

智能水电厂主设备状态监测建模分析

卢彦林，曹伦，王伟

(阿坝水电开发有限公司,四川 黑水 624000)

摘要:本文首先介绍了 IEC61850 标准和智能水电厂的基本概念,接着讨论了 IEC61850 的数据模型层次和服务模型分类,然后分析了水电厂主设备状态监测系统结构,最后依据智能水电厂公共信息模型技术要求建立了系统数据模型。通过对智能水电厂主设备状态监测系统进行建模,可以实现设备和系统的互操作性,实现信息的高度集成和共享。

关键词:IEC61850;智能水电厂;状态监测系统;信息模型

中图分类号:TN915.5;TN931.3;N945.12 **文献标识码:** A **文章编号:**1001-2184(2022)01-0031-05

Analysis on Modeling of Status Monitoring of Main Equipment in Smart Hydropower Plant

LU Yanlin, CAO Lun, WANG Wei

(Aba Hydropower Development Co., LTD, Heishui, Sichuan, 624000)

Abstract: Followed by discussion on data model hierarchy and service model classification of IEC61850, this paper firstly introduces the IEC61850 standard and the basic concepts of smart hydropower plant, then analyzes the structure of status monitoring system of hydropower plant, and finally establishes system data model according to the technical requirements of public information model of smart hydropower plant. By modeling of status monitoring system for the main equipment of smart hydropower plant, the interoperability of equipment and system is realized, and high integration and sharing of information is reached.

Key words: IEC61850; smart hydropower plant, status monitoring system, information model

0 引言

水电厂主设备包含水轮发电机组、变压器、断路器等,其运行性态直接决定着水电厂及电网的安全性和稳定性。水电厂主设备状态监测系统通过对振动、摆度、压力脉动等机组状态监测量以及变压器油色谱、GIS 局部放电等变电设备某个或多个状态的参数进行自动、实时、连续的监视和测量,实现水电机组及变电设备主要部件运行状态的在线监测、越限告警、专项分析与辅助诊断。传统的水电厂设备状态监测系统厂家众多,实力发展水平不一,尚未建立一套标准的通信体系,导致不同自动化设备难以实现互联互通,无法实现真正的数据共享和信息集成。

IEC61850 规范是适用于现代电力系统自动化网络的主要规范,主要包括功能与设备模型的通信要求、通信配置定义语句、基本网络架构和

模型、通信服务映射技术等十个章节,其特征为通信服务独立于基础网络和应用层协议,并通过使用面向对象的设备模型技术和面向未来通信网络的可拓展结构,使整个体系结构具有可扩展性,从而实现信息共享、功能交互以及调度协调^[1]。智能水电厂采用 IEC61850 规范水电厂信息模型原理,形成一套适合于研究目前中小流域水电厂群运营特点和电网调度模式的综合信息系统模型,通过提供基于 IEC61850、IEC61970 规范的统一网络总线,设计智能水电厂过程级网络和厂站级网络,以便研究不同规模水电厂智能电子装置的典型配置和部署方案,提出一体化管控平台及各类智能应用组件的规范化接口,建立智能水电厂调试、运维及智能设备测试技术体系,提出实现流域水电厂群一体化管控的运维管理模式,是水电自动化发展最重要的方向^[2]。

目前,智能水电厂技术导则、水电厂建模思想与导则、智能水电厂公共信息模型技术要求等标

收稿日期:2022-01-10

准已规定了智能水电厂的建设方向、体系架构和技术要求,这些标准为智能化水电厂建设奠定了坚实的理论基础^[3]。通过将 IEC61850 标准应用于智能水电厂状态监测系统,根据标准对系统进行分析建模,对优化和统一设备间信息交互通信协议、提高设备生产数据互联互通和共享利用水平和提升状态监测自动化设备的运行维护效率具有重要意义^[4]。

1 IEC 61850 信息模型

传统的通信标准和通信协议没有模型的概念,所有信息都是与规约报文组织方式一一对应,通用性及自定义性不强。遵循 IEC61850 标准体系,利用 SCL 语言构建的信息模型可以映射到不

同的通信协议,适应通信技术的发展。通过模型配置,可以任意根据实际情况配置系统的通信内容,优化通信量。基于 IEC61850 标准的模型主要包括数据模型和服务模型。

1.1 数据模型

数据模型包括电子智能设备(Intelligent Electronic Device,简称 IED)、逻辑设备(Logical Device,简称 LD)、逻辑节点 LN(Logical Node,简称 LN)、数据对象 DO(Data Object,简称 DO)和数据属性 DA(Data Attribute,简称 DA)。IEC61850 数据模型的层次结构图见图 1。

IED 是实际的物理设备外部可见的行为;LD

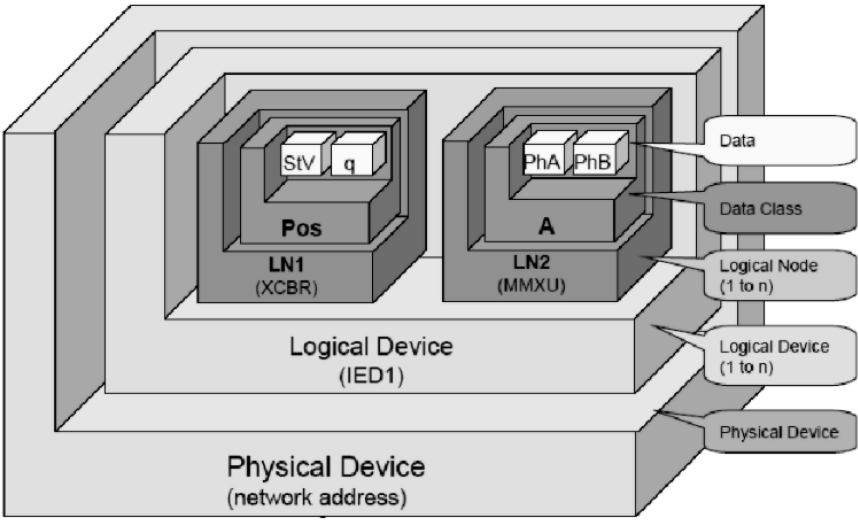


图 1 IEC61850 数据模型层次结构图

是虚拟出来的设备,聚合 LN 和数据,一个物理设备根据应用功能分为一个或多个 LD。LN 是描述系统功能的基本单位,是数据对象的容器。LN 包含若干 DO,DO 包含 LN 所有的信息;DA 从属于 DO,是模型中信息的最小承载单元,对信息模型的一切操作都归结到对 DA 的读写上。

1.2 服务模型

服务模型是对外部提供的基于数据模型的访问接口,IEC61850 服务模型示意图见图 2。

服务模型包括:数据集(Data Set)、替代(Substitution)、报告控制块(Report Control Block)、日志控制块(Log Control Block)、定制组控制块(Setting Group Control Block)、通用变电站事件控制块(GOOSE Control Block)、采样值传输控制块(Sampled Value Control Block)、控

制(Control)以及文件传输(File)。

2 水电厂主设备状态监测系统建模

智能水电厂主设备状态监测系统是智能水电厂的重要组成部分,系统包括现地的智能状态监测装置和厂站层的上位机状态监测平台。现地智能状态监测装置是实现水电机组、主变压器等主设备的运行安全保护与运行性态在线精确测量的技术保证,同时也为上位机状态监测平台提供数据来源,其体系架构、设备组成及功能部署要求充分体现了智能水电厂信息数字化和通信网络化这两大主要特征^[5]。

2.1 系统体系架构

智能水电厂主设备状态监测系统体系架构图见图 3。

智能水电厂主设备状态监测相关软硬件设备

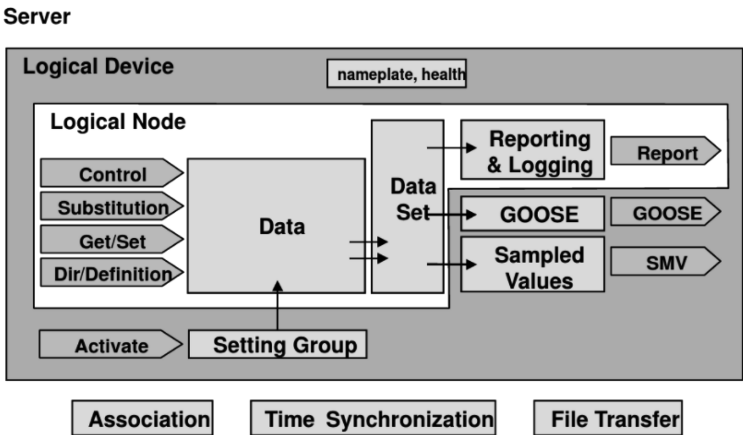


图 2 IEC61850 服务模型示意图

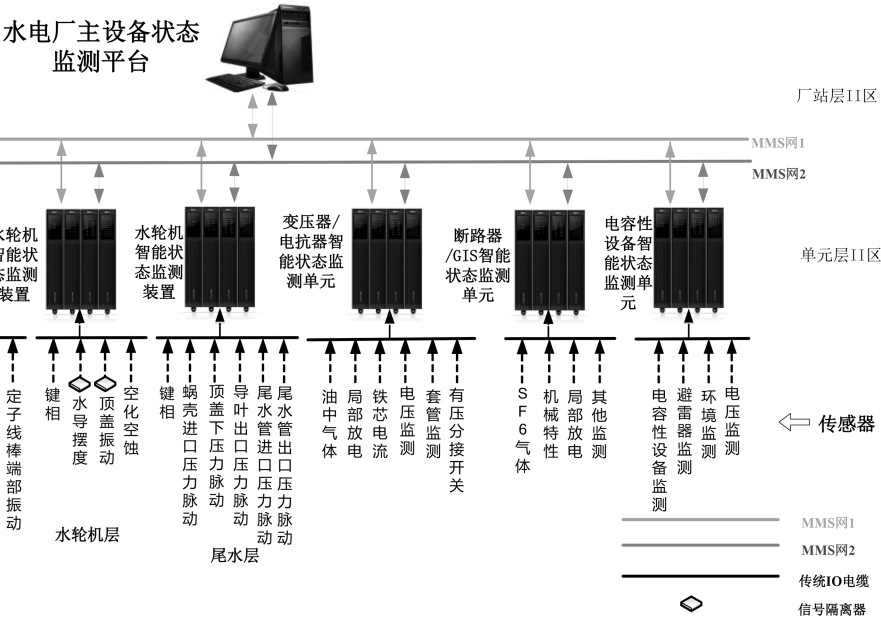


图 3 智能水电厂主设备状态监测系统体系架构图

处于安全 II 区，主要由处于单元层的机组状态监测数据采集单元、变电设备状态监测单元，以及处于厂站层的状态监测平台组成。单元层设备完成各类设备状态监测传感器信号量的采集与计算、实时监测与告警、现地数据管理和分析试验等功能，并将采集、计算、分析后的各类设备状态监测信息，通过 II 区单元层和厂站层之间的 MMS 网上传给安全 II 区的状态监测平台进行分析应用。

2.2 信息建模原则

智能水电厂主设备状态监测系统涉及的设备种类复杂，构建过程中根据 IEC61850 信息模型建模并结合系统自身特点，其信息模型总体结构设计按照以下思路构建。

一个物理设备即一个 IED，建模为一个装置对象。这个对象是一个最高层次的容器，每个物理设备至少包含一个 LD 对象。

IEC61850 标准中没有规范具体 LD 的划分，遵循 IEC61850—7—4 及国网公司智能变电站、智能水电厂相关规定，把某些具有公共特性的 LN 组合成一个 LD：公用 LD，实例名为“LD0”；测量 LD，实例名为“MEAS”；保护 LD，实例名为“PROT”；控制 LD，实例名为“CTRL”；录波 LD，实例名为“RCD”；监测 LD，实例名为“MONT”。

需要通信的每个最小功能单元建模为一个逻辑节点对象，属于同一功能对象的 DO 和 DA 都放在同一个 LN 中，为了规范模型结构，

IEC61850 标准预先定义了部分 LN 模型,如果标准的逻辑节点类不满足功能对象要求,可进行逻辑节点类扩展或者新建逻辑节点类。

2.3 状态监测系统建模

依据上述 IEC61850 标准信息建模原则,结合智能水电厂主设备状态监测系统组成,单元层的智能状态监测设备分别建立独立的 IED 模型,具体包括:发电机状态监测装置 IED、水轮机状态监测装置 IED、变压器/电抗器状态监测装置 IED、断路器/GIS 状态监测装置 IED 以及电容型设备状态监测装置 IED。

2.3.1 发电设备状态监测装置 IED 建模

发电设备状态监测装置主要包括发电机和水轮机的状态监测装置,两种装置是独立的建模对象,分别为发电机状态监测装置 IED 和水轮机状态监测装置 IED。这两类 IED 都包括 MONT 和 RCD 两个 LD。

监测逻辑设备 MONT 中主要包含以下几类逻辑节点。

(1)振动/摆度监测逻辑节点 SVBR,该 LN 表征旋转设备振动/摆度监测,反映振动/摆度运行状态,振动/摆度类测点信息如上下机架振动、定子机架振动、定子铁芯振动、机组轴向位移、水导摆度以及顶盖振动等都建模为 SVBR 的实例。

(2)压力脉动监测逻辑节点 SPRS,蜗壳进口压力脉动、顶盖下压力脉动、导叶出水口压力脉动、尾水管进出水口压力脉动等测点建模为 SPRS 的实例。

(3)转速监测逻辑节点 TRTN,该 LN 表征键相传感器测量机组转速,键相信息测点建模为 TRTN 的实例。

(4)平均气隙/磁场强度相对值计算逻辑节点 SPOS,该 LN 表征空气间隙传感器采集的平均气隙相对值和磁通量传感器采集的平均磁场强度/磁通密度绝对值,空气间隙测点和磁通量测点建模为 SPOS 的实例。

(5)局部放电监测逻辑节点 SPDC,该 LN 表征局部传感器特征值,定子局放测点建模为 SPDC 的实例。

(6)录波逻辑设备 RCD 中主要包含录波逻辑节点 RDRE,该 LN 记录振摆和压力脉动传感器波形以及空气间隙和磁场强度传感器波形,相应

的测点建模为 RDRE 的实例。

发电设备状态监测装置的测点根据上面 6 种主要的逻辑节点类型,分别进行逻辑节点的实例化,发电机状态监测装置中,针对立式机组的典型传感器布置为安装 9 个低频速度传感器用来监测上机架水平/垂直振动、下机架水平/垂直振动、顶盖水平/垂直振动,安装 6 个电涡流位移传感器用来监测上导 X/Y 方向摆度、下导 X/Y 方向摆度和水导 X/Y 方向摆度,可以将其实例化为 SVBR 1—SVBR 15。其他传感器测点也进行类似的逻辑节点实例化,最终所有测点都对应为实例化的逻辑节点,这些实例化的逻辑节点再根据建模原则组成实例化的逻辑设备,逻辑设备再组成发电设备状态监测装置 IED 的模型。

2.3.2 变电设备状态监测装置 IED 建模

变电设备状态监测装置模型主要包括变压器/电抗器状态监测装置 IED、断路器/GIS 状态监测装置 IED 以及电容型设备状态监测装置 IED。这三类 IED 都只包括 MONT 一个 LD。

监测逻辑设备 MONT 中主要包含以下几类逻辑节点。

(1)局部放电监测逻辑节点 SPDC,变压器局部放电测点和断路器局部放电测点都建模为 SPDC 的实例。

(2)液体绝缘介质监测逻辑节点 SIML,油中溶解气体监测测点建模为 SIML 的实例。

(3)无相别相关测量逻辑节点 MMXN,铁芯电流和电压监测测点都建模为 MMXN 的实例。

(4)套管监测逻辑节点 ZBSH,套管监测测点建模为 ZBSH 的实例。

(5)有载调压分接头监测逻辑节点 SLTC,有压分接开关测点建模为 SLTC 的实例。

(6)气体绝缘介质监测逻辑节点 SIMG,SF6 气体监测测点建模为 SIMG 的实例。

(7)电容器逻辑节点 ZCAP,电容性设备监测测点建模为 ZCAP 的实例。

(8)避雷器逻辑节点 ZSAR,避雷器监测测点建模为 ZSAR 的实例。

变电设备状态监测装置的测点根据上面 8 种主要的逻辑节点类型,分别进行逻辑节点的实例化,变压器监测装置和断路器监测装置中都包含局部放电信号,可以将其分别实例化为 SPDC 1

和 SPDC 2,最终所有测点都对应为实例化的逻辑节点。这些实例化的逻辑节点再根据建模原则组成实例化的逻辑设备,逻辑设备再组成变电设备状态监测装置 IED 的模型。

3 结 语

简要介绍了 IEC61850 标准和智能水电厂概念,重点剖析了信息模型的组成和层次关系,针对水电厂主设备状态监测系统,通过梳理系统结构图,提出将单元层智能状态监测装置划分为不同的 IED 的信息建模思路,依据智能水电厂公共信息模型技术要求,重点选取了测点相关的逻辑节点类完成了数据建模。

后续的建模工作主要包括梳理系统内各个 IED 之间的网络通信情况,确定 GOOSE 网和 MMS 网上的数据信息,完善信息模型的数据集、报告控制块、GOOSE 控制块以及 GOOSE 订阅块,通过 IEC61850 标准提供各项的 ACSI 服务,实现 IED 之间的互联互通。

作为智能水电厂集成标准化及决策智能化的重要体现,水电厂主设备状态监测系统通过对各

(上接第 23 页)

验、带电测量及在线监测。其是保证电力设备安全稳定运行的有效手段之一,也是绝缘监督的重要内容。但就目前而言,绝缘管型母线暂时没有相应的关于预防性试验的行业和国家标准,这导致绝缘管母的运维检修工作依然处于摸索阶段,相关人员在工作中也存在较大争议。笔者旨在为相关人员对绝缘管母的运维检修工作提供一些工作思路,并希望为推动企业标准、行业标准的制定尽一份绵薄之力。

参考文献:

[1] 国家电网有限公司. 国家电网有限公司十八项电网重大反事故措施[M]. 北京:中国电力出版社,2018. 12.

个现地智能装置进行 IEC61850 建模,通过建立统一标准的数字信息模型,便于不同自动化设备实现互联互通,生产过程数据有效共享和利用,从而实现提高生产维护效率和降低改造成本。

参考文献:

[1] 高志远,黄海峰,徐昊亮,等. IEC61850 应用剖析及其发展探讨[J]. 电力系统保护与控制,2018. 46(1):162-169.
[2] 彭志强,朱辰. IEC61850 在智能水电厂应用的相关技术[J]. 水电自动化与大坝监测,2011, 35(4):6-9.
[3] 吴维宁,刘观标,路正刚,等. 智能水电厂技术导则[M]. 中华人民共和国电力行业标准(DL/T1547-2016), 2016: 2.
[4] 潘伟峰,孙尔军,朱传古,等. 智能水电厂主设备状态监测与状态检修技术浅析[J]. 水电与抽水蓄能,2017. 3(3):29-34.
[5] 潘伟峰,孙尔军,朱传古,等. 智能水电厂摆振保护与状态监测装置典型设计[J]. 水电与抽水蓄能,2018. 4(4):48-53.

作者简介:

卢彦林(1981-),男,甘肃武威人,高级工程师,从事水电厂经营管理、检修技改和维护管理工作;
曹 伦(1988-),男,四川广元人,工程师,从事水电厂运营管理、检修技改和维护管理工作;
王 伟(1987-),男,四川眉山人,工程师,从事水电厂电气二次系统的检修技改和维护管理工作。(责任编辑:吴永红)

[2] DL/T 1658-2016,35 kV 及以下固体绝缘管型母线[S].
[3] DL/T 304-2011,绝缘金属封闭输电线路现场交接试验导则[S].
[4] QGDW 11150-2013,国家电网公司水电站电气设备预防性试验规程[S].
[5] 陈化钢,等. 电力设备预防性试验方法及诊断技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2009. 497-498.
[6] DL/T 664-1999,带电设备红外诊断技术应用导则[S].

作者简介:

王雪松(1989-),男,吉林长春人,阿坝水电开发有限公司,工程师,从事水电站电气一次系统、电气二次系统设备的日常维护、年度检修、技改等方面工作;
张向军(1976-),男,四川乐山人,阿坝水电开发有限公司,高级技师,从事电气一次设备试验,检修、维护,电气设备技改等方面工作。(责任编辑:吴永红)

锦屏一级水电站通过大坝安全定检

日前,世界最高拱坝锦屏一级水电站大坝安全定检会议召开。专家组认为锦屏大坝各项指标符合国家现行规范标准,不存在影响大坝安全的隐患,23 个评价要素均为 a 级,评定为正常坝(A 级),一致通过大坝安全定检。锦屏一级水电站位于四川省雅砻江干流上,是雅砻江中下游水电开发规划的“控制性”水库梯级,从前期勘察、设计施工、至投产运行,历经了半个多世纪的风雨历程,也承载了几代水电人的期盼和心血。锦屏一级混凝土双曲拱坝为世界第一高拱坝,最大坝高 305 米,电站装机容量 3 600 兆瓦。工程于 2005 年 11 月正式开工,2014 年 7 月全部机组投产发电,安全顺利运行至今,在中国水电行业树立了标杆,也是世界大坝建设的里程碑工程,引领中国水电建设技术迈向世界领先水平。

(来源:成都院)