CPU 负荷率等性能指标有明确规定的系统，应在计算机上通过命令或操作系统界面显示并记录 CPU 负荷率、内存占有率、磁盘使用率等指标，并通过统计，求出其最大值。

## 10 铭牌、包装、运输和储存

### 10.1 铭牌

铭牌的材料及印制方法应能保证其字迹在设备的整个使用时期内不易磨灭，应标明的项目如下：  
供方名称、设备名称、设备型号、出厂编号、出厂时间。

### 10.2 包装

10.2.1 包装箱应按照装箱图样制作，在其外壁应注明下列事项：

- a) 收货单位和地址；
- b) 供方单位和地址；
- c) 设备型号、名称及编号；
- d) 设备净重、毛重、包装箱重心线、吊索位置以及包装箱的外形尺寸；
- e) 标明“轻放”、“防潮”及“不准倒置”等字样和标志。

10.2.2 设备包装应按设备的不同要求及运输方式采取防雨、防潮、防霉、防尘、防振、防盐雾等措施。

10.2.3 包装前应做好下列准备工作：

- a) 检查设备外观有无损坏，表面有无灰尘；
- b) 将易碎怕震部件及表计拆下，另行妥善包装；
- c) 随设备一起供应的备品备件、合格证和有关技术文件应该齐全，并经包扎后固定在一定位置。

10.2.4 装箱单开列的名称、数量应与箱内的实物和图纸资料相符。

10.2.5 出口设备的包装应符合相关国家检验检疫的规定。

### 10.3 运输

供方应指明设备适用的运输工具和运输时的要求。运输及装卸按包装箱上的标记进行。供方发运的件数、箱数、标志、发运时间、车次等应在发运的同时通知收货单位。

### 10.4 储存

包装好的设备应放在环境温度为一25℃～+55℃，相对湿度不大于85%的库房内，室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和强电磁场作用，不受灰尘雨雪的侵害。自供方发货之日起，在符合该储存条件下，供方应保证在12个月内不致因包装不善而引起设备的锈蚀、精度降低等。

## 11 安装和培训

### 11.1 安装

#### 11.1.1 安装指导

设备的现场安装由需方负责，供方应派技术人员现场指导。

#### 11.1.2 安装规范

安装应依据本文件及相关的标准和规范进行。

#### 11.1.3 安装试验记录

设备安装完毕将由需方和供方技术人员进行全面的试验，形成完整的试验记录。

### 11.2 培训

11.2.1 供方应对需方进行关于设备使用操作、日常维护、事故处理等方面的培训。

11.2.2 用户培训应先制定合理的培训计划，准备好培训资料。

11.2.3 用户培训应分阶段进行，宜分为三个阶段的培训：

- a) 出厂培训：在设备未出厂前，需方选派人员到供方参与设备的出厂检验，同时进行原理和实践的系统培训；
- b) 现场培训：在设备到达安装现场之后，需方选派人员参与设备的现场安装，同时进行运行操作培训；

- c) 运行培训:设备投入运行后,根据需方要求,需方可选派人员到电厂或供方所在地的实时数字模拟系统或具有该设施的机构接受运行培训。

## 12 质量保证(保修)期

在正确地保管、安装和使用条件下,产品的质量保证期为自 72 h 试运行完成之日起一年,或从最后一批货物交货之日起两年,以先到期为准。质量保证期内如因制造质量引起的设备损坏或不能正常工作,供方应无偿修理或更换。

附 录 A  
(规范性附录)  
检验、验收和试验项目

表 A.1 检验、验收和试验项目

序号	检验项目	工厂检验	现场验收
1	产品外观、软硬件配置及技术文件检查	√	√
2	模拟量数据采集与处理功能测试	√	√
3	数字量数据采集与处理功能测试	√	√
4	计算量数据采集与处理功能测试	√	√
5	数据量输出通道测试	√	√
6	模拟量输出通道测试	√	√
7	其他数据处理功能测试	√	√
8	继电保护功能及性能测试	√	√
9	直流系统稳压稳流测试	√	√
10	蓄电池组容量检查	√	√
11	充放电试验	√	√
12	直流母线电压调节功能测试	√	√
13	直流母线及馈出线绝缘性能测试	√	√
14	人机接口功能测试	√	√
15	电源适应能力测试	√	√
16	绝缘电阻测试	√	√
17	连续通电试验	√	√
18	现场开箱、安装、接线检查		√
19	同期功能测试	√	√
20	功率调节功能测试	√	√
21	自动发电控制(AGC)功能测试	√	√
22	自动电压控制(AVC)功能测试	√	√
23	实时性性能指标检查及测试	√	√
24	通信功能测试	√	√
25	应用软件编辑功能测试	√	√
26	系统自诊断及自恢复功能测试	√	√
27	CPU 负荷率、内存占有率等性能指标测试	√	√
28	其他功能测试	√	√



**UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION**

Vienna International Centre  
P.O. Box 300 · 1400 Vienna · Austria  
Tel.: (+43-1) 26026-0  
E-mail: [info@unido.org](mailto:info@unido.org)  
[www.unido.org](http://www.unido.org)



**INTERNATIONAL NETWORK  
ON SMALL HYDROPOWER**

136 Nanshan Road  
Hangzhou · 310002 · P.R.China  
Tel.: (+86-571)87132793  
E-mail: [secretariat@inshp.org](mailto:secretariat@inshp.org)  
[www.inshp.org](http://www.inshp.org)