

探究电力系统实时状态估计监控预警系统的设计与实现

于林林¹ 史杰¹ 甘贤德¹ 薛琴¹ 王雄²

1 国网青海省电力公司海西供电公司, 青海 格尔木 816000

2 青海绿能数据有限公司, 青海 西宁 810000

[摘要] 电力供给是保障民生、促进生产、达成经济指标点的根本, 作为当代电力能量系统的 EMS 的重要组成, 作为电力系统运行状态控制、运行安全评估的基础, 电力系统状态估计堪称“实时潮流计算”, 在现代电力系统调度控制过程中承担着重要作用。当前, 电力系统实时状态估计普遍选用 OPEN 3000, 但应用过程中仍有较大优化空间, 文中在 OPEN 3000 基础上分析了当前电力系统实时状态估计监控系统需求, 对电力系统实时状态估计监控预警系统的设计进行探究, 并完成对其可行性的分析, 期望为智能电网建设提供更多参考。

[关键词] 电力系统; 实时状态估计; 监测预警系统; 设计与实现

DOI: 10.33142/hst.v5i2.5972

中图分类号: TM71

文献标识码: A

Exploration on the Design and Implementation of Real-time State Estimation, Monitoring and Early Warning System of Power System

YU Linlin¹, SHI Jie¹, GAN Xiande¹, XUE Qin¹, WANG Xiong²

1 Haixi Power Supply Company of State Grid Qinghai Electric Power Company, Golmud, Qinghai, 816000, China

2 Qinghai Green Energy Data Co., Ltd., Xining, Qinghai, 810000, China

Abstract: Power supply is the foundation of ensuring people's livelihood, promoting production and reaching economic index points. As an important component of EMS of contemporary power energy system and the basis of power system operation state control and operation safety evaluation, power system state estimation can be called "real-time power flow calculation", which plays an important role in the process of modern power system dispatching and control. At present, OPEN 3000 is widely used for power system real-time state estimation, but there is still a large optimization space in the application process. Based on OPEN 3000, this paper analyzes the requirements of the current power system real-time state estimation monitoring system, explores the design of power system real-time state estimation monitoring and early warning system, and completes its feasibility analysis, hoping to provide more references for the construction of smart grid.

Keywords: power system; real time state estimation; monitoring and early warning system; design and implementation

电网调度的过程中专业性和复杂性较高, 必须要通过大量功能子系统之间的耦合来完成调度与管理。当前智能化自动化成为电网发展的核心方向, 只有全面、迅速且准确地对实时运行状态进行监测, 才能够完成其运行趋势的预测和分析, 减少系统运行过程中的不必要损失。电力系统实时状态估计也成为滤波, 利用冗余度提升数据精度完成干扰错误信息的排除, 进行调度系统运行状态的预报以及估计, 该过程由 SCADA 数据监测控制系统完成遥感信息的采集经过采集整理传送至调度中心。不过传统的状态估计过程中由于数据采集误差、电网运行波动等原因的存在会导致所获取信息产生一定的不完整性。而新型电力系统构建的过程中诸多全新元素、全新理论技术的融入也为电力系统实时状态估计监控预警系统的构建提出了全新的挑战, 通过需求分析进行针对性的设计, 方能快速建立功能模型、提高数据采集精度, 保证整个电力调度系统运行的稳定性以及可靠性。

1 电力系统实时状态估计需求

1.1 背景技术

实时监控与预警作为四大类应用中的重要实时应用, 直接影响到调控业务的正常开展。目前围绕实时监控与预警类应用已形成了国网、南网各自的企业标准, 彼此之间有共通之处, 但功能特点各有不同, 尚无行业标准对该类应用进行统筹规范。这不利于总结实时监控与预警类应用在全国各地运行实用化过程中取得的成果, 无法在行业范围内形成合力促进优秀技术成果的继承共享和相互推广, 因此继续亟需统一行业标准以指导业内运行、研发等单位开展工作, 推进系统的标准化和规范化建设。电力系统中的电气设备触头因为闭合状态不佳、接触条件不良、污垢的存在等各种因素而在工作过程中投资过热, 给高压开关柜自身、乃至配电网造成了环境安全隐患, 或者引发重大火灾事故; 假如母排环境温度长期超过会引起强烈氧化反应,

电气设备工作寿命将骤减;假如电缆接口环境温度长期超过,则可能会导致电缆接口爆裂事故,或者引起大面积的断电事件;而光纤互感器也将使用得越来越多,对开关柜内的温湿度传感器环境要求也更高。而随着智能电网的蓬勃发展,即时、自动地收集得到的电力信号将在电力系统正常运行的智能建设中,突显出关键的战略地位。环境温度作为电网运行状况的关键参数,因此必须进行现场检测,而目前的测温系统也大多使用接触式的测温传感器,但由于目前社会对电力系统可靠性的需求也愈来愈高,不能够在因为检测高温电气设备而发生问题后立即停止检测甚至换人。同时,目前的测温控制系统也大多通过如 RS 四百八十五等总线技术将温度控制数据直接传输至变电所的站控中心,并不满足于目前智能变电所建设中温度控制传输和管理网络化的有关规定和 IEC61850 协议。

1.2 OPEN 3000 应用现状

OPEN 3000 建立在 UNIX 系统平台基础之上,是当前电网运行监测的主流,整个 OPEN 3000 系统包含 SCADA 实时监测系统、FES 前置系统、数据处理系统、DTS 调度仿真系统以及人机会话等多个功能模块,不仅具备先进的功能技术能够保证电网系统安全可靠运行,同时在数据查询截取以及处理功能上的表现也是十分的突出,整个数据模块建立有实时数据库、历史性数据库以及图形报表库和描述性数据库。OPEN 3000 工作过程中以电力通信专网为基础,通过遥测、遥信、遥控、遥调的信号表达完成基础操作,通过母线间隔、出线间隔以及主变间隔完成管理维护。业务管理模式如图 1 所示:

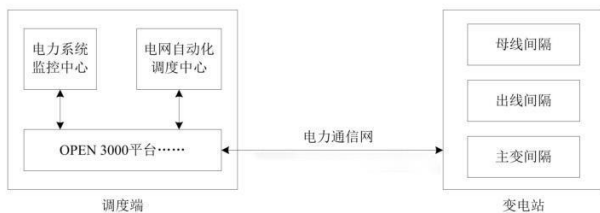


图 1 OPEN 3000 业务管理模式

不过尽管当前的 OPEN 3000 系统能够满足基本的电力系统实时状态估计需求,但在功能上尚未完成间隔状态预测的预测,只经过简单的计算分析难以完成精准地调度业务判断;且分析的过程中容易出现错误分析,实时导出以及查询功能欠缺工作效率不高;在监控预警功能上时效性较低,影响调度系统反应的迅速性。

1.3 功能需求

为有效解决 OPEN 3000 系统弊端,主要的功能需求体现在时效性、准确性以及全面性上,依照 OPEN 3000 的运行根本,重点设计内容首先要保证信息分层功能的完善,主要需求体现在数据通信与解析功能、状态估计与预警监测功能以及数据查看的功能上。在数据通信与解析功能上

应利用 FES 前置子系统完成实时数据的采集识别,在 CIME 格式下解析规范数据结果完成状态估计计算继而经过结果对比进行系统运行信息的判断;状态估计与预警监测功能上及时针对数据解析结果完成实时状态估计,经过估计对比检查错误信息完成故障运行预警。另外,整个系统运行的过程中,数据查看是人机交互的直观体现,也是辅助调度系统完成决策的重要参考,为此在对电力系统实时状态估计监控预警系统进行设计的过程中要满足监测值、错误信息等基本数据的实时查看,通过 FES 子系统传输获取数据视图以及 CIME 文件读取经过科学合理计算公式的运用保证运算过程的准确性、直观性以及简便性,保证人机交互过程的友好性、多样性以及易操作性。

2 电力系统实时状态估计监控预警系统设计

2.1 设计重点

2.1.1 状态估计模型的构建

针对设计需求出发,整个电力系统实时状态估计的重点在于 SCADA 系统准确全面信息的测量并完成冗余信息的干扰排除,该过程中会受到网络模型、大负荷以及通道故障的影响而产生可疑数据,为此在状态估计模型确立之前首先要对前置滤波以及极限值进行检查,保证测量误差的消除从根本上提升状态估计的精准度与实时效率。在状态估计模型建立的过程中首先通过假定数学模型的建立完成数据模型物理表达式的建立,该假定建立在没有误差不良数据产生的基础之上,以加权最小二乘状态估计方法为主求得最佳估计值,通过检测以及辨识完成反复估计迭代直至消灭所有不良数据。

2.1.2 总体结构设计

总体结构设计以分布式为标准完成架构搭建,客户端的搭建从根本需求出发,主要体现在人机交互界面的设计融合。服务端的搭建以提高系统性能为目标,通过多功能部署提升服务端功能性和逻辑性。在网络拓扑实现的过程中保证连接节点类、拓扑节点类、拓扑岛类通过零阻抗实现连接,网络设计的过程中以 C/S 分布式网络机构完成 OPEN 3000 的数据交互处理。在功能模型的设计过程中通过视图层、业务逻辑层以及数据层的建立分别完成对应功能的实现。视图层的设计重点在于原始数据、状态估计结果以及各类监控预警信息的查看;业务逻辑层的重点在于各个功能组件功能的深度发挥;数据层与逻辑视图相对应。整个监控预警系统功能设计图如图 2:

2.1.3 数据库的设计

数据库的设计宗旨在于完成监测、预测以及预警数据的保存,从而提高软件系统的操作性,保证整个电力系统运行过程当中形成有效的参考。在对数据库进行完善设计的过程当中,应遵循必要性、效率性以及完整性的基本原则,将非必要性数据进行简化冗余,最大限度地保留必要性数据存储空间。同时数据库建立的过程当中可以通过适

当的简化方式对大规模的数据表格进行优化,通过自动索引标签的建立提升标签索引工作效率。数据库建立过程中涉及到数据表的设计以及数据逻辑结构的构建,在对数据库进行逻辑结构分析的过程当中,通常以标准化工具以及技术建立关系图完成实体封装。数据表设计建立在逻辑结构基础之上,通过实体关系的合并、拆分按照所选工具以及技术规范,完成定义代码编写执行。

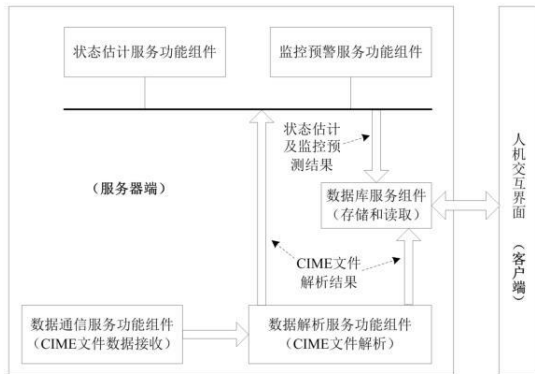


图2 系统功能设计图

2.2 设计细节

2.2.1 数据通信与解析功能模块

电力安全监测及事故预警系统是运用计算机、物联网等新技术构建的一套先进的电力安全监控系统。该系统具有良好的兼容性,既可利用自带设备又可接入其他厂家设备,将所需的所有监测数据整合到一个管理平台上,使原有的多个独立系统融合,实现信息交互,达到提高原有设备性能及效率的目的,更好地实现安全监测及事故预警,是智能变电站和数字化矿山的重要组成部分。系统由安全监测及事故预警软件、计算机、网络数据服务器、多种监测主机及传感器组成,可根据实际工程需要灵活配置组合。为满足整体需求,想要保证数据通信功能的完善,首先要保证 FES 系统中以 CIME 文件为基础的间隔运行状态的数据获取,该过程中以 Java 平台为设计基础,以其“事件/委托”机制为出发点,以 EVENT/Delegate 为委托机制进行 FES 系统数据的监听读取,在关联 Delegate 接口中完成 CIME 运行状态逻辑服务的更新以便于保证 FES 更新内容的及时获取。

在对数据解析框架进行优化的过程中以 CIME 技术规范为出发点,通过 E 语言的处理和表达构建标记框架,在 Java 平台中通过文档对象模型技术的使用完成树形结构的转换,并在数据接口的支持下完成 XML 信息的读取以及解析工作。整个逻辑执行的过程中首先完成数据的缓冲区更新标记工作,根据更新情况判断完成系统运行状态数据的获取,其中的节点属性可以作为状态估计以及监测结果的判断基础,需进行进一步保留。不过由于电力系统的变化性较强,所以要保证频繁的缓冲写入,若该过程中

有缓冲未更新的现象发生则证明整个运行系统出现故障,或者是 FES 读取困难,此时为了有效解决问题需完成空白数据的创建并标记错误。

2.2.2 状态估计与预警监测模块

状态估计与预警监测模块是整个系统的设计核心,该过程建立与数据通信与解析功能基础之上,通过解析的结果按照相应的技术规范以及定律标准完成 P 值计算,一旦在比对分析的过程中发现错误误差则会立即启动预警机制,直接向客户端发送预警信息。有了数据通信与解析功能模块做基础,整个状态估计逻辑设计的过程相对比较简单。首先,通过对原始数据进行结果读取和分析以电气经典数学模型为根本、以电路定律为基础,将所获取的数据信息直接转化为量化计算的估计规则。通过对原始数据的解析确定状态估计的参考标准,通过关联对比完成保存判断。而在此过程当中,可以通过单层缓冲 Cache 的加入保证数据库操作效率的提升和访问压力的减少。

预警过程当中主要是通过电气技术规范以及电路定律建立标准规则,在对所监测数据进行对比和匹配的过程当中完成错误的检查。该过程当中一旦发现错误信息系统会及时形成预警报告完成人机交互界面客户端的传递。错误预警信息包括设备状态间隔状态以及运行错误信息,设置编辑的过程中错误内容标签的编写是重点,标签的设置拥有多个数据项,典型的包括 ID 预警、错误类型以及预警级别等,该设计过程当中逻辑流程主要是通过定义域值和误差值的对比分析结果创建预警信息并完成数据库的关联保存。

2.2.3 数据查看功能设计

该部分功能设计的重点在于保证调度端有效信息的在线查看,是人机交互的具体表现形式。该过程的主要基础就是后台数据库的建立,可以通过 TCP/IP Socket 套接字完成客户端信息的传输并利用 EXCEL 完成在线导出服务。通常而言,Java 数据操作库编码流程较为繁琐且组件功能较为复杂,为了简化编码流程实现检索效率的提升,本设计选用 Hibernate 为持久化组件保证检索效率完成客户端的可视化操作。

3 电力系统实时状态估计监控预警系统的实现

本次设计中的核心技术包含 TCP/IP Socket 套接字通信技术、Java 平台、文档对象模型技术、Hibernate 持久化技术, EVENT/Delegate 代理委托技术等,通过对数据通信与解析功能模块、状态估计与预警监测模块以及数据查看功能设计开发完成了整体监测系统架构设计。设计完成之后以黑百盒为主要测试手段完成系统测试,测试结果表明,升级优化后的 OPEN 3000 克服了原始运行监测弊端,达到与其设定假想。

4 综述

随着智能化以及自动化技术的融入,电力系统日常调度过程当中面临着全新的挑战,本文着重分析了当前电力

系统实时状态估计相应的功能实现测试,通过对现有监测系统的需求分析,在大量数据积累、软件开发以及电器理论技术的应用基础之上针对性地提出优化改进措施,经过实现测试,设计后的监测系统在原有基础之上功能得以加强,完成了电力系统调度的辅助,具备广阔的发展空间。

项目基金: 国网青海省电力公司科技项目资助(52280620009J)

[参考文献]

- [1]张松伟. 电力系统不良数据检测与辨识方法研究[D]. 北京:西南交通大学,2020.
- [2]李慧,宋胜弟. 试论电力调度运行的安全风险防范与应对策略[J]. 科技展望,2016,26(34):84.
- [3]蔡永智. 分布式电力系统状态估计研究[D]. 河北:华南理工大学,2016.

作者简介:史杰(1989-)男,本科,工程师,研究方向为企业运营监测管理与数据挖掘;张艳霞(1980-)女,本科,副高级工程师,研究方向为企业运营监测管理与数据挖掘;薛琴(1984-)女,本科,工程师,研究方向为企业运营监测管理与数据挖掘;于林林(1989-)女,本科,工程师,研究方向为企业运营监测管理与数据挖掘。