

ICS 国际标准分类号

CCS 中国标准文献分类号



团 体 标 准

T/CES XXX-XXXX

变电站数字孪生系统架构及数据采集技术 导则

Technical guide for the system structure and data collection of the
substation's digital twin system

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

前 言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 数字孪生	1
3.2 变电站数字孪生系统	1
3.3 微服务	1
4 缩略语	1
5 系统架构要求	2
5.1 基本原则	2
5.2 体系分层	2
5.3 系统部署	4
5.4 非功能要求	5
6 数据采集接口要求	5
6.1 通信协议要求	6
6.2 交互要求	6
6.3 数据要求	6
6.4 安全要求	6
6.5 报文要求	7
7 状态量采集要求	7
7.1 主变压器	7
7.2 开关柜	9
7.3 组合电器	10
7.4 中性点避雷器	11
7.5 中性点接地电阻	11
7.6 电容器柜	12
7.7 站用变柜	12
7.8 蓄电池	13
7.9 站内电缆	13
7.10 站内环境	14
表 7.1 主变压器状态量清单	8
表 7.2 开关柜状态量清单	9
表 7.3 组合电器状态量清单	10
表 7.4 中性点避雷器状态量清单	11
表 7.5 中性点接地电阻柜状态量清单	12
表 7.6 电容器柜状态量清单	12
表 7.7 站用变柜状态量清单	13
表 7.8 蓄电池状态量清单	13
表 7.9 站内电缆状态量清单	14
表 7.10 站内环境状态量清单	14

前　　言

本技术导则按照 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》给出的规则起草。

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。

本技术导则由中国电工技术学会提出并归口。

本技术导则起草单位：国家电网上海市电力公司浦东供电公司、国家电网上海市电力公司电力科学研究院、上海友颐信息技术有限公司、云智慧（北京）科技有限公司、上海市电力行业协会、上海交通大学、上海格鲁布科技有限公司。

本技术导则主要起草人：潘博、张弛、何维国、黄华、陆融、张华、田英杰、顾力、聂鹏晨、万铁伦、汤蕾、马建楷、黄鑫、江斌开、朱涛、弥潇、李凡、刘洪涛、党志涛、鲁学昆、杨自闯、胡俊峰、贺兴、艾芊、沈道义、具学圆、韦立雷、张荣涛、冯智国。

本技术导则为首次发布。

变电站数字孪生系统架构及数据采集技术导则

1 范围

本技术导则规定了变电站数字孪生系统的系统架构、数据采集接口和状态量采集要求。

本技术导则适用于建设数字孪生系统的变电站。

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 19582. 1-2008 基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范

GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 33745-2017 物联网 术语

DL/T 860（所有部分） 标准工程实施技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 数字孪生 Digital twin

指充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中完成映射，从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。

3.2 变电站数字孪生系统 Digital twin system of substation

指基于设备全息三维模型以及传感器采集的高密度动态数据，将变电站的物理实体映射到虚拟空间中构建变电站的“孪生”个体，反映变电站内实体设备的全生命周期过程，能够支持设备状态评估、趋势预测、故障诊断与检修决策并向实体设备下达运维策略的系统。

3.3 微服务 Microservice

一种软件架构风格，即以专注于单一责任与功能的小型功能区块为基础，利用模组化的方式组合出复杂的大型应用程序，各功能区块使用与语言无关的 API 相互通讯。

4 缩略语

下列缩略语使用于本文件：

API：应用程序编程接口（Application Programming Interface）

HTTP：超文本传输协议（Hypertext Transfer Protocol）

HTTPS：超文本传输安全协议（Hyper Text Transfer Protocol Over SecureSocket Layer）

JSON：JavaScript 对象表示法（JavaScript Object Notation）

MQTT：消息队列遥测传输（Message Queuing Telemetry Transport）

CoAP：约束应用协议（Constrained Application Protocol）

QoS: 服务质量 (Quality Of Service)

TCP: 传输控制协议 (Transmission Control Protocol)

XML: 可扩展标记语言 (Extensible Markup Language)

PRPS: 脉序相位特性图谱 (Phase Resolved Pulse Sequence)

PRPD: 局部放电相位分布图谱 (Phase Resolved Partial Discharge)

5 系统架构要求

5.1 基本原则

- a) 应坚持先进性与实用性相结合、统一性与灵活性相结合原则, 既考虑到工程实施要求, 也考虑到未来的发展需求;
- b) 应采用体系分层的架构设计, 各层之间应相互独立、界限清晰、独立特定;
- c) 应采用微服务的架构模式, 微服务的设计应满足单一职责、高内聚、低耦合的要求;
- d) 微服务的拆分应确保服务间单向调用, 严禁循环调用;
- e) 微服务应采用无状态化设计, 以支持分布式、可伸缩的部署方式;
- f) 微服务间调用应有容错机制, 防止服务雪崩现象;
- g) 微服务间接口数据定义应在每两个接口之间约定, 严禁内嵌和透传。

5.2 体系分层

- a) 体系分层自底向上为感知层、网络层、平台层和应用层;
- b) 感知层位于系统架构的最底层, 通常部署在靠近监测设备或信息源头, 主要功能是实现数据的采集、就地处理以及物联接入, 同时接收平台层下发的控制指令以及配置信息等;
- c) 网络层是感知层和平台层间数据上传和指令下发的通道, 通过网络层实现了数字孪生体间的数据和指令的通信;
- d) 平台层在整个架构中处于承上启下的核心位置, 对下通过网络层对感知层终端数据进行统一接入, 统一管理大规模物联基础设施, 并高效处理海量感知信息; 对上为应用层提供数据支持及基础组件服务, 促进数据融通, 支撑应用的灵活构建;
- e) 应用层直接面向终端用户, 提供可视化交互能力。

5.2.1 感知层

- a) 感知层通过边缘物联代理完成对业务终端和采集控制终端的数据采集, 将数据进行模型化后发送至平台层, 也可通过汇聚终端经规约转换、数据汇集后, 将数据进行模型化后发送至平台层; 同时接收平台层下发的控制指令并执行;
- a) 感知层数据上行应保证 QoS 不小于 1;
- b) 感知层数据上行应支持数据的压缩和编码;
- c) 感知层数据采集宜包含数据质量监控功能, 监控指标应包括完整性、及时性、有效性、准确性。

5.2.2 网络层

- a) 网络层负责上行数据和下行指令的传输及网络协议间转换;
- b) 通信网络的选择应充分考虑数据传输可靠性、部署维护方便性的要求, 针对不同的业务场景, 选择合适组网形式;
- c) 网络层数据的传输应支持数据加密和压缩。

5.2.3 平台层

- a) 平台层依托物联网、云计算、大数据、人工智能、可视化等技术，为系统提供基础运行环境；
- b) 平台层由服务平台、数据平台、算法平台、可视化平台组成；
- c) 服务平台基于微服务引擎构建，主要提供在线事务处理能力；
- d) 数据平台基于大数据技术建设，主要提供在线分析处理能力；
- e) 算法平台基于机器学习、深度学习和知识图谱等技术构建，为系统提供智能分析的能力；
- f) 可视化平台基于三维渲染引擎构建，提供三维建模和可视化能力。

5.2.3.1 服务平台

- a) 服务平台基于微服务引擎构建，提供基础的、通用的能力，不负责处理具体业务逻辑；
- b) 服务平台应具备注册发现、集中配置、服务网关、认证授权、容错限流、链路追踪、日志管理、消息推送、运行监控的能力；
- c) 服务平台应支持高可用部署、弹性伸缩；
- d) 认证授权应在不影响业务逻辑的情况下，对接口进行拦截做鉴权处理，隔离用户与业务逻辑之间的耦合问题；
- e) 消息推送的平均延迟时间宜小于 500ms，QoS 宜不小于 1；
- f) 日志应不包含敏感信息，输出格式应统一；
- g) 日志应可配置，即时生效，输出级别应设置为 INFO 以上；
- h) 日志的输出不应该影响系统的正常运行，不应造成系统性能大幅下降。

5.2.3.2 数据平台

- a) 数据平台基于大数据技术栈构建；
- b) 数据平台应具备实时流式计算和离线批计算能力；
- c) 数据平台应具备资源调度和任务调度能力；
- d) 数据平台应具备冷热数据分级存储的能力。

5.2.3.3 算法平台

- a) 算法平台包括基于机器学习和深度学习的算法、基于知识图谱的算法两大类；
- b) 算法平台应具备基于机器学习和深度学习的算法模型训练的能力；
- c) 算法平台应包含预测类算法、图形识别类算法、缺陷智能诊断算法。

5.2.3.4 可视化平台

- a) 可视化平台应支持数据可视化、模型可视化和地图可视化；
- b) 可视化平台应支持在同一场景中同时展示数据、模型和地图；
- c) 数据可视化应支持高频数据的实时展示；
- d) 模型可视化应采用高效的三维场景渲染引擎；
- e) 地图可视化应采用高效的三维地图渲染引擎；
- f) 地图可视化应采用具备提供离线地图能力的地图服务。

5.2.3.5 消息中间件

- a) 消息中间件为系统提供基于消息的数据接入能力；
- b) 消息中间件应支持发布/订阅模式；
- c) 消息中间件应支持消息的持久化；

- d) 消息中间件应支持高可用部署，具备节点横向扩展能力。

5.2.3.6 数据存储

- a) 数据存储包括数据库和数据服务；数据库包括关系型数据库、键值数据库、列式数据库、时序型数据库、图数据库和对象存储；
- b) 应采用关系型数据库存储基础业务数据，数据库引擎应支持事务；
- c) 应采用键值数据库作为缓存，提高系统并发访问的效率，数据缓存应设置缓存过期时间；
- d) 应采用对象存储存储文件、图片、音视频数据，支持单文件大小宜不小于 256MB；
- e) 应采用列式数据库或时序型数据库存储时序数据，单表宜满足不少于 3 年数据存储要求。

5.2.4 应用层

- a) 应用层服务在平台层基础上构建，完成复杂的业务逻辑；
- b) 应用层由后端服务和前端展示组成，采用前后端分离的设计；
- c) 前后端数据传输协议应支持 HTTP、WebService、WebSocket；
- d) 前后端数据交互格式应支持 JSON、XML。

5.2.4.1 后台服务

- a) 后台应包括场景管理、设备管理、数据管理、指标管理、告警管理、算法管理和全文检索服务；
- b) 设备管理应包括设备模板的定义、设备的增删改查、设备的统计分析；
- c) 设备模板应包含设备编号、设备分类、设备所属变电站，支持增加自定义属性；
- d) 数据管理应包括数据标准的定义、实时数据的推送、历史数据的查询和统计分析；
- e) 数据标准应包含数据标准编号、数据标准的名称、数据的计量单位；
- f) 指标管理应包括指标体系的定义、指标计算任务的管理、指标的实时推送、指标的查询；
- g) 指标管理应支持指标的实时计算和离线计算，离线计算宜通过任务调度自动定时完成；
- h) 告警管理应包括告警规则的配置、告警计算任务的管理、告警的实时推送、告警的查询；
- i) 告警管理应支持阈值判断场景，宜支持基于人工智能的告警计算；
- j) 算法管理应包括人工智能算法模型的训练、算法模型的应用、算法任务的管理；
- k) 全文检索服务应包括文档的上传、标签管理、基于标签和关键字的搜索。

5.2.4.2 前端展示

- a) 前端展示应支持主流浏览器；
- b) 前端展示应具备三维模型、三维地图的展示能力。

5.3 系统部署

- a) 系统应不依赖于特定的硬件作为必须条件；
- b) 系统部署应支持主流 Linux 操作系统；
- c) 系统各组件应支持高可用部署；
- d) 系统各组件应支持离线安装包部署；
- e) 安装包应采用压缩格式，自带必要的依赖包；
- f) 安装包应具备清理不必要文件的能力；
- g) 安装包宜包含部署脚本和说明文档。

5.4 非功能要求

5.4.1 性能要求

- a) 首页访问平均响应时间不宜超过 1 秒，系统登录平均响应时间不宜超过 3 秒；
- b) 执行简单查询、添加、更新和删除业务时，平均响应时间不宜超过 3 秒；执行千万级数据量分析处理时，平均处理时间不宜超过 10 秒；
- c) 执行复杂的综合业务（同时包括查询、添加、更新、删除等操作）时，平均响应时间不宜超过 7 秒；
- d) 应用服务器和数据库服务器的日常 CPU 平均利用率不超过 65%，且 CPU 利用率不宜连续 30 秒超过 80%；
- e) 应用服务器的日常内存平均使用率不超过 70%，且内存使用率满足不宜连续 60 秒超过 80%。

5.4.2 可用性要求

- a) 服务应采用高可用方式部署；
- b) 系统可用性宜达到 99.99%。

5.4.3 可靠性要求

- a) 应连续 7×24 小时不间断工作；
- b) 平均无故障时间宜大于 5000 小时；
- c) 具备快速恢复机制，平均故障恢复时间应不宜超过 1 小时；
- d) 存储节点发生故障时，应确保数据的完整性，且不影响数据的正常读写；
- e) 计算节点发生故障时，应确保计算结果的正确性，且不影响数据的正常分析；
- f) 任务调度节点发生故障时，应确保任务计划的按时调度；
- g) 消息中间件节点发生故障时，应确保消息不丢失，且不影响消息的正常的发布和消费。

5.4.4 可伸缩性要求

- a) 系统应支持服务的可伸缩部署；
- b) 系统应具备服务上下线的自动发现能力；
- c) 系统应支持服务的人工伸缩，宜支持基于策略的自动伸缩。

5.4.5 安全性要求

应遵循 GB/T 22239，并优先满足以下要求：

- a) 应对登录的用户进行身份标识和鉴别，身份标识具有唯一性，身份鉴别具有复杂度要求并定期更换；
- b) 应具有登录失败处理功能，应配置并启用结束会话、限制非法登录次数和当前登录连接超时自动退出等相关措施；
- c) 应支持对敏感数据的严格访问控制及脱敏操作，在访问前应进行必要的审批和授权，在访问时应记录操作日志；
- d) 提供主要网络设备、通信线路和集群系统的硬件冗余，提供数据备份功能，防止因意外事故导致数据资产丢失。

6 数据采集接口要求

数据采集的定义应遵循 GB/T 33745，数据采集接口应满足原子性、可读性、兼容性、独立性、安全性

的要求。

6.1 通信协议要求

- a) 应支持 IPv4、IPv6 连接，应支持 MQTT、CoAP、HTTP(S) 协议接入；
- b) 应支持 IEC 61850 协议接入，应符合 DL/T 860 的要求；
- c) 应支持 MODBUS 协议接入，通过串行链路或 TCP/IP 实现与采集模块的通信时，其协议总体模型和功能码应符合 GB/T 19582.1 的要求。

6.2 交互要求

6.2.1 数据上传

- a) 数据上传请求
 - 1) 基于 RS232/RS485 接口的自定义协议数据一般采用主动上报机制，要求数据上传频率固定，便于判断数据是否发生中断。上行数据帧需要携带设备识别码用于识别设备是否合法，如果不合法则拒绝该帧；
 - 2) 基于 MODBUS、IEC61850 等协议接入平台时，采集模块应主动和设备建立连接，并发送获取数据请求，设备收到请求后响应有效感知数据。为了判断设备是否中断，要求采集模块以固定频率读取设备数据；
- b) 数据上传应答
 - 1) 基于 RS232/RS485 接口的自定义协议数据主动上报后，采集模块不返回响应；
 - 2) 基于 MODBUS、IEC61850 等协议接入平台时，设备是服务端角色，采集模块以客户端角色主动访问设备，设备应答信息就是有效数据。

6.2.2 指令下发

- a) 下发指令是对接入设备下发控制或配置指令，用于控制设备或修改设备参数。只有被动接入的设备支持下发指令。采集模块连接设备后下发控制指令或参数配置指令，设备接收指令后做出相应动作或者修改自身配置参数；
- b) 指令应答是接入设备对控制或配置指令的响应。设备接收指令后解析指令，如果是控制指令则做出相应的动作，如果是配置指令则修改配置参数。

6.3 数据要求

6.3.1 数据类型

- a) 传输数据类型包括文本数据、文件数据、二进制流；
- b) 文本数据应为 JSON 或 XML 格式数据，文件数据宜为 JSON 或 XML 格式。

6.3.2 数据编码

- a) 为了提高传输效率，数据传输前应编码为字符串；
- b) 为了减少传输载荷，数据传输应压缩和加密。

6.4 安全要求

6.4.1 通信网络安全

- a) 禁止归属不同安全大区的接入设备直接通信，确实有通信需求的，应采取等同于大区间隔离强度的

技术措施:

- b) 传输时支持信息完整性校验机制, 实现重要数据的传输完整性保护, 如校验码, 消息摘要等;
- c) 应具有通信延时和中断的处理机制。

6.4.2 终端安全

- a) 终端接入应进行安全认证;
- b) 应能对终端进行身份鉴别失败处理;
- c) 在采用插卡方式进行身份鉴别时, 应采取措施防止卡片被拔除或替换;
- d) 限制终端鉴别失败的次数, 当超过设定值后终止终端接入, 并在一定的安全时间间隔后才能恢复;
- e) 对于具有操作系统的感知终端, 操作系统用于应有唯一标识, 系统用户的口令应由字母、数字及特殊字符组成, 且长度不小于 8 位。

6.5 报文要求

- a) 报文应采用 JSON 或 XML 数据格式;
- b) 报文应包括测点标识、采集时间、数据类型、数据负载, 支持增加扩展数据;
- c) 采集时间应采用时间戳, 精度为毫秒;
- d) 数据类型应支持整型、浮点型、字符串。

7 状态量采集要求

7.1 主变压器

7.1.1 监测手段

- a) 主变压器状态量采集应使用以下监测装置:
 - 1) 红外成像监测装置

对于 110kV 以上主变压器为必选项。该装置配备可旋转的红外、可见光一体化装置, 可以定制巡检路径, 实时监测主变压器各部位热点温度, 及时发现主变压器发热缺陷并分级告警;
 - 2) 高频局放/接地电流监测装置

对于 110kV 以上主变压器为必选项。该装置可实时监测主变压器内部局放信号, 与典型放电图谱比对, 对主变压器内部局放严重程度进行分级告警; 同时利用接地电流传感器监测铁芯接地电流值并进行趋势分析和异常报警, 有效防范铁芯多点接地故障;
 - 3) 油中溶解气体在线监测装置

该装置监测变压器油中气体以及水分, 精确检测故障特征气体浓度, 对主变压器内部的过热和放电故障进行诊断与报警;
 - 4) 智能油位监测装置

该装置借助压电传感器, 将压力转换为油位数据, 与油温油位曲线进行比对, 当存在异常偏差时报警, 有效避免因机械油位计假油位引起的误判;
 - 5) 智能吸湿器

该装置监测吸湿器内部温湿度, 智能调节加热装置, 实现环保型硅胶的自动干燥, 免人工维护;
- b) 主变压器状态量采集宜使用以下监测装置:
 - 1) 分接开关机械特性监测装置

该装置利用电流、转动、振动传感器, 检测操作过程中驱动电机电流和机械振动信号, 通过系统分析判断有载调压分接开关运行状态、故障程度及发展趋势;

2) 智能油温监测装置

该装置采用 PT100 铂电阻感温元件监测油温，实现分级报警功能，及时发现油温异常升高；

3) 管母内无源测温装置

该装置可实时监测管母屏蔽筒内接头处的温度并实现分级报警功能，有效预防异常发热甚至绝缘击穿等现象。

7.1.2 状态量清单

表 7.1 主变压器状态量清单

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
1	红外成像监护终端	高压套管温度 (ABC)	110kV 以上	
		低压套管温度 (ABCO)		
		进线电缆头温度 (ABC)		
		瓦斯继电器温度		
		本体油枕温度		
		有载开关油枕温度		
		本体温度		
		实时红外监控视频		
		实时可见光监控视频		
2	高频局放/接地电流监测装置	铁芯高频局放幅值	110kV 以上	
		铁芯高频局放次数		
		夹件高频局放幅值		
		夹件高频局放次数		
		铁芯接地电流		
		夹件接地电流		
		实时 PRPD 图谱		
		实时 PRPS 图谱		
3	油中溶解气体在线监测装置	CO ₂ 含量	√	
		C ₂ H ₂ 含量		
		C ₂ H ₄ 含量		
		C ₂ H ₆ 含量		
		CH ₄ 含量		
		CO 含量		
		H ₂ 含量		
		总烃含量		
		H ₂ O 含量		
		CO ₂ 产气率		
		C ₂ H ₂ 产气率		
		C ₂ H ₄ 产气率		
		C ₂ H ₆ 产气率		
		CH ₄ 产气率		
		CO 产气率		

表 7.2 主变压器状态量清单（续）

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
		H ₂ 产气率		
		总烃产气率		
4	智能油位监测装置	实时油位比例	√	
5	智能吸湿器	本体呼吸器湿度	√	
		本体呼吸器温度		
6	分接开关机械特性监测装置	变化时间		√
		变化档位		
		故障类型		

7.2 开关柜

7.2.1 监测手段

a) 开关柜状态量采集应使用以下监测装置:

1) 开关柜地电压、超声波局放监测装置

该装置监测开关柜暂态地电压局放值、超声波局放值以及频率相关性，获取开关柜内部局部放电产生的电、声信号，用于判断开关柜内设备绝缘性能；

2) 开关柜内运行环境监测装置

该装置可实时采集开关柜内环境温、湿度以及臭氧含量数据，配合暂态地电压局放、超声波局放诊断结果，进一步判断开关柜内设备绝缘状态。

b) 开关柜状态量采集宜使用以下监测装置:

1) 开关柜特高频局放监测装置

该装置可监测开关柜内部绝缘放电时产生的特高频电磁波脉冲信号，及时报警，防止各类早期绝缘缺陷发展；

2) 开关柜面板视频识别监测装置

该装置借助视频识别技术获取开关柜面板表计、指示灯、压板状态等巡视数据，并对面板上的异常显示进行报警；

3) 断路器机械特性监测装置

该装置可在线监测断路器分合闸线圈电流、断路器分合闸状态和储能电机电流，综合评估断路器机械性能；

4) 开关柜触头温度在线监测装置

该装置针对开关柜内断路器触点的温度进行检测，防止在运行过程中因氧化、松动、灰尘等因素造成接点接触电阻过大而发热。

7.2.2 状态量清单

表 7.3 开关柜状态量清单

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
1	开关柜地电压、超声波局放监测装置	暂态地电压幅值(柜前/柜后)	√	
		超声波有效值(柜前/柜后)		

表 7.4 开关柜状态量清单 (续)

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
		频率分量 1(柜前/柜后)		
		频率分量 2(柜前/柜后)		
		超声波局放图谱 (柜前/柜后)		
2	开关柜内运行环境监测装置	臭氧含量	√	
		柜内湿度		
		柜内温度		
3	开关柜特高频局放监测装置	PRPD 图谱		√
		PRPS 图谱		
4	开关柜面板视频识别监测	模拟图指示器指示	√	
		红绿灯指示		
		压板投退状态		
		控制开关、切换开关状态		
		继电保护装置状态		
		带电指示器指示		
		加热控制器状态		

7.3 组合电器

7.3.1 监测手段

a) 组合电器状态量采集宜使用以下监测装置:

1) 断路器机械特性监测装置

该装置可在线监测断路器分合闸线圈电流、断路器分合闸状态和储能电机电流，综合评估断路器机械性能；

2) 特高频局放监测装置

该装置可获取组合电器内部局部放电产生的特高频信号，实时、有效、快速定位组合电器局部放电故障位置并对放电类型进行分析判断；

3) 远传式 SF₆ 气体密度继电器

该装置主要用于控制和监视密封气室内的 SF₆ 气体密度，可在压力达到超压、发信及闭锁状态时及时将信息通过接点连接电路传送到后台终端。

7.3.2 状态量清单

表 7.5 组合电器状态量清单

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
1	开关机械特性监测装置	分合闸线圈电流		√
		储能电机电流		
2	特高频局放采集装置	PRPD 图谱		√
		PRPS 图谱		
3	远传式 SF ₆ 气体密度继电器	SF ₆ 气体压力值		√

表 7.6 组合电器状态量清单（续）

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
		SF ₆ 气体压力报警信号		

7.4 中性点避雷器

7.4.1 监测手段

a) 中性点避雷器状态量采集应使用以下监测装置：

1) 避雷器全电流及动作次数监测装置

该装置对避雷器的全电流及放电次数计数进行在线监测，分析避雷器内部绝缘情况，发生异常时报警。

b) 中性点避雷器状态量采集宜使用以下监测装置：

1) 避雷器阻性电流监测装置

该装置对避雷器的阻性电流进行在线监测，分析避雷器氧化锌阀片特性，发生异常时报警。

7.4.2 状态量清单

表 7.7 中性点避雷器状态量清单

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
1	避雷器全电流及动作次数监测装置	避雷器 A 相全电流	√	
		避雷器 B 相全电流		
		避雷器 C 相全电流		
		避雷器 A 相动作次数		
		避雷器 B 相动作次数		
		避雷器 C 相动作次数		
2	避雷器阻性电流监测装置	避雷器 A 相阻性电流	√	
		避雷器 B 相阻性电流		
		避雷器 C 相阻性电流		

7.5 中性点接地电阻

7.5.1 监测手段

a) 中性点接地电阻状态量采集宜使用以下监测装置：

1) 间歇性接地监测装置

该装置实时监测中性点接地电阻的温度和电流，将中性点接地电阻温度升高告警和零流启动次数告警相结合，及时准确反映接地电阻运行情况，解决中性点接地电阻因间歇性接地烧毁的问题。

7.5.2 状态量清单

表 7.8 中性点接地电阻柜状态量清单

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
1	间歇性接地检测装置	中性点电流		√
		中性点温度		
		间歇性接地信号		

7.6 电容器柜

7.6.1 监测手段

a) 电容器柜状态量采集宜使用以下监测装置:

1) 电容器压力监测装置

该装置实时掌控电容器组内每台电容器内部压力情况, 超过电容器额定压力时进行报警, 预防电容器鼓肚、电容器参数改变等缺陷;

2) 电容器柜内避雷器监测装置

该装置实时监测电容器柜内每台避雷器泄漏电流及动作次数, 对泄漏电流进行异常报警;

3) 电抗器过电压监测装置

该装置用于监测电容器组投切时的截流过电压, 能够及时发现电抗器两端的过电压, 直接保护电抗器及电容器组, 间接保护投切开关柜、母线、绝缘子等装置。

7.6.2 状态量清单

表 7.9 电容器柜状态量清单

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
1	电容器压力监测装置	柜内每台电容器内部压力		√
2	电容器柜内避雷器监测装置	柜内每相单台避雷器动作次数		√
		柜内每相单台避雷器电流		
3	电抗器过电压监测装置	电抗器两端的过电压		√

7.7 站用变柜

7.7.1 监测手段

a) 站用变柜状态量采集宜使用以下监测装置:

1) 综合局放监测装置

该装置监测站用变柜暂态地电压局放值、超声波局放值以及频率相关性, 获取站用变柜内部局部放电产生的电、声信号, 用于判断站用变柜内设备绝缘性能;

2) 柜内测温装置

该装置针对站用变高低压母排搭接点、电缆接头等电器连接点的温度进行检测, 防止因氧化、松动、灰尘等因素导致接点过渡电阻过大而引起的发热隐患。

7.7.2 状态量清单

表 7.10 站用变柜状态量清单

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
1	综合局放监测装置	暂态地电压幅值(柜前/柜后)		√
		超声波有效值(柜前/柜后)		
		频率分量 1(柜前/柜后)		
		频率分量 2(柜前/柜后)		
		超声波局放图谱(柜前/柜后)		
2	柜内测温装置	站用变高压母排搭接点温度		√
		站用变低压母排搭接点温度		

7.8 蓄电池

7.8.1 监测手段

a) 蓄电池状态量采集宜使用以下监测装置:

1) 蓄电池监测装置

该装置实时监测单节电池电压、内阻、极柱温度以及蓄电池组充放电电流、直流母排电压、组端电压等数据, 同时对电池组开展远程充放电。

7.8.2 状态量清单

表 7.11 蓄电池状态量清单

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
1	蓄电池监测装置	电池组实时电压		√
		整流器实时电压		
		电池组标称容量		
		每节电池的单体电压		
		每节电池的单体温度		
		每节电池的单体内阻		
		每节电池的单体已放容量		

7.9 站内电缆

7.9.1 监测手段

a) 站内电缆状态量采集宜使用以下监测装置:

1) 电缆高频局放监测装置

该装置通过高频电流传感器获取电缆外护套局放信号, 判断电缆放电情况以及严重程度, 及时发现电缆绝缘老化、劣化等问题并进行分级预警。

7.9.2 状态量清单

表 7.12 站内电缆状态量清单

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
1	电缆高频局放监测装置	电缆高频局放 PRPD 图谱		√
		电缆高频局放 PRPS 图谱		

7.10 站内环境

7.10.1 监测手段

a) 站内环境状态量采集宜使用以下监测装置:

1) 水浸监测装置

该装置的针式探头电极浸水后阻值会发生变化, 通过阻值信号变化分析对电缆层液位进行监测与报警。

2) 温湿度监测装置

该装置对站内各个设备室环境温度和环境湿度进行监测和报警。

3) SF₆ 监测装置

该装置针对 SF₆ 气体和氧气浓度进行检测, 在气体含量超标或缺氧情况下, 可实时进行报警并自动开启通风机进行通风。

7.10.2 状态量清单

表 7.13 站内环境状态量清单

序号	监测装置	状态量	必选项	可选项
1	水浸监测装置	水位报警信号		√
2		站内各设备室环境温度		
3		站内各设备室环境湿度		
4	SF ₆ 环境监测装置	SF ₆ 气体浓度/含氧量		√