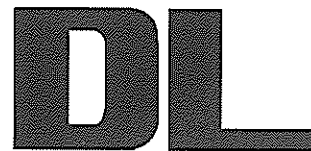


ICS 27.140  
F 20 K 55  
备案号: 37400-2012



# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1197 — 2012

---

## 水轮发电机组状态在线监测系统 技 术 条 件

Specification of on-line condition monitoring system  
for hydro-generator set

2012-08-23 发布

2012-12-01 实施

---

国家能源局 发 布



目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 总则 ..... 4

5 技术要求 ..... 4

6 试验和检验 ..... 18

7 标识、包装、运输与储存 ..... 19

8 文件与资料 ..... 19

附录 A（资料性附录） 状态报告示例 ..... 20

附录 B（资料性附录） 水轮发电机组状态在线监测系统典型结构示意图 ..... 22

附录 C（规范性附录） 大中型水轮发电机组状态在线监测系统典型测点布置 ..... 23

附录 D（资料性附录） 水轮发电机组状态在线监测系统监测量采集处理 ..... 25

附录 E（资料性附录） 水轮发电机局部放电在线测量概要 ..... 27

参考文献 ..... 30

## 前 言

本标准根据GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》编制制定。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电站自动化标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国水电顾问集团北京勘测设计研究院、中国水利水电科学研究院、南京南瑞集团公司、中国长江三峡集团公司、北京华科同安监控技术有限公司、北京奥技异电气技术研究所。

本标准主要起草人：张维力、苟东明、潘罗平、夏洲、刘昌栋、易忠有、梁国才、朱玉良、陈伟、刘晓波、万凤霞、刘书玉、杨梅、周振忠。

本标准在执行过程中的意见或建议请反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京西城区白广路二条一号，100761）。

# 水轮发电机组状态在线监测系统技术条件

## 1 范围

本标准规定了水轮发电机组状态在线监测系统基本技术要求、试验和检验项目、包装、运输和储存以及技术资料等内容。

本标准适用于大、中型水电站水轮发电机组的状态在线监测系统。小型水电站水轮发电机组的状态在线监测系统可参照使用。

## 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，仅所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 3482 电子设备雷击试验方法

GB/T 4798.2 电工电子产品应用环境条件 第2部分：运输（GB/T 4798.2—2008，IEC 60721-3-2：1997，MOD）

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

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 17626.2—2006，IEC 61000-4-2：2001，IDT）

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 17626.3—2006，IEC 61000-4-3：2002，IDT）

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 17626.4—2008，IEC 61000-4-4：2004，IDT）

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验（GB/T 17626.5—2008，IEC 61000-4-5：2005，IDT）

GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度（GB/T 17626.6—2008，IEC 61000-4-6：2006，IDT）

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验（GB/T 17626.8—2006，IEC 61000-4-8：2001，IDT）

GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验（GB/T 17626.11—2008，IEC 61000-4-11：2004，IDT）

GB/T 17626.12 电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验（GB/T 17626.12—1998，IEC 61000-4-12：1995，IDT）

GB/T 17626.17 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口纹波抗扰度试验（GB/T 17626.17—2005，IEC 61000-4-17：2002，IDT）

GB/T 24344 工业机械电气设备 耐压试验规范

DL/T 476 电力系统实时数据通信应用层协议

IEEE 802.2 Logic Link Control

IEEE 802.3 Working Group develops standards for Ethernet based LANs

IEEE 1434—2000 Trial-Use Guide to the Measurement of Partial Discharges in Rotating Machinery

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**状态在线监测系统 on-line condition monitoring system**

对水轮发电机组主要部件运行状态进行实时在线监测、分析与辅助诊断的系统。

#### 3.2

**状态监测量 condition monitoring parameters**

反映水轮发电机组状态的监测量，主要指振动、摆度、轴向位移、压力脉动、空气间隙、磁通密度、局部放电以及定子线棒端部振动等。

#### 3.3

**工况参数 operating parameters**

表征水轮发电机组各种运行工况特征的、与运行状态直接相关的参数，主要指转速、有功功率、无功功率、励磁电流、励磁电压、定子电流、定子电压、导叶开度、桨叶转角、水头、机组流量、发电机出口断路器位置、励磁断路器位置以及发电/抽水工况开关位置等。

#### 3.4

**过程量参数 process parameters**

水轮发电机组各部轴承轴瓦瓦温、油温、油位以及冷却水温度、定子铁芯温度等变化相对较慢的参数。

#### 3.5

**稳定性参数 stability parameters**

振动、摆度和压力脉动等反映机组稳定性的参数。

#### 3.6

**键相信号 phase key signal**

水轮发电机组状态在线监测系统的相位基准信号。

#### 3.7

**振动 vibration**

水轮发电机组各部件的位置相对于平衡（静止）位置随时间的往复变化。

#### 3.8

**摆度 run-out**

水轮发电机组主轴某部位相对于支撑部件的径向振动，又称为轴振动。

#### 3.9

**压力脉动 pressure pulsation**

水流在水轮机流道中因紊动、旋涡、脱流等原因引起的水压力的波动。

#### 3.10

**空化 cavitation**

在水轮机流道中局部压力降低至临界压力（一般接近汽化压力）时，水流中的气核开始发育成为气泡，气泡的聚积、流动、分裂和溃灭过程的总称。

#### 3.11

**空气间隙 air gap**

水轮发电机转子外圆与定子内圆之间的距离。

#### 3.12

**磁通密度 magnetic flux density**

穿过单位面积的磁通量。在本标准中指发电机定子与转子之间的气隙磁通密度。

## 3.13

发电机局部放电 **generator partial discharge**

水轮发电机定子绕组绝缘层内部或边缘发生的导体间绝缘仅被部分桥接的电气放电现象，简称局放，包括槽放电、绝缘内部放电、线棒层间放电和沿表面对地放电。

## 3.14

转频 **rotation frequency**

水轮发电机组转动的频率，也称一倍频。

## 3.15

轴心轨迹 **orbit**

机组运行时主轴中心的运动轨迹。

## 3.16

瀑布图 **waterfall chart**

监测量频域的分频幅值或某一时间段内的时域波形与不同工况关系的三维谱图。

## 3.17

级联图 **cascade chart**

机组启停过程中监测量频域的分频幅值与转速关系的三维谱图。

## 3.18

空间轴线图 **spatial axis chart**

机组运行时主轴中心线的运动轨迹。

## 3.19

转子不圆度 **rotor roundness deviation**

转子磁极外径的最大值与最小值之差。

## 3.20

定子不圆度 **stator roundness deviation**

定子内径的最大值与最小值之差。

## 3.21

电涡流传感器 **eddy-current transducer**

基于电涡流测距技术的位移传感器，其输出量与传感器和被测量面之间的距离成正比。

## 3.22

速度传感器 **speed transducer**

将振动速度转换为与其成比例的电信号输出的传感器。

## 3.23

加速度传感器 **acceleration transducer**

将振动加速度转换为与其成比例的电信号输出的传感器。

## 3.24

电容式位移传感器 **capacitive displacement transducer**

基于电容测距技术的位移传感器，其输出量与传感器和被测量面之间的距离成正比。

## 3.25

电容耦合器 **capacity coupler**

利用电容耦合原理监测局部放电信号的电容器。

## 3.26

数据采集单元 **data acquisition unit**

负责信号采集与处理的装置，一般由数据采集模块、系统模块和电源模块等组成。

### 3.27

#### 局放值 PD magnitude

局部放电脉冲数量为每秒 10 个时对应的局放脉冲幅值，简称局放值，用  $Q_m$  表示。

### 3.28

#### 局放量 normalized quantity number; NQN

单位时间（规定时段为 1s）内局部放电脉冲活动的总数量，简称局放量。

## 4 总则

### 4.1 系统功能

水轮发电机组状态在线监测系统应对水轮发电机组的状态监测量、过程量参数以及相应的工况参数进行实时监测，应能对监测数据长期存储、管理、综合分析，反映机组长期运行状态变化趋势，并以数值、图形、表格、曲线和文字等形式进行显示和描述，能够及时对水轮发电机组异常状态进行预警和报警。

### 4.2 数据来源

水轮发电机组状态在线监测系统的状态监测量应从现场传感器直接采集；工况参数和过程量参数可从相关设备直接获取，也可采用其他方式获取。

### 4.3 设置原则

水轮发电机组状态在线监测系统应根据水轮发电机组的结构特点、电站机组台数及电站运行方式等条件合理选择监测项目和系统规模。

水轮发电机组状态在线监测系统除应对机组的振动、摆度、压力脉动等运行状态进行实时监测外，还应应对机组的轴向位移、空气间隙、磁通密度、局部放电、定子线棒端部振动等运行状态进行实时监测，以实现水轮发电机组运行状态的分析和辅助诊断，提出故障或事故征兆的预报。

## 5 技术要求

### 5.1 使用条件

#### 5.1.1 环境温度

- a) 电厂计算机房：0℃～35℃。
- b) 数据采集单元：0℃～50℃。
- c) 允许温度变化率：5℃/h。

#### 5.1.2 相对湿度

- a) 电厂计算机房：45%～65%。
- b) 数据采集单元：20%～90%（无凝结）。特殊场所另行规定。

#### 5.1.3 尘埃

水轮发电机组状态在线监测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数据采集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 0.5μm 的个数小于 18 000 粒/L。

#### 5.1.4 海拔

不大于 2000m。

#### 5.1.5 振动和冲击

- a) 电厂计算机房：振动频率在 5Hz～200Hz 范围内，加速度不大于 5m/s<sup>2</sup>。
- b) 数据采集单元：振动频率在 10Hz～500Hz 范围内，加速度不大于 10m/s<sup>2</sup>。

### 5.2 系统功能要求

#### 5.2.1 数据采集与实时监测

水轮发电机组状态在线监测系统应对水轮发电机组的状态监测量以及相应的工况参数和过程量参



数进行实时采集和监测。

### 5.2.2 机组状态数据分析

水轮发电机组状态在线监测系统应具备数据分析的能力,应提供各种专业的数据分析工具,根据状态监测量及工况参数和过程量参数的变化预测机组状态的发展趋势,以分析报告等形式提供趋势预报功能;应提供数据导入/导出和离线分析功能。

#### 5.2.2.1 振动、摆度

水轮发电机组状态在线监测系统应自动对机组的稳态运行、暂态过程(包括瞬态)的振动、摆度进行分析。机组振动、摆度异常时,应越限报警并提供异常报警原因。

#### 5.2.2.2 轴向位移

水轮发电机组状态在线监测系统应自动对大轴轴向位置的变化进行分析。

#### 5.2.2.3 压力脉动

水轮发电机组状态在线监测系统应自动对各过流部位的稳态运行、暂态过程(包括瞬态)的压力脉动进行分析。

#### 5.2.2.4 空气间隙

水轮发电机组状态在线监测系统应自动对发电机定转子之间的空气间隙进行监测分析,自动计算定转子不圆度、定转子中心相对偏移量和偏移方位、定转子间气隙(最大值、最小值和平均值)及气隙最大值和最小值对应的磁极号等特征参数,分析机组静态与动态下气隙参数的相对关系和气隙的变化趋势。

#### 5.2.2.5 磁通密度

水轮发电机组状态在线监测系统应对发电机定转子之间的磁通密度进行监测分析,计算各磁极的磁通密度等特征参数,提供磁通密度与工况参数的关系和相同工况下磁通密度的长期变化趋势,辅助分析转子磁极匝间短路和磁极松动等引起电磁回路故障的可能性。

#### 5.2.2.6 局部放电

水轮发电机组状态在线监测系统应连续并自动检测水轮发电机在运行状态下定子绕组的局部放电脉冲信号,给出局部放电脉冲的各相局放值  $Q_m$  和局放量  $NQN$ ,提供长期趋势分析,分析判断出局部放电的大致发生部位。

### 5.2.3 数据管理

- a) 数据服务器的数据库应采用数据压缩技术,存储至少两年的机组稳态、暂态过程(包括瞬态)数据和录波数据;应提供黑匣子记录功能,完整记录并保存机组出现异常前后 15min 的采样数据,以满足系统状态分析需要。
- b) 数据库应自动管理数据,对数据的有效性、合法性进行检查、清理和维护;对超过规定存储时间的数据进行清理,对数据库的性能进行动态维护使其始终保持高效状态;应实时监测硬盘的容量信息,当其剩余容量低于设定值时自动发出警告信息;应提供自动和手动全备份、增量备份数据的功能。
- c) 数据库应具备自动检索功能,用户可通过输入检索工况快速获得满足条件的数据;应提供回放功能,对历史数据进行回放。
- d) 数据库应具备多级权限认证功能,只有授权用户才能使用相关访问数据。
- e) 系统应具备数据下载功能,根据数据检索条件下载相关数据。

### 5.2.4 报警功能

水轮发电机组状态在线监测系统应提供报警功能,报警定值可根据机组特性和运行工况设定。出现报警时,系统应推出报警画面、提供报警继电器空接点输出,报警逻辑和报警定值应能通过软件组态设置。

### 5.2.5 运行工况分析

水轮发电机组状态在线监测系统应分析不同水头和负荷下机组运行特性,为确定机组稳定运行区、

限制运行区和禁止运行区提供技术依据,供机组优化运行参考,机组进入限制运行区或禁止运行区时应及时报警,并跟踪机组主要状态监测量的变化情况。

#### 5.2.6 辅助诊断

水轮发电机组状态在线监测系统应对水轮发电机组常见的故障或异常现象进行人工辅助诊断,并通过历史数据趋势分析进行预警,为机组进行故障处理或检修提供决策参考。

#### 5.2.7 状态报告

水轮发电机组状态在线监测系统应提供规范的状态报告,报告应反映机组稳态、暂态过程(包括瞬态)中各状态监测量的数值和变化趋势,应对机组运行状态提出初步评价,并附有相关的图形和图表。报告宜采用与 Excel、Word 等兼容的文件格式。状态报告具有根据需要定制的功能,报告内容参见附录 A。

#### 5.2.8 辅助试验功能

水轮发电机组状态在线监测系统应提供进行盘车试验、稳定性试验以及确定机组稳定运行区试验等功能,以及提供平衡计算、相对效率及耗水率计算等功能。

#### 5.2.9 远程监测

水轮发电机组状态在线监测系统应具有通过网络实现远程实时在线监测分析的功能。

#### 5.2.10 人机接口要求

水轮发电机组状态在线监测系统应通过以下设备完成画面显示、打印制表、设置参数及维护管理等人机接口功能。

- a) 工程师站、打印机等。
- b) 现地数据采集单元。
- c) 便携式维护设备。

#### 5.2.11 工程师站基本功能

- a) 系统生成和启动。
- b) 系统故障诊断功能。
- c) 系统维护管理。
- d) 应用软件的开发和修改,以及数据库修改、画面编制和报告格式的生成。

#### 5.2.12 数据服务器基本功能

存储和管理电厂各机组的状态监测数据,监测、分析机组状态。

#### 5.2.13 Web 服务器基本功能

用于以 Web 方式向电厂(站)局域网(MIS 系统)用户提供机组状态监测数据。

#### 5.2.14 系统通信

水轮发电机组状态在线监测系统应与电厂计算机监控系统、厂内信息管理系统通信,通信方式应符合电力二次系统安全防护的要求;数据采集单元之间应能实现通信,传送相互之间所需要的信息。

水轮发电机组状态在线监测系统应具有电站时钟同步功能,实现系统内各节点的时钟同步。

#### 5.2.15 系统自诊断及自恢复

- a) 水轮发电机组状态在线监测系统应对系统内的硬件及软件进行自诊断。系统出现故障时,应自动报警。对于冗余设备,应自动无扰切换到备用设备。
- 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。

### 5.3 硬件要求

#### 5.3.1 系统基本结构

水轮发电机组状态在线监测系统应采用开放、分层分布式系统结构,一般由传感器单元、数据采集单元和上位机单元组成。一般采用星形网络(共享式以太网或交换式以太网)或以太网环形网络结构(遵

辑总线结构)。参见附录 B。

### 5.3.2 设备分类

#### 5.3.2.1 传感器单元

传感器单元指状态在线监测系统所用到的各种传感器及其附属设备。常用的传感器型式如下：电涡流传感器、电容式位移传感器、低频速度传感器、加速度传感器、压力脉动传感器、差压变送器、电容耦合器等。

#### 5.3.2.2 数据采集单元

数据采集单元应具有不依赖上位机进行现地监测、分析和试验功能，能对状态监测量、运行工况参数及过程量参数进行数据采集、处理和分析，并能以图形、图表和曲线等方式进行显示。数据采集单元应包含数据采集装置、相关软件、传感器供电电源、显示器、屏柜等。

#### 5.3.2.3 上位机单元

上位机单元一般包括数据服务器、工程师工作站、Web 服务器、网络设备以及打印机等设备，必要时可配置专用通信服务器。

- a) 数据服务器：用于存储和管理机组的状态监测数据，对状态数据进行分析。全厂应配置一台，必要时可配置两台。
- b) 工程师工作站：用于系统维护管理、人机接口。全厂应配置一台，必要时可配置两台。
- c) Web 服务器：以 Web 方式向电厂（站）局域网（MIS 系统）用户提供机组状态监测数据，宜全厂配置一台。
- d) 光纤传输设备：当上位机单元与数据采集单元之间距离过长时，应采用光纤通信。
- e) 网络安全装置：状态在线监测系统与电站局域网等相连时，应配置满足电力二次系统安全防护要求的网络安全装置。

### 5.3.3 测点设置

测点应根据不同类型水轮发电机组的结构特点和特性参数进行设置。测点布置见附录 C。

#### 5.3.3.1 键相测点

每台水轮发电机组应为状态在线监测系统设置一个键相测点。通常在被测机组主轴上设置 10mm~15mm 宽的一个凹槽或凸键标记，与相应的非接触式位移传感器组成键相测量单元。键相标记宜布置在对准转子磁极编号为 1 的位置处，键相传感器宜布置在厂房坐标+X 方向。

#### 5.3.3.2 振动和摆度测点

- a) 立式混流式、混流可逆式机组。
  - 1) 振动测点：应分别在上机架、下机架和顶盖处，设置 2 个水平振动测点、1~2 个垂直振动测点，水平振动测点应互成 90° 径向布置，非承机架一般不设置垂直振动测点。定子机座应设置 1~2 个水平振动测点、1 个垂直振动测点，水平振动测点应设置在机座外壁相应定子铁芯高度 2/3 处，垂直振动测点应设置在定子机座上部。
  - 2) 摆度测点：应分别在机组的上导、下导、水导轴承的径向设置互成 90° 的 2 个摆度测点，三组摆度测点方位应相同。
- b) 立式轴流式机组。
  - 1) 振动测点：应分别在上机架、下机架和顶盖处，设置 2 个水平振动测点、1~2 个垂直振动测点，水平振动测点应互成 90° 径向布置，非承机架一般不设置垂直振动测点。定子机座应设置 1~2 个水平振动测点、1 个垂直振动测点。
  - 2) 摆度测点：应分别在机组的上导或受油器、下导和水导轴承的径向设置互成 90° 的 2 个摆度测点，三组摆度测点方位应相同。
- c) 灯泡贯流式机组。
  - 1) 振动测点：应分别在组合轴承和水导轴承处设置 2 个径向、1 个轴向振动测点。组合轴承

处的径向振动测点应垂直和水平布置在组合轴承座靠近导轴承处，轴向振动测点应布置在组合轴承座推力轴承附近；水导轴承处的径向振动测点应垂直和水平布置在轴承座上，轴向振动测点应布置在轴承座靠发电机侧；有条件时可在灯泡体上设置 1~2 个径向振动测点，也可在转轮室设置振动测点。

- 2) 摆度测点：应分别在组合轴承和水导轴承的径向设置互成  $90^\circ$  的 2 个摆度测点，宜与垂直中心线左右成  $45^\circ$  安装。两组摆度测点方位应相同。
- d) 立式冲击式机组。
  - 1) 振动测点：应分别在上机架和下机架（若有）处设置 2 个水平振动测点，在上机架设置 1 个垂直振动测点，在水导轴承座上设置 2 个水平振动测点、1 个垂直振动测点。每部位的水平振动测点应互成  $90^\circ$  径向布置。定子机座应设置 1~2 个水平振动测点、1 个垂直振动测点。
  - 2) 摆度测点：应分别在机组的上导、下导和水导轴承的径向设置互成  $90^\circ$  的 2 个摆度测点，三组摆度测点方位应相同。

#### 5.3.3.3 轴向位移测点

对于混流式、混流可逆式、轴流式、灯泡贯流式机组，在轴向宜设置 1~2 个轴向位移测点。

#### 5.3.3.4 压力脉动测点

- a) 混流式机组：应在蜗壳进口设置 1 个、活动导叶与转轮间设置 1~2 个、顶盖与转轮间设置 1~2 个、尾水管进口设置 2 个（上下游方向）压力脉动测点。
- b) 混流可逆式机组：应在蜗壳进口设置 1 个、活动导叶与转轮间设置 2 个、顶盖与转轮间设置 1~2 个、转轮与泄流环之间设置 1 个、尾水管进口设置 2 个（上下游方向）、肘管中部设置 2 个压力脉动测点。
- c) 轴流式机组：应在蜗壳进口设置 1 个、活动导叶后设置 1 个、尾水管进口设置 2 个（上下游方向）压力脉动测点。
- d) 灯泡贯流式机组：应在流道进口设置 1 个、转轮前后各设置 1 个、尾水管进口设置 1~2 个压力脉动测点。

压力脉动传感器应尽可能地靠近取压口，不能位于压力均压管上，且应尽可能与模型试验测点相对应。压力脉动测点和水力量测用的压力测点应分开设置。

#### 5.3.3.5 定子铁芯振动测点

宜设置 1~3 组发电机定子铁芯振动测点，每组包括 1 个水平（径向）和 1 个垂直（轴向）振动测点。

定子铁芯水平振动测点宜布置在定子铁芯外缘的中部，垂直振动测点宜布置在定子铁芯的上部。

#### 5.3.3.6 发电机空气间隙测点

空气间隙测点的数量和布置应根据水轮发电机的型式、容量、尺寸和定子铁芯高度等参数决定。定子铁芯内径小于 7.5m 时设置 4 个，大于及等于 7.5m 时应设置 8 个。定子铁芯高度大于 2.75m 时测点可在轴向分两层均匀布置。气隙传感器沿周向均匀布置，粘贴在定子铁芯内壁上。

#### 5.3.3.7 发电机磁通密度测点

宜设置 1 个磁通密度测点。磁通密度传感器粘贴在定子铁芯内壁上。

#### 5.3.3.8 发电机局部放电测点

宜设置发电机局部放电测点。

- a) 高压端耦合监测法（也称 PDA 法）：每台机组至少设置 6 个测点，每相至少 2 个测点，必要时可每支路设置 1 个测点。测点可布置在发电机绕组高压出线端、定子绕组母线汇流排附近或其他适当位置。
- b) 中性点耦合法：在发电机中性点设置 1 个测点。

#### 5.3.3.9 发电机定子绕组端部振动测点

容量 100MW 及以上的混流式和可逆式机组，可设置 3~6 个发电机线棒端部振动测点，测点数量根据发电机结构确定。测点宜设置在定子绕组线棒的端部。

### 5.3.4 传感器

#### 5.3.4.1 摆度和键相传感器

摆度和键相传感器应采用非接触式位移传感器，可选择电涡流传感器或电容式位移传感器。

摆度和键相传感器主要性能指标要求如下：

- a) 频响范围：0Hz~1000Hz。
- b) 线性测量范围： $\geq 2\text{mm}$ 。
- c) 幅值非线性度： $\leq \pm 2\%$ 。
- d) 温度漂移： $\leq 0.1\%/^{\circ}\text{C}$ 。
- e) 工作温度： $-10^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

#### 5.3.4.2 振动传感器

振动传感器应采用低频速度型传感器。低频速度型传感器主要性能指标要求如下：

- a) 频响范围：0.5Hz~200Hz。
- b) 线性测量范围： $0\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ （峰—峰值）。
- c) 幅值非线性度： $\leq \pm 5\%$ 。
- d) 工作温度： $-10^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。
- e) 顶盖或特殊位置的传感器应具有防水功能。

#### 5.3.4.3 定子铁芯振动传感器

定子铁芯振动测量宜采用防电磁干扰的速度或加速度型传感器。

##### 5.3.4.3.1 速度传感器主要性能指标要求如下：

- a) 频响范围：1Hz~1000Hz。
- b) 线性测量范围： $0\text{mm/s} \sim 20\text{mm/s}$ （0~峰值）或  $0\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ （峰—峰值）。
- c) 幅值非线性度： $\leq \pm 5\%$ 。
- d) 工作温度： $0^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 。

##### 5.3.4.3.2 加速度传感器主要性能指标要求如下：

- a) 频响范围：1Hz~1000Hz。
- b) 线性测量范围： $\pm 10\text{g}$ 。
- c) 幅值非线性度： $\leq \pm 5\%$ 。
- d) 工作温度： $0^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 。

#### 5.3.4.4 轴向位移传感器

轴向位移（或抬机量）传感器应采用非接触式位移传感器，量程应满足机组轴向位移（或抬机量）限值的要求。

#### 5.3.4.5 压力脉动传感器

压力脉动传感器应具有良好的响应速度，并能承受被测点可能出现的最高压力或负压。可采用压电型、压阻型或电容式压力传感器。压力脉动传感器主要性能指标要求如下：

- a) 精度： $\leq \pm 0.2\%$ 。
- b) 频响范围：0Hz~1000Hz。
- c) 工作温度： $-10^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。
- d) 线性测量范围：0~1.5 倍工作压力。

#### 5.3.4.6 空气间隙传感器

空气间隙传感器可采用平板电容式传感器，并配以相应的专用电缆和前置器。空气间隙传感器、前

置器主要性能指标要求如下:

- a) 测量范围: 0.5~1.5 倍设计气隙值。
- b) 非线性度: <2%。
- c) 频响范围: 0Hz~1000Hz。
- d) 温度漂移: <0.05%/°C。
- e) 工作温度:
  - 1) 传感器: 0°C~125°C。
  - 2) 前置器: 0°C~55°C。
- f) 相对湿度: <95%。
- g) 抗磁强度: 1.5T。

#### 5.3.4.7 磁通密度传感器

磁通密度传感器可采用基于霍尔效应的平板磁感应式传感器, 并配以相应的专用电缆和前置器。磁通密度传感器、前置器主要性能指标要求如下:

- a) 线性量程:  $\geq \pm 1.5T$ 。
- b) 非线性度: <2%。
- c) 工作温度:
  - 1) 传感器: 0°C~125°C。
  - 2) 前置器: 0°C~55°C。

#### 5.3.4.8 局部放电传感器

局部放电传感器可采用电容耦合器, 也可采用其他适合的监测方式, 应配置在线局放监测仪。装在高压端的电容耦合器宜采用 80pF 的环氧云母电容器, 耐压试验应满足 GB/T 24344 标准要求(耐压、介质损耗、耐电流, 还要提出对机端设备的要求), 且在该电压下其本身无局部放电。局放监测仪应能有效地自动分离发电机局部放电信号和发电机外部噪声信号。局部放电传感器性能指标要求如下:

- a) 频率测量范围: 40MHz~350MHz。
- b) 标称电容值: 80pF $\pm$ 4pF。
- c) 工作温度: 0°C~125°C。
- d) 电压等级: 与发电机电压相匹配。

#### 5.3.4.9 传感器安装要求

- a) 传感器的安装和布置应不影响机组的安全可靠运行。
- b) 用于键相、摆度、轴向位移等测量的非接触式传感器的安装, 应根据机组被测部位和传感器特点, 设计相应的传感器支架。支架要有足够的刚度, 使传感器安装后支架的固有频率远大于被测信号的最高频率。支架应采用焊接、螺接或粘贴方式固定在安装部位。
- c) 用于振动测量的速度传感器和加速度传感器的安装, 应刚性连接在被测部件上。可根据传感器的结构和尺寸设计安装底座, 安装底座宜采用焊接方式永久固定在安装部位, 对于不宜焊接的部位宜采用粘贴或螺接方式固定。
- d) 压力脉动传感器宜靠近被测点安装, 测压管应尽可能短并安装检修阀门和配置排气装置。
- e) 空气间隙传感器和磁通密度传感器宜采用粘贴方式固定在定子内壁, 粘胶应能在发电机工作温度下长期稳定运行。传感器延伸电缆应贴近定子表面固定或从定子铁芯通风孔引出, 不得碰及转动部件、不得影响机组通风冷却。
- f) 局放电容耦合器应布置在绕组高压侧出线端、定子绕组母线汇流排附近, 按照定时或定向噪声分离技术的要求安装, 其安装方式不得降低定子绕组的耐电压性能。局放监测仪的接地点应可靠接地。
- g) 传感器供电应采用线性电源, 避免使用开关电源直接供电。

### 5.3.5 数据采集单元

#### 5.3.5.1 基本技术要求

- a) 数据采集单元内的部件应标准化、模块化，支持带电热插拔，易于扩展和替换。
- b) 各数据采集模块应具有通道和模块状态指示灯。
- c) 数据采集模块应能设定采样周期，以便对信号进行整周期采样。
- d) 各数据采集模块之间应相互独立、互不影响，单个模块故障应不影响系统整体运行。
- e) 振动、摆度和压力脉动等稳定性参数宜共用一个数据采集单元，空气间隙、磁通密度和局放量等发电机参数宜共用一个数据采集单元。
- f) 数据采集单元应采用容错设计，具有自诊断和抗干扰功能。
- g) 数据采集单元应能提供监测信号的  $4\text{mA}\sim 20\text{mA}$  模拟量输出和报警继电器输出，报警逻辑和报警定值应能通过软件组态设置。数据采集装置应具有串行通信接口和以太网通信接口。
- h) 数据采集单元应配置彩色液晶显示屏。

#### 5.3.5.2 数据采集

系统应根据相关工况参数判断机组为稳态、暂态过程（包括瞬态）。

针对机组稳态过程，振动、摆度和压力脉动应采用整周期采样方式，每转频周期不少于 128 点，连续采样一般不少于 8 个转频周期；空气间隙和磁通密度采用连续采样方式，采样频率应大于  $6\text{kHz}$ 。

针对机组暂态过程（包括瞬态），系统应采用连续采样方式，振动、摆度和压力脉动采样频率应大于  $1\text{kHz}$ ，空气间隙和磁通密度采样频率应大于  $6\text{kHz}$ 。

#### 5.3.5.3 数据处理

水轮发电机组状态在线监测系统监测量采集处理参见附录 D。

#### 5.3.5.4 数据存储

数据采集装置应具备数据存储和管理功能，应能存储机组稳态、暂态过程（包括瞬态）的原始采样数据，应具备数据回放功能。

#### 5.3.5.5 数据分析

数据采集单元应具备数据分析的能力，通过现地配置的显示设备，数据采集单元应能以数值、图、表和曲线等形式对状态监测参量、工况参数和过程量参数进行显示和分析。

#### 5.3.5.6 主要技术指标

- a) 存储容量：满足 72h 实时数据的存储。
- b) 接口：USB 接口、网口及其他标准接口。
- c) A/D 分辨率：16 位及以上。
- d) 采样频率：每通道不小于  $2000\text{Hz}$ 。
- e) 工作温度： $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.3.6 上位机单元

上位机单元应采用标准化、开放式的硬件结构。

#### 5.3.6.1 计算机设备

用于本系统的数据服务器配置应不低于下列要求：

- a) CPU 字长：64 位及以上。
- b) 时钟频率： $\geq 2.0\text{GHz}$ 。
- c) 浮点处理：硬件。
- d) 内存容量： $\geq 8.0\text{GB}$ ，可扩展。
- e) 硬盘容量：不少于  $1\text{TB}$ ，宜采用磁盘阵列管理。
- f) 网络：按照电站组网方式配置。
- g) 接口：至少 2 个串口、2 个 USB 接口。

- h) 操作系统：符合开放系统标准且加固的实时多任务多用户成熟安全操作系统。
- i) 电源：硬件支持掉电保护，承受电压扰动和电源恢复后的自动重新启动。

#### 5.3.6.2 辅助设备

- a) 水轮发电机组状态在线监测系统可根据需要配置相应的网络设备。当上位机单元与数据采集单元之间距离超过 100m 时，应采用光纤通信。
- b) 局域网必须符合工业通用的国际标准和规约，数据传输速率不小于 100Mbit/s。
- c) 水轮发电机组状态在线监测系统选用的网络安全隔离装置和防火墙应通过国家相关检测部门的认证。
- d) 水轮发电机组状态在线监测系统内所有设备应采用标准时钟，可与计算机监控系统合用时钟同步接收装置。

#### 5.3.6.3 人机接口

##### 5.3.6.3.1 显示器的要求

- a) 显示器屏幕尺寸不小于 17in (43.18cm)。
- b) 分辨率不低于 1024×768。
- c) 显示颜色：256 色以上。
- d) 图像闪烁、晃动和失真应限制在不易察觉的程度内。

##### 5.3.6.3.2 键盘和鼠标的要求

键盘和鼠标应具有良好的机械性能和电气性能。

##### 5.3.6.3.3 打印机的要求

- a) 根据用户对打印机配置的要求，可以选择不同类型的打印机，如激光打印机、喷墨打印机等。
- b) 计算机与打印机接口方式可采用以太网口、USB 口或打印机并口。

#### 5.3.7 电源

5.3.7.1 应采用交直流双回路供电，具备无扰切换的功能；电源容量应有不低于 30% 的裕度；应能在以下电源电压范围内正常工作：

- a) 交流电源：
  - 1) 输入电压变化：220 (85%~115%) V。
  - 2) 输入频率变化：50 (±4%) Hz。
- b) 直流电源：  
输入电压变化：220 (80%~115%) V；110 (80%~115%) V。

5.3.7.2 在外电源内阻小于 0.1Ω 时，由水轮发电机组状态在线监测设备所产生的电噪声 (1kHz~100kHz) 在电源输入端上的峰—峰值电压应小于外部电源电压的 1.5%。

5.3.7.3 当输入电压下降到下限或正负极性颠倒时，水轮发电机组状态在线监测设备不应遭到破坏。

5.3.7.4 水轮发电机组状态在线监测系统内部直流稳压电源应有过电压保护功能，并提供电源故障报警信号。

5.3.7.5 水轮发电机组状态在线监测系统设备的电源输入回路应有隔离变压器。

#### 5.3.8 机柜

5.3.8.1 机柜应适合水电厂使用环境。机柜的电磁屏蔽特性应保证水轮发电机组状态在线监测系统能正常工作和不影响电厂其他设备的正常工作，盘柜应良好散热。

5.3.8.2 应根据不同的使用场地考虑防尘措施，应采用密闭机柜和带过滤器的通风孔。放于现场的机柜防护等级应不低于 IP42。

#### 5.3.9 一般电气特性

##### 5.3.9.1 绝缘电阻

- a) 交流回路外部端子对地的绝缘电阻应不小于 10MΩ。



b) 不接地直流回路对地的绝缘电阻应不小于  $1\text{M}\Omega$ 。

### 5.3.9.2 介电强度

a) 额定绝缘电压小于或等于 60V，端子与外壳应能承受 500V 交流试验电压。

b) 额定绝缘电压大于 60V，小于或等于 500V，端子与外壳应能承受 2000V 交流试验电压。

### 5.3.9.3 电磁兼容性 (EMC)

a) 水轮发电机组状态在线监测系统设备的电磁兼容性宜满足表 1～表 5 中所列指标要求。

表 1 外壳端口抗扰度规范

试验序号	环境现象	基础标准	发电厂和中压变电站		高压变电站		说明
			等级	试验值	等级	试验值	
1	工频磁场	GB/T 17626.8	2	3A/m, 连续	2	3A/m, 连续	仅适用于 CRT 监视器
			5	100A/m, 连续 1000A/m, 1s	5	100A/m, 连续 1000 A/m, 1s	仅适用于包含霍尔元件、磁场传感器等对磁场敏感的装置的设备
2	射频电磁场辐射 80MHz~300MHz	GB/T 17626.3	3	10V/m	3	10V/m	这个等级正常情况下允许在离设备 1m~2m 处使用便携式辐射设备
3	静电放电	GB/T 17626.2	3	6kV 接触放电 8kV 空气放电	3	6kV 接触放电 8kV 空气放电	—

表 2 信号端口抗扰度规范

试验 序号	环境现象	基础 标准	连      接								说明
			现地		现场		至高压设备		通信		
			等 级	试验值	等 级	试验值	等 级	试验值	等 级	试验值	
1	网频电压	—	—	—	4	30V, 连续 300V, 1s	4	30V, 连续 300V, 1s	4	30V, 连续 300V, 1s	—
2	浪涌 1.2/50μs 线对地 线对线	GB/T 17626.5	2 1	1kV 0.5kV	3 2	2kV 1kV	4 3	4kV 2kV	4 3	4kV 2kV	对于平衡 线路和短 距离数据 总线, 见 IEC 61000- 4-5 或 GB/T 17626.5 的表 A.1
3	阻尼振荡波 共模 差模	GB/T 17626.12	—	—	2	1kV 0.5kV	3	2.5kV 1kV	3	2.5kV 1kV	试验在 1MHz 下进 行 (覆盖 GIS的更高 频率正在 考虑中)

表 2 (续)

试验 序号	环境现象	基础 标准	连        接								说明
			现地		现场		至高压设备		通信		
			等级	试验值	等级	试验值	等级	试验值	等级	试验值	
4	电快速瞬 变脉冲群	GB/T 17626.4	3	1kV	4	2kV	×	4kV	×	4kV	4kV 时采 用的脉冲 重复率为 2.5kHz
5	射频场感应 的传导骚扰	GB/T 17626.6	3	10V	3	10V	3	10V	3	10V	—

注：×是一个开放等级，可在产品规范中确定。

表 3 低压交流电源输入和低压交流电源输出端口抗扰度规范

试验 序号	环境现象	基础标准	设 备 安 装 位 置				说明
			发电厂和中压变电站		高压变电站		
			等级	试验值	等级	试验值	
1	电压暂降	GB/T 17626.11	—	$\Delta U$ 30%，1 个周期 $\Delta U$ 60%，50 个周期			不适用于交流 电源输出端口
2	电压中断		—	$\Delta U$ 100%，5 个周期 $\Delta U$ 100%，50 个周期			
3	浪涌 1.2/50 $\mu$ s 线对地 线对线	GB/T 17626.5	3 2	2kV 1kV	4 3	4kV 2kV	—
4	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	3	2kV	4	4kV	—
5	阻尼振荡波 共模 差模	GB/T 17626.12	2	1kV 0.5kV	3	2.5kV 1kV	试验在 1MHz 下 进行（覆盖 GIS 的更高频率正 在考虑中）
6	射频场感应的 传导骚扰	GB/T 17626.6	3	10V	3	10V	—

表 4 低压直流电源输入和低压直流电源输出端口抗扰度规范

试验 序号	环境现象	基础标准	设 备 安 装 位 置				说明
			发电厂和中压变电站		高压变电站		
			等级	试验值	等级	试验值	
1	电压暂降	GB/T 17626.11	—	ΔU 30%，0.1s 和 ΔU 60%，0.1s		不适用于直 流电源输出 端口	
2	电压中断		—	ΔU 100%，0.05s			
3	直流电源纹波	GB/T 17626.17	3	10%U <sub>n</sub>			
4	网频电压	—	3	10V，连续 100V，1s	4	30V，连续 300V，1s	—

表 4 (续)

试验序号	环境现象	基础标准	设备 安 装 位 置				说明
			发电厂和中压变电站		高压变电站		
			等级	试验值	等级	试验值	
5	浪涌 1.2/50μs 线对地 线对线	GB/T 17626.5	3 2	2kV 1kV	3 2	2kV 1kV	—
6	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	3	2kV	4	4kV	—
7	阻尼振荡波 共模 差模	GB/T 17626.12	2	1kV 0.5kV	3	2.5kV 1kV	试验在 1MHz 下进行(覆盖 GIS 的更高频率正在考虑中)
8	射频场感应的 传导骚扰	GB/T 17626.6	3	10V	3	10V	—

表 5 功能接地端口抗扰度规范

试验 序号	环境现象	基础标准	设 备 安 装 位 置				说明
			发电厂和中压变电站		高压变电站		
			等级	试验值	等级	试验值	
1	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	3	2kV	4	4kV	适用于与安全接地分开的专用的功能接地
2	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3	10V	3	10V	

- b) 当安装环境的辐射超过了设备允许的电磁兼容性极限时,应改善安装环境,使设备安装处的辐射场在允许限值内,或者由制造单位采取特殊措施提高设备的电磁兼容性极限值,以适应特殊环境的要求。

#### 5.3.9.4 噪声限制

水轮发电机组状态在线监测系统在工作时,距离工程师站或服务器 1m 处所产生的噪声应小于 70dB;距离其他设备 1m 处所产生的噪声应小于 60dB。

#### 5.3.9.5 防雷保护

应符合 GB/T 3482 要求。

#### 5.3.10 接地

5.3.10.1 水轮发电机组状态在线监测系统应使用水电厂公用接地网接地。

5.3.10.2 为了避免产生接地环流或接地噪声干扰,同时为了设备的安全防护,水轮发电机组状态在线监测系统设备的外壳、交流电源、逻辑回路、信号回路和电缆屏蔽层必须按如下原则接地:

- 设备外壳或裸露的非载流的金属部分必须接地。
- 经过隔离的交流电源电压超过 150V 时必须接地。
- 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)中一般只应有一个接地点。
- 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

差在任何时候均不能大于设备所允许的噪声。

- e) 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。
- f) 在一个设备中，或在邻近设备中的接地不应有两个独立的接地网。
- g) 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，并且尽可能选择在水轮发电机组状态在线监测系统接收端接地。

5.3.10.3 水轮发电机组状态在线监测系统所属设备柜内接地线应尽量短，柜内的公共接地板应采用截面大于  $50\text{mm}^2$  的铜条。

5.3.10.4 机柜或箱壳的接地点必须经良好耐久的金属接触点接地。

5.3.10.5 水轮发电机组状态在线监测系统所属设备使用测试仪器时，该设备应为测试仪器提供电源连接和接地连接。

## 5.4 软件要求

### 5.4.1 操作系统

5.4.1.1 操作系统应是实时多任务系统、分时操作系统、多用户多线程系统。

5.4.1.2 操作系统应满足如下要求：

- a) 操作系统应具有以优先权为基础的任务调度算法，资源管理分配以及任务间通信和控制手段，优先级至少有 32 级。
- b) 应具有对输入、输出设备的直接控制能力。
- c) 能执行诊断检查，自动切除故障。
- d) 对系统的启动、终止、监视、组态和其他联机活动应有交互式语言和命令程序支持。
- e) 用于大型电站中服务器的操作系统应支持集群功能。
- f) 应具有分级安全管理功能。
- g) 支持多种高级语言软件开发平台。
- h) 文件管理系统采用层次文件结构和多重保护机制，提供文件控制功能，包括文件的打开、关闭、读出和记录等基本存取方法。

### 5.4.2 支持软件

5.4.2.1 系统应配备成熟适用的支持软件。

5.4.2.2 必要的编译软件，包括标准的汇编语言编译程序、高级语言编译程序等。

5.4.2.3 系统时钟同步软件。

### 5.4.3 应用软件

5.4.3.1 水轮发电机组状态在线监测系统应提供用于完成 5.2 所述功能的应用软件。

5.4.3.2 应采用结构式模块化软件，功能软件模块或任务模块应具备完整性和独立性。

5.4.3.3 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。

### 5.4.3.4 数据库

- a) 数据库的结构定义应包括水轮发电机组状态在线监测所需要的全部数据项。
- b) 应提供符合国际标准的开放的数据访问接口。
- c) 应支持快速存取和实时处理。
- d) 应保证数据的完整性和统一性。
- e) 应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) 历史数据库应提供历史数据存储、查询和备份功能。

- i) 应具有交互式数据库编辑生成程序。

#### 5.4.3.5 数据采集和处理软件

- a) 按周期方式和请求方式实现实时数据采集。
- b) 对采集到的实时数据分类进行实时处理，并产生相应的报警报文。
- c) 对外部链路数据实现采集和处理。
- d) 按周期方式或请求方式为其他应用提供数据。
- e) 数据采集和处理速度应满足实时性要求。

#### 5.4.3.6 人机接口软件

- a) 应能增减或修改数据定义，显示画面、图、表和系统配置等。
- b) 应具有汉字显示和打印功能。
- c) 应提供不同安全等级的操作权限控制。
- d) 应提供交互式画面编辑生成程序、交互式报表编辑程序等。

#### 5.4.3.7 通信软件

- a) 应采用开放系统互联（Open Systems Interconnection, OSI）协议或适于工业控制的标准协议。
- b) 局域网络通信协议：网络宜采用 IEEE 802.2、IEEE 802.3 系列标准协议，网络及传输层宜采用 TCP/IP 协议集。
- c) 在通信协议规定的数据块传送结构中，报文类型定义应按数据类型划分。
- d) 应能监视通信通道故障，并进行故障切除（停止通信）和报警；在有冗余通道的情况下应由主控侧自动完成主/备通道的无扰切换。
- e) 局域网通信交换数据量及其频度应满足功能要求和特性要求。
- f) 通信故障时应保证水轮发电机组状态在线监测系统的稳定运行不受通信状态的干扰。

#### 5.4.3.8 系统自诊断软件

- a) 应提供周期在线诊断软件，诊断发现故障应报警显示和记录。
- b) 应提供请求在线诊断软件，对系统设备能进行测试检查。
- c) 应提供离线诊断软件或工具，对系统中的计算机设备或组件进行查找故障的诊断。

### 5.5 系统特性要求

#### 5.5.1 可靠性

##### 5.5.1.1 单个元件故障不应造成外部设备误动作。

##### 5.5.1.2 应防止设备或组件中的多个元件或串联元件同时发生故障。

##### 5.5.1.3 水轮发电机组状态在线监测系统设备的平均无故障时间（MTBF）应满足如下要求：

- a) 上位计算机（含磁盘）：>10 000h。
- b) 数据采集单元：>16 000h。

#### 5.5.2 可维修性

##### 5.5.2.1 平均修复时间（MTTR）不大于 0.5h。

##### 5.5.2.2 可维修性的基本要求：

- a) 应按照现场可更换部件确定故障位置。
- b) 应有便于试验和隔离故障的断开点。
- c) 应配置合适的专用安装、拆卸工具。
- d) 应有识别互换件或不可互换件的措施。

#### 5.5.3 系统安全

##### 5.5.3.1 对通信安全性的基本要求：

- a) 上位机和数据采集单元通信时，应对响应有效信息或没有响应有效信息有明确肯定的指示。当

通信尝试失败时,发送站应能自动重新发出该信息,直到超过重发计数 2~3 次为止;当通道超过重发极限时,应发出警报。

- b) 系统应自动定期对通信通道进行检查测试。
- c) 通信误码率不大于  $10^{-9}$ 。

5.5.3.2 硬件、软件和固件设计安全的基本要求:

- a) 应有电源故障保护和自动重新启动功能。
- b) 应能预置初始状态和重新预置。
- c) 应有自诊断能力,故障时能自动报警。
- d) 硬、软件中相关的标号(如地址)应统一。
- e) CPU 负载应留有裕度,正常情况下负载率不宜超过 30%;在重载情况下,其最大负载率不宜超过 50%。
- f) 网络负载率正常情况下不宜超过 30%,重载情况下不宜超过 50%。
- g) 磁盘使用率在正常情况下任一个 5min 周期内不大于 30%,重载情况下使用率应低于 70%。

5.5.4 可扩性基本要求

- a) 宜预留 20%的备用点、布线点和空位点设备。
- b) 数据服务器的存储器应有可扩充能力,容量应有 40%以上的裕度。
- c) 应留有扩充数据采集单元装置、外围设备或系统通信的接口。

5.5.5 可变性

- a) 点说明可改变。
- b) 模拟点工程单位标度可改变。
- c) 模拟点限值可改变。
- d) 模拟点限制值死区可改变。
- e) 时间参数可改变。

6 试验和检验

6.1 一般要求

- a) 应具备有效的型式试验证书。
- b) 设备出厂前,应进行出厂试验和检验。
- c) 在设备正式启用前,应进行现场试验和检验。

6.2 试验和检验项目

6.2.1 出厂试验和检验项目一般包括:

- a) 试验和检验文件的检查。
- b) 设计文件、操作手册和维护手册的检查。
- c) 水轮发电机组状态在线监测系统设备配置检查,包括组屏、设备安装、配线等的检查。
- d) 水轮发电机组状态在线监测系统硬件性能测试。
- e) 水轮发电机组状态在线监测系统软件功能测试。
- f) 水轮发电机组状态在线监测系统整体性能测试。

6.2.2 现场试验和检验项目一般包括:

- a) 随机资料完备性检查。
- b) 水轮发电机组状态在线监测系统设备完备性检查。
- c) 水轮发电机组状态在线监测系统静态试验。
- d) 水轮发电机组状态在线监测系统网络通信测试。
- e) 水轮发电机组状态在线监测系统整体性能测试。

f) 水轮发电机组状态在线监测系统与电站计算机监控系统的网络安全隔离检查。

## 7 标识、包装、运输与储存

### 7.1 标识

- a) 每个设备应有识别标识。识别标识在整个系统中应该一致, 识别标识可为色码、标签、部件号等。识别标识应固定在它所确定的部件上。
- b) 应使用相应的警告标识或安全指示。

### 7.2 包装

按 GB/T 13384 执行, 设备有特殊要求的应在包装箱上注明。

### 7.3 运输

按 GB/T 4798.2 执行, 必要时应指明设备适用的运输工具和运输时的要求。

### 7.4 储存

- a) 设备应储存在环境温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ , 湿度不大于 85%, 无腐蚀性和爆炸性气体的室内。
- b) 应指明设备储存期限及超过规定期限后应采取的措施。

## 8 文件与资料

### 8.1 一般要求

- a) 文件应包括设计文件、安装手册、使用手册、维护手册和试验文件。
- b) 文件应内容翔实、完整, 格式统一。
- c) 全部最终文件应反映设备现场验收时的情况。

### 8.2 设计文件

- a) 系统结构图(或配置图)及设备清单。
- b) 机柜的设备布置图及布线图。
- c) 软件系统结构设计文件。
- d) 系统软件和应用软件清单。
- e) 应用软件说明。
- f) 全部外购设备所附文件。
- g) 设计文件应有电子文档。

### 8.3 安装手册

- a) 系统布置方案。
- b) 测点布置及安装图。
- c) 系统施工方案及安装工艺要求。
- d) 设备安装开孔和固定连接图。
- e) 设备接地连接图。
- f) 安装说明书。

### 8.4 使用手册

应提供操作使用说明书。

### 8.5 维护手册

应包括正常维护说明和故障检查及修复说明。

### 8.6 试验文件

应提供系统设备在工厂和现场各试验阶段的文件。

附录 A  
(资料性附录)  
状态报告示例

### A.1 性能评价报告

a) 设备信息。至少应包含以下信息：

项目	举例
设备标识	机组编号
设备型号	发电机型号 水轮机型号
额定功率	MW
额定转速	r/min

b) 监测信息。使用者可根据对设备及监测量的关注程度，选择报告的监测信息：

项目	举例
测点位置	描述、编号或图示
数值	数量或数据范围
单位	mm、mm/s、mm/s <sup>2</sup> 、MPa、m <sup>3</sup> /s、℃等
限值	峰值、峰—峰值、平均值、均方根值、百分比值等
传感器类型	涡流传感器、速度传感器、加速度传感器、压力变送器、温度变送器、流量计等
采样时的运行参数	出力 (MW)、转速 (r/min)、流量 (m <sup>3</sup> /s) 等

c) 趋势图和相关趋势图。使用者可根据对设备及监测量的关注程度，选择监测量的趋势变化信息：

项目	举例
测点位置	描述、编号或图示
单位	mm、mm/s、mm/s <sup>2</sup> 、MPa、m <sup>3</sup> /s、℃等
限值	峰值、峰—峰值、均方根值、百分比值等
传感器类型	涡流传感器、速度传感器、加速度传感器、压力变送器、温度变送器、流量计等
趋势图	稳定性评价趋势图： 各部摆度趋势图和相关趋势图， 各部振动趋势图和相关趋势图， 各部压力（脉动）趋势图和相关趋势图， 抬机量趋势图和相关趋势图， 振动、摆度随励磁电流相关趋势图； 水力参数评价趋势图： 有功功率随接力器行程相关趋势图， 蜗壳差压随接力器行程相关趋势图， 流量随接力器行程相关趋势图，



项目  
趋势图

举例

流量随负荷、水头的相关趋势图，  
效率随负荷、水头的相关趋势图；  
其他：  
空气间隙全圆周的分布图及磁极形貌图，  
特定点空气间隙对负荷相关趋势图，  
空气间隙全圆周磁场强度分布图，  
磁场强度差异点趋势图和对负荷相关趋势图，  
发电机局部放电趋势图，  
发电机线棒端部振动趋势图和对负荷、温度的相关趋势图。

- d) 评估信息。根据以上数据、图表对机组性能进行评估，内容至少包括测点监测量是否超限、监测量的变化趋势信息、监测量变化趋势与机组性能变化趋势的相关性信息、与历史同期比较信息等。

## A.2 预警、报警报告

当系统发出预警、报警时，或使用用户需了解设备及监测量的当前状况时，根据关注对象和程度随时生成的报告。

### A.2.1 预警

应根据使用者对设备及监测量的关注程度，对最近一段时间监测量的稳态工况连续值作趋势预测，设定预警时间，可以是1天或1周，当预测达到预警时间应以声响、灯光显示提供预警。

### A.2.2 报警

当分析量数值达到现场运行报警的规定时，发出声响、灯光显示。

附录 B  
(资料性附录)

水轮发电机组状态在线监测系统典型结构示意图

水轮发电机组状态在线监测系统典型结构示意图如图 B.1 所示。

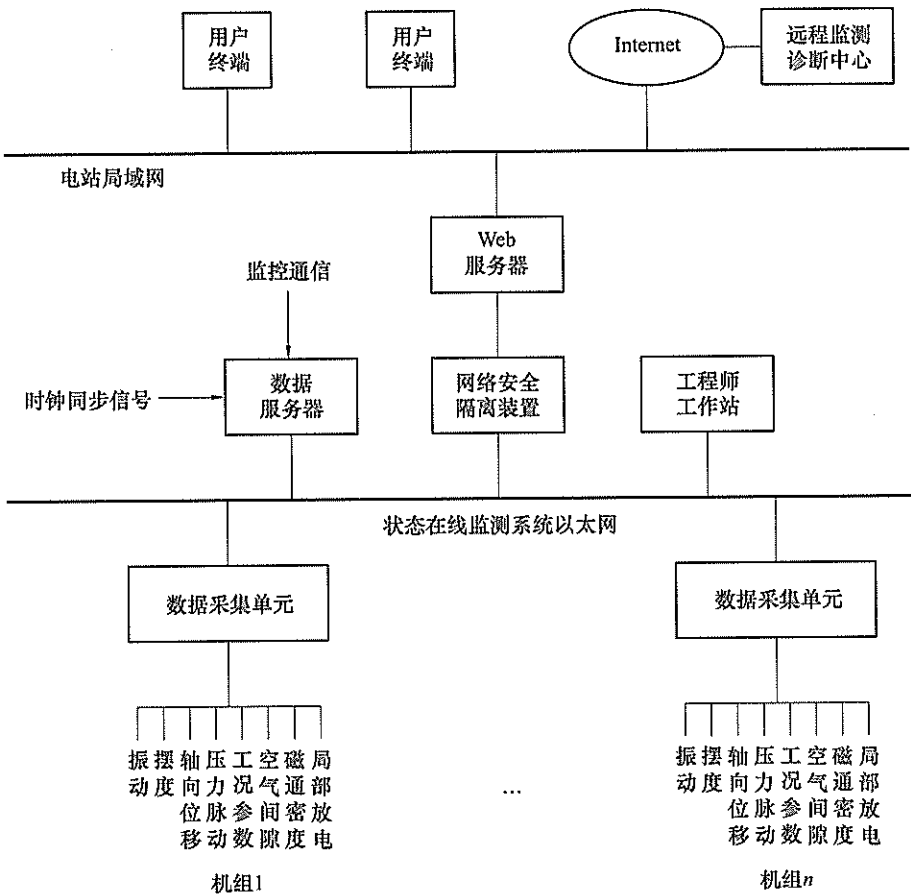


图 B.1 水轮发电机组状态在线监测系统典型结构示意图

附 录 C  
(规范性附录)

大中型水轮发电机组状态在线监测系统典型测点布置

大中型水轮发电机组状态在线监测系统典型测点布置见表 C.1、表 C.2。

表 C.1 立 式 机 组

测点名称 \ 机组类型	立式 混流式	立式 轴流式	立式混流 可逆式	立式 冲击式	备 注
键相	1	1	1	1	
上导摆度	2	2	2	2	2 个测点互成 90° 径向布置, 一般为+X、+Y 布置
下导摆度	2	2	2	2	2 个测点互成 90° 径向布置, 一般为+X、+Y 布置
水导摆度	2	2	2	2	2 个测点互成 90° 径向布置, 一般为+X、+Y 布置
上机架水平振动	2	2	2	2	2 个测点互成 90° 径向布置, 一般为+X、+Y 布置。测点应尽量靠近机组中心位置
上机架垂直振动	1~2	1~2	1~2	1	测点应尽量靠近机组中心位置。非承重机架可不设垂直振动测点
下机架水平振动	2	2	2	2	2 个测点互成 90° 径向布置, 一般为+X、+Y 布置。测点应尽量靠近机组中心位置。 冲击式机组若没有下机架, 则不设振动测点
下机架垂直振动	1~2	1~2	1~2		测点应尽量靠近机组中心位置。非承重机架可不设垂直振动测点
定子机座水平振动	1~2	1~2	1~2	1~2	
定子机座垂直振动	1	1	1	1	
顶盖水平振动	2	2	2	2	2 个测点互成 90° 径向布置, 一般为+X、+Y 布置。测点应尽量靠近机组中心位置。 冲击式机组布置在水导轴承座上
顶盖垂直振动	1~2	1~2	1~2	1	测点应尽量靠近机组中心位置。 冲击式机组布置在水导轴承座上
定子铁芯振动	1~3 组	1~3 组	1~3 组	1~2 组	每组包括 1 个水平振动测点和 1 个垂直振动测点
轴向位移	1	1~2	1		测点布置按机组结构而定
蜗壳进口压力脉动	1	1	1	1	冲击式机组布置在配水环进口
活动导叶与转轮间 压力脉动	1~2	1	2		轴流式机组布置在活动导叶后
顶盖与转轮间 压力脉动	1~2		1~2		
转轮与泄流环间 压力脉动			1		
尾水管进口压力脉动	2	2	2		与模型试验测点位置相对应

表 C.1 (续)

测点名称 \ 机组类型	立式 混流式	立式 轴流式	立式混流 可逆式	立式 冲击式	备 注
尾水肘管压力脉动			2		与模型试验测点位置相对应
空气间隙	4 或 8	4 或 8	8		混流可逆式机组 8 个测点宜分两层均布
磁通密度	1	1	1		
局部放电	≥6	≥6	≥6		每相至少 2 个, 必要时可每相每支路各布置 1 个

表 C.2 灯泡贯流式机组

测点名称 \ 机组类型	灯泡贯流式	备 注
键相	1	
组合轴承摆度	2	
水导轴承摆度	2	
组合轴承径向振动	2	
组合轴承轴向振动	1	
水导轴承径向振动	2	
水导轴承轴向振动	1	
定子铁芯振动	2 组	每组包括 1 个径向振动测点和 1 个轴向振动测点
轴向位移	1	
流道进口压力脉动	1	
转轮前压力脉动	1	
转轮后压力脉动	1	
尾水管进口压力脉动	1~2	
空气间隙	4	

附录 D  
(资料性附录)

水轮发电机组状态在线监测系统监测量采集处理

D.1 峰—峰值计算方法

振动、摆度和压力脉动幅值常用其峰—峰值来表征。由于水力等因素的影响，水轮发电机组的振动、摆度和压力脉动可能存在低频信号，从而导致不同的峰—峰值计算方法将获得不同的计算结果。

D.1.1 振动、摆度峰—峰值计算方法

振动、摆度峰—峰值计算应采用平均时段法，即对记录的振动、摆度时域波形图进行分区，每个分区内采样点数据的最大值和最小值之差即为该分区的峰—峰值，所有分区峰—峰值的平均值即为该时域波形图的峰—峰值。每一分区时段至少应包含 1 个完整的涡带周期，对于不存在涡带或涡带周期小于机组旋转 4 周时间的机组，分区时段时间宜为机组旋转 4 周的时间。

振动、摆度的峰—峰值单位应采用  $\mu\text{m}$ 。

D.1.2 压力脉动峰—峰值计算方法

压力脉动峰—峰值计算应采用置信度法，即对记录的压力脉动时域波形图采样点数据进行统计，剔除不可信区域内的数据，剩余数据的最大值和最小值之差即为该时域波形图的压力脉动峰—峰值。状态在线监测系统的置信度应可设置，置信度推荐采用 97%，尽量与模型试验的置信度一致。

压力脉动峰—峰值单位可采用绝对值  $\Delta H$  (单位 kPa) 或相对值  $\Delta H/H$  (单位 %) 表示。

D.2 相位角定义

相位角是振动、摆度的重要参量，在对机组进行动平衡和分析某些故障时有重要意义。相位角的测量需利用键相信号作为参考基准，一般定义相位角  $\phi$  为键相信号脉冲和后续振动、摆度的第一个正峰之间的角度。相位角定义如图 D.1 所示。对摆度而言，趋近传感器探头信号为正，远离传感器探头信号为负，在正峰值位置大轴和探头之间距离最近；对振动而言，远离测量面为正，如图 D.2 箭头所示方向为正。

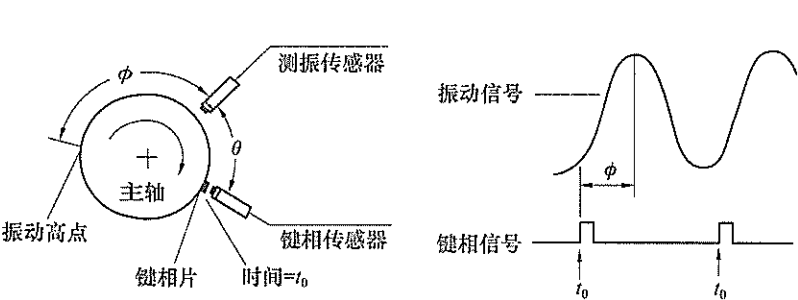


图 D.1 相位角定义

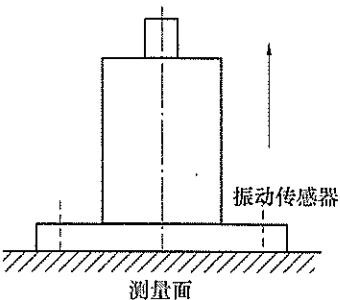


图 D.2 振动方向

由于上述定义的相位角与键相传感器和测振传感器之间的夹角相关，因此在安装测点时要记录各振动测点的安装位置及其与键相传感器之间的夹角。为了便于数据交流和共享，状态在线监测系统显示的相位角应为加上振动测点安装位置与键相探头之间的夹角  $\theta$  后的角度，即图 D.1 中的  $\phi + \theta$ 。

为准确测量相位角，状态在线监测系统应能在系统中自动消除由于测量环节造成的相位角误差。

D.3 局放值  $Q_m$  和局放量  $NQN$

局放值  $Q_m$  和局放量  $NQN$  是反映局部放电严重程度的两个综合性参数。

D.3.1 局放值  $Q_m$  计算方法

局放值  $Q_m$  指局部放电脉冲数量为每秒 10 个时对应的局放脉冲幅值 [图 D.3 a)]。如每秒 10 个时对应多个局放脉冲幅值,  $Q_m$  则取最大的局放脉冲幅值 [图 D.3 b)]。  $Q_m$  的单位为 mV。

D.3.2 局放量 NQN 计算方法

在 IEEE 1434—2000 中有详细的定义, 局放量 NQN 指以局放脉冲幅值为横坐标、每秒局放脉冲数为纵坐标所绘制成的曲线的积分面积 (图 D.4), 其单位为无量纲。

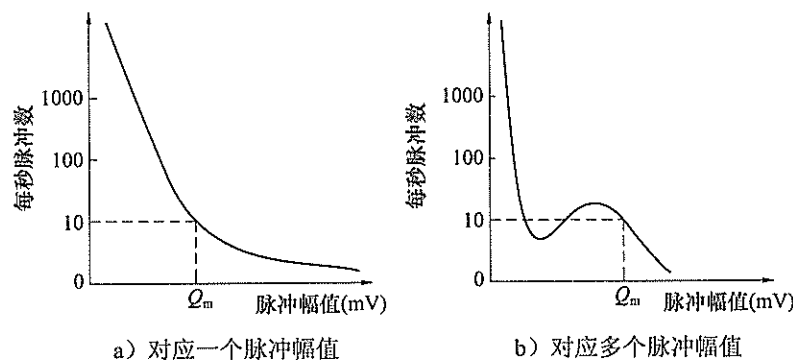


图 D.3  $Q_m$  计算方法

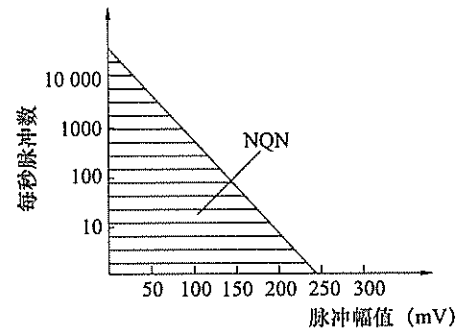


图 D.4 NQN 的计算方法

D.4 状态监测参量单位

状态监测参量单位见表 D.1。

表 D.1 状态监测参量单位

监测参量	特征值	单位
振动	位移 (峰—峰值) 速度 (峰值) 加速度 (峰值)	$\mu\text{m}$ $\text{mm/s}$ $\text{m/s}^2$
	频率	Hz, $\times$ (倍频)
	相位	$^{\circ}$ (度)
摆度	幅值 (峰—峰值)	$\mu\text{m}$
	频率	Hz, $\times$ (倍频)
	相位	$^{\circ}$ (度)
轴向位移	位移值	mm
压力脉动	幅值 (峰—峰值)	kPa (绝对值), % (相对值)
	频率	Hz, $\times$ (倍频)
空气间隙	气隙值	mm
	转子不圆度	mm (绝对值), % (相对值)
	定子不圆度	mm (绝对值), % (相对值)
磁通密度	幅值	T
局部放电	局放值 $Q_m$	mV
	局放量 NQN	无量纲

## 附录 E

(资料性附录)

## 水轮发电机局部放电在线测量概要

## E.1 局部放电监测的必要性

在高压绝缘系统中,在绝缘内部小空隙里或者在绝缘的表面都有可能发生局部放电。由于定子绕组长期受高温、高电压、振动以及油污、潮湿和化学物质的作用,绕组绝缘将会逐渐恶化,并最终导致发电机定子绕组绝缘故障。这个问题的解决一方面有赖于绝缘材料的改进和设计制造工艺水平的提高,另一方面则有赖于发电机绝缘监测技术的应用。通过在线监测发电机定子绕组局部放电,可及时评估发电机定子绕组的绝缘状态,提前发现故障早期征兆,避免恶性事故的发生。

水轮发电机局部放电在线测量是指在水轮发电机运行状态下进行的局部放电测量。实施在线测量的优点在于测量数据是在水轮发电机承受着额定电压、不同负载和不同工况的情况下采集得到的。在线测量时,定子绕组承受着电压应力、热应力、机械应力和化学应力等作用,这些应力在离线(机组停机)状态测试时,是无法模拟的。因此,如果测量方法得当,对水轮发电机实施局部放电在线测量,将能及时评估定子绕组的绝缘状态,有效评价水轮发电机是否具有持续可靠运行的能力。

## E.2 局部放电脉冲信号特性

局部放电脉冲为上升时间极快的小电流脉冲,即超窄脉宽的脉冲。局部放电脉冲特性如图 E.1 所示。在放电原点处,脉冲的上升时间大约只有  $1\text{ns}\sim 5\text{ns}$ ,频率  $f$  大约在  $50\text{MHz}\sim 250\text{MHz}$  之间。与局部放电脉冲相比,环境噪声脉冲的频率通常小于  $20\text{MHz}$ ,且幅值一般较大。所以,为获得较高的信噪比,局部放电信号宜在高频段监测,监测频率应涵盖  $50\text{MHz}\sim 250\text{MHz}$  频段。局部放电脉冲和噪声脉冲分布如图 E.2 所示。

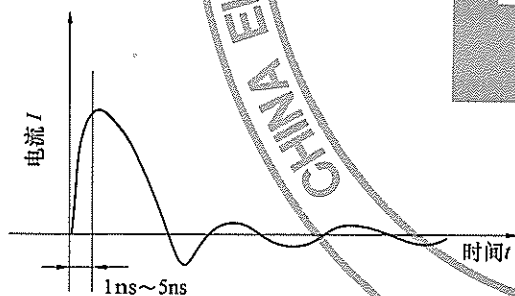


图 E.1 局部放电脉冲特性

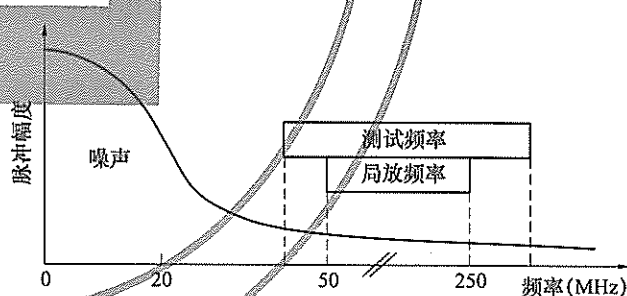


图 E.2 局部放电脉冲和噪声脉冲分布

## E.3 大型发电机局部放电在线监测方法

## E.3.1 中性点耦合监测法

大型发电机中性点一般均通过接地电阻、接地电抗器或接地变压器来限制中性点接地电流。由于中性点的对地电位很低,发电机内任何部位的电弧放电都会在中性点接地线内产生相应的射频电流,因而监测局部放电的传感器可以选择安装在中性点接地线上,从而提取局部放电的电磁信号。在实际应用中,由于信号衰减严重,中性点耦合监测法对信号处理技术要求较高。

## E.3.2 高压端耦合监测法

高压端耦合监测法(也称 PDA 监测法)是由加拿大 Ontaio Hydro 公司于 20 世纪 70 年代提出的,主要用于在线监测水轮发电机内的局部放电。PDA 是局部放电分析仪英文名称(Partial Discharge

Analyzer) 的缩写。它利用绕组内放电信号和外部噪声信号在绕组中传播时具有的不同特点来抑制噪声, 提取放电信号。其原理是: 若水轮发电机定子每相为双支路(或偶数支数)对称绕组, 则在每条支路(在发电机端部的环形母线上)永久性地安装两个耦合电容器, 将两个对称耦合电容器的输出信号利用相同长度的电缆引至 PDA 的差分输入放大器。对于外部噪声信号, 每相绕组的两个信号耦合电容将产生相同的响应, 因而 PDA 的差分放大器无输出, 噪声被抑制。对于内部放电信号, 由于信号传播距离不同, 在到达每相绕组的两个耦合电容器时将出现时延和幅值的差异, 差分放大器的输出就是放电信号。

### E.3.3 基于埋置在定子槽内的电阻式测温元件导线的监测法

这种监测方法以埋置在定子槽内的电阻式测温元件(RTD)导线作为局部放电传感器。根据现行的 ANSI 标准和 IEC 标准, 每台发电机上都要安装 RTD, 因此不必再停机安装额外传感器就可进行局部放电测量。只要将射频电流互感器(RFCT)(10kHz~250MHz)与发电机机座外侧的 RTD 引线连接起来就可以将局部放电信号载入局部放电监测系统。该方法目前尚在试验阶段。

## E.4 PDA 监测法技术要求

### E.4.1 局部放电传感器的选择

局部放电传感器宜采用 80pF 的环氧云母电容耦合器, 实际上相当于一个高通滤波器, 极易通过高频信号, 特别易于通过 40MHz 以上的局部放电信号。为实现噪声信号和局部放电脉冲信号的进一步分离, 每相应至少安装 2 个电容耦合器, 有条件时每相每支路各安装 1 个电容耦合器。

电容耦合器应能通过 50Hz、不低于 2 倍发电机工作电压+1000V 的交流耐压试验, 且在该电压下其本身无局部放电。

### E.4.2 局部放电传感器的安装

局部放电一般容易发生在定子绕组的高压端, 所以电容耦合器的安装位置应选取在发电机绕组高压侧出线端附近, 通常在发电机汇流环上, 以便于检测局部放电脉冲信号。电容耦合器应尽量按照定时噪声分离技术的要求安装(见图 E.3), 这样可以将发电机绝缘故障定位到具体支路; 对于部分发电机, 由于受其结构限制无法按照定时噪声分离技术的要求安装电容耦合器, 可以按照定向噪声分离技术的要求安装(见图 E.4), 其不足之处是无法将发电机绝缘故障定位到具体支路。

### E.4.3 噪声分离技术

能否有效分离噪声是局部放电在线监测数据是否真实可信的关键。

由于在线测量局部放电时存在大量的环境噪声, 如果噪声信号不能被有效地分离, 测量结果势必受到严重影响。局部放电在线监测宜采用高频测量以获得较高的信噪比, 并应采用合适的监测技术和安装方法实现高频段噪声的自动分离。IEEE 1434—2000 主要推荐的适用于水轮发电机的局放噪声分离技术有定时噪声分离技术和定向噪声分离技术。

定时噪声分离技术需要在水轮发电机每相至少安装 2 个电容耦合器。以每相有两个并联绕组支路的水轮发电机为例: 两个电容耦合器的一端分别安装在绕组各支路的高压输出端, 另一端通过信号电缆连接到局部放电监测仪, 经过适当配置信号电缆的长度, 使得来自水轮发电机外部的噪声脉冲信号到达局部放电监测仪的两个输入端的时间恰好相等, 而来自绕组的局部放电脉冲信号到达局部放电监测仪的两个输入端的时间不等。这样, 通过判断来自两个电容耦合器的脉冲信号到达局部放电监测仪的时间是否相等, 局部放电监测仪就能够自动地分辨出来自发电机外部的噪声信号和来自定子绕组的局部放电信号。

受水轮发电机汇流环设计和结构的限制, 有些机组电容耦合器安装在每个支路附近的汇流环上或支路上有困难, 这时可以采用定向噪声分离技术。发电机每相安装 2 个电容耦合器, 三相共需要安装 6 个耦合器, 其中 3 个安装在发电机每相的高压主引出线附近, 另外 3 个安装在靠近系统的母线上。每相的两个电容耦合器通过相同长度的信号电缆连接到局部放电监测仪的接线终端上。来自发电机外部的噪声脉冲信号首先到达局部放电监测仪的 C1 输入端, 而来自发电机的局部放电脉冲信号首先到达局部放



监测仪的 C2 输入端。通过判断脉冲信号首先到达 C1 端或 C2 端,局放监测仪就能够自动地分辨出来自发电机外部的噪声信号和来自定子绕组的局部放电信号。

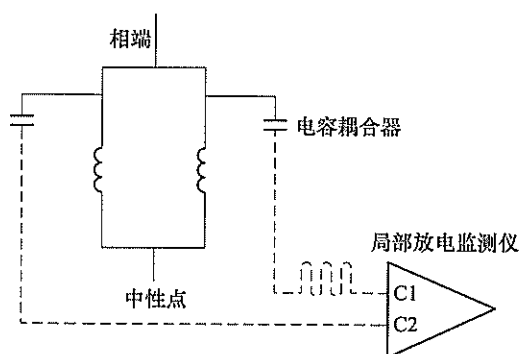


图 E.3 定时噪声分离技术

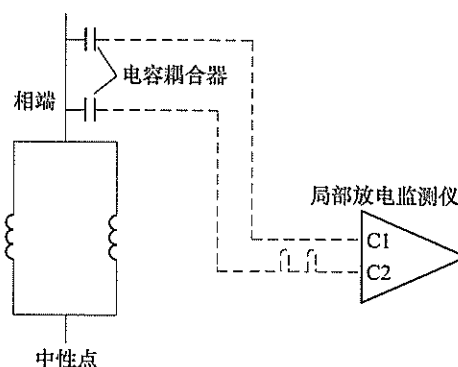


图 E.4 定向噪声分离技术

#### E.4.4 局部放电数据解译

局部放电数据解译技术是利用局部放电监测成果判断局部放电严重程度和发生部位的关键,它建立在人工智能分析和现场运行经验的基础之上。

通常可从以下几方面来分析判断局部放电的严重程度:① 比较同一台发电机不同相(或不同支路)的局放值  $Q_m$  和局放量  $NQN$ ;② 比较其他同类型发电机的局放值  $Q_m$  和局放量  $NQN$ ;③ 分析局放值  $Q_m$  和局放量  $NQN$  随时间的长期变化趋势。

通过局部放电脉冲的极性分析,可以初步判断局部放电故障的类型和发生的部位。在一个交流电波内,每个空隙内可能发生两次放电:一次正放电和一次负放电。如果正放电明显大于负放电(正极性优势),则局部放电多半发生在绕组绝缘的表面,产生的根源有绕组松动问题或电压应力涂层恶化问题;如果负放电明显大于正放电(负极性优势),则局部放电多半发生在绕组铜导体的表面,产生的根源有周期性变负荷或过热问题;如果正放电与负放电相当(无极性优势),则局部放电多半发生在绝缘内部的空隙中,产生的根源有热退化问题或浸渍不良问题。

还可以通过局部放电脉冲的相位分析,进一步判断发电机局部放电的类型和发生的部位。在相电压  $360^\circ$  的相位之间,定子线棒上的局部放电倾向于集中在  $45^\circ$  和  $225^\circ$  相位附近,其中负局部放电集中在  $45^\circ$  附近,正局部放电集中在  $225^\circ$  附近。而相间局部放电、电晕放电、线棒端部半导体涂层爬电导致的局部放电则倾向于集中在其他相位。

建立局部放电统计数据库(无噪)是一项非常有意义的工作。通过积累大量发电机的长期的局部放电测试数据,依据发电机的类型、绝缘等级、电压等级、运行时间和制造厂家等对局部放电测试数据进行分类统计,归纳总结局部放电数据的典型特征与绝缘故障缺陷之间的特定关系,可建立具有实用价值的局部放电统计数据库。通过与局部放电统计数据库中同类型的发电机的典型局部放电数据特征比较,有助于分析判断发电机绝缘的缺陷和故障,评价发电机的绝缘状态。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 2887 计算机场地通用规范
- [2] GB/T 3453 数据通信基本型控制规程
- [3] GB/T 6075.5—2002 在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第5部分：水力发电厂和泵站机组
- [4] GB/T 7354—2003 局部放电测量
- [5] GB/T 7894 水轮发电机基本技术条件
- [6] GB/T 11348.5—2008 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第5部分：水力发电厂和泵站机组
- [7] GB/T 11805 水轮发电机组自动化元件（装置）及其系统基本技术条件
- [8] GB/T 15468 水轮机基本技术条件
- [9] GB/T 17189—2007 水力机械（水轮机、蓄能泵和水泵水轮机）振动和脉动现场测试规程
- [10] GB 17859 计算机信息系统 安全保护等级划分准则
- [11] GB/T 20833—2007 旋转电机定子线棒及绕组局部放电的测量方法及评定导则
- [12] DL/T 556—1994 水轮发电机组振动监测装置设置导则
- [13] DL/T 578 水电厂计算机监控系统基本技术条件
- [14] DL/T 5081 水力发电厂自动化设计技术规范
- [15] DL/T 5132 水力发电厂二次接线设计规范
- [16] IEC 60034-27 E.1 （草案）旋转电机定子绕组绝缘局部放电离线测量
- [17] IEC 60994: 1991 水力机械（水轮机、蓄能泵和水泵水轮机）振动和脉动现场测量导则  
[《Guide for field measurement of vibrations and pulsations in hydraulic machines (turbines, storage pumps and pump-turbines)》]
- [18] IEC/TS 61000-6-5 电磁兼容性（EMC） 第6-5部分 发电厂和变电所环境的抗扰度通用标准
- [19] 国家经贸委（2002）第30号令 电网和电厂计算机监控系统及调度数据网络安全防护规定
- [20] 电监会（2004）第5号令 电力二次系统安全防护规定
- [21] 电监安全（2006）34号 附件1：电力二次系统安全防护总体方案



中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
水轮发电机组状态在线监测系统  
技 术 条 件  
DL/T 1197—2012

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京九天众诚印刷有限公司印刷

\*

2012年12月第一版 2012年12月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 2印张 60千字  
印数 0001—3000册

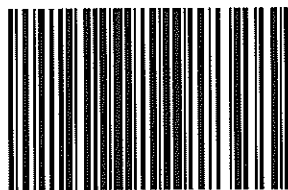
\*

统一书号 155123·1272 定价 17.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



155123.1272

上架建议：规程规范/  
水利水电工程/水力发电

