

# 电网调度自动化实时信息分析与评估系统的研究

刘洋<sup>1</sup>, 卢建刚<sup>1</sup>, 黄凯<sup>2</sup>

(1. 广东省电力调度中心, 广东 广州 510600; 2. 南京南瑞继保工程技术有限公司, 江苏 南京 211103)

**摘要:** 介绍了一种分析电网调度自动化实时信息准确性的方案, 通过对电厂、变电站的实时数据进行关联性分析, 及时识别失准、异常信息, 准确指引故障处理, 并且采用信息准确率指标定量地评价出全网的自动化水平。该方案构建了一个基于CIM/XML模型的在线评估系统, 不同型号的EMS系统的实时信息都能在该系统上进行分析与评估, 因而具有推广性。实践结果证明了该方案的可行性和正确性。

**关键词:** 调度自动化; 实时信息分析; 准确性; 评估; CIM/XML

## Research of real-time information analysis and assessment system for power network dispatching automation

LIU Yang<sup>1</sup>, LU Jian-gang<sup>1</sup>, HUANG Kai<sup>2</sup>

(1. Guangdong Electric Power Dispatch and Communication Center, Guangzhou 510600, China;

2. Nari-relay Engineering and Technique Co., Ltd, Nanjing 211103, China)

**Abstract:** A scheme to analyze the accuracy of real-time information for power network dispatching automation system is proposed in this paper, which identifies the incorrect telemetric data from power plant and substations based on the correlation analysis and guides troubleshooting. In addition, it justifies the automation level quantitatively by using the index of the accuracy rate of real-time information. Based on it, an on-line evaluation system based on CIM/XML is established, which is applicable for kinds of EMSs for real-time information analysis and assessment. The results show its feasibility and validity.

**Key words:** dispatching automation; real-time information analysis; accuracy; assessment; CIM/XML

中图分类号: TM734 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)08-0038-05

## 0 引言

准确的实时信息是调度员监控的直接依据, 同时也是调度自动化高级应用的基础数据。近年来, 自动发电控制、调度员潮流、静态安全分析、负荷预测、自动电压控制、动态安全评估等分析软件的应用日益广泛和深入。2008年, 广东省调调度员潮流使用次数达到35 366次。可见, 面对日益复杂和飞速发展的电网, 调度运行人员越来越依赖强有力的调度自动化系统实现科学调度, 因而对数据的准确性提出了更高的要求。

截止到2009年5月, 广东省网调度自动化系统接入341个厂站, 共计直采、转发34083个遥测量和49 217个遥信量。对于如此庞大的采集规模, 正确有效地评估实时数据的准确性, 对于提高基础自动化水平有着极为重要的作用。

## 1 信息准确率评估算法

广东省调在SD-6000调度自动化系统上开发的“电网调度自动化信息分析考核系统”建立了厂站数据评估标准, 为维护人员提供了快速定位故障信息点的方法, 然而在指标评估和故障定位方面仍有值得完善的地方。如: 1) 厂站得分值等于满分减去被考核项总数, 这样就存在同一个测点因为不同的考核项被重复扣分的可能, 而且无法直接反映出不同接入规模的厂站的真实的信息准确性水平。2) 其测点考核方法可以列出各测点的得分情况, 并根据得分的高低判断哪些测点可疑, 但不能直接判断出哪个测点数据错误。

改进的评估算法考虑以下几点因素:

- 1) 其指标应能反映电网数据接入规模;
- 2) 能准确定义数据是否正确, 并区分多源数据中哪些错误需要优先处理;

- 3) 能反映不同时间断面的信息准确水平;
- 4) 能反映不同区域信息准确性水平。

本文在继承原信息考核系统思想的基础上, 对评估算法进行了扩展和改进, 并最终构建了一个独立于现有 EMS 系统的评估系统。

### 1.1 信息准确率指标的建立

电网监视的数据主要为遥测和遥信, 因此提出一种概念清晰而实用的指标:

$$\text{信息准确率} = \left(1 - \frac{\text{EMS数据错误点数}}{\text{遥测遥信总点数}}\right) \times 100\% \quad (1)$$

其中: 分母为有效的遥信遥测数目; 分子为错误的遥信遥测数据数目。

1) 公式 (1) 直接反应出错误数据在电网接入规模中占的比重, 适用于大区级、省级、地区级、县级调度自动化系统。

2) 采用熟数据数目作为分子和分母。考虑到当数据有多个来源时 (如本端直采、地调转发、对端采集等), 真正影响调度运行的是 SCADA 处理后得到的结果, 同时该结果也是状态估计预处理所使用的的数据源, 与高级应用软件的计算准确性有密切关系。因此首要任务是确保该数据正确, 数据维护目标明确, 有指导性。

3) 从该指标可以推导出其他指标, 满足不同的统计需求。以省级电网为例, 可以得到全省、各地区、各厂站的日、月、年运行准确率指标, 方便掌握全省基础自动化水平。如:

$$\text{全省日准确率} = \left(1 - \frac{\text{全省日错误测点数}}{\text{全省遥测遥信总数}}\right) \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{全省月平均准确率} = \frac{\text{1月内全省日准确率之和}}{\text{天数}} \quad (3)$$

### 1.2 测点评分算法

信息准确率指标关键在于如何判断出某测点是否错误。可将测点分为以下类型: 开关刀闸、线路有功、线路无功、线路电流、变压器有功、变压器无功、变压器电流、变压器档位、母线电压、电容电抗器无功。

对每种类型的测点进行可信度打分, 当可信度小于或等于阈值时, 认为该测点错误。由于可信度的得分有加分也有减分, 如果量测刚好无效则该判断依据不参加计算, 因此每种测点的可靠度阈值应权衡量测无效时也能判断出错误数据。为避免一天内对同一测点的重复性扣分, 采用周期计算的方式, 取平均值作为当天的日准确率。

以开关刀闸为例, 见表 1, 当开关刀闸类测点可信度小于或等于-3 分时, 认为该测点为错误测

点。其他类型的测点分析类似, 本文中均取-3 分作为可信度阈值。

表 1 开关刀闸测点可信度评分规则

序号	判断依据	可信度得分
1	与预处理结果不一致	-1
2	母线周边设备量测有效, 母线有功平衡	+1, 否则-1
3	母线周边设备量测有效, 母线无功平衡	+1, 否则-1
4	对状态估计的可疑数据, 如计算值为 0 但量测值超过阈值, 则将该量测所对应设备连接的开关刀闸	-1
5	如果为双位开关刀闸, 且双位均有效, 若双位不相反	-1

### 1.3 测点评分的科学性

文献[1]给出了测点考核的 17 项判据, 但没有论证测点评分的科学性和合理性。本文以母线有功不平衡、线路有功不平衡、PQI 不匹配展开论述。

#### 1.3.1 母线有功不平衡

$$\sum_{j \in i} P_j > \varepsilon_{\text{Pbus}} \quad (4)$$

式中:  $P_j$  是母线  $i$  的净有功注入;  $\varepsilon_{\text{Pbus}}$  为母线有功不平衡阈值。

该判据符合基尔霍夫电流定律, 如果出现母线有功不平衡, 则存在三种情况:

- 1) 母线上所连接的线路有功、变压器有功、负荷有功出现了 1 个或多个有误的情况。
- 2) 母线上连接的开关、刀闸遥信出现错误, 导致有的设备的有功没有参与母线有功平衡的统计。
- 3) 上述两种情况都存在。

#### 1.3.2 线路本对端有功不平衡

$$P_i - P_j - P_{\text{loss}} > \varepsilon_{\text{Pline}} \quad (5)$$

式中:  $P_i$  是支路  $ij$  的  $i$  端流出的有功;  $P_j$  是支路  $ij$  的  $j$  端流入的有功;  $P_{\text{loss}}$  是支路  $ij$  的有功损耗;  $\varepsilon_{\text{Pline}}$  为线路本对端有功不平衡阈值。

该判据同样符合基尔霍夫电流定律, 如果出现线路有功不平衡的情况则说明线路两侧的有功量测有误。

#### 1.3.3 PQI 不匹配

$$I_{\text{cal}} - I_{\text{scada}} > \varepsilon_{\text{Ibay}} \quad (6)$$

式中:  $I_{\text{cal}}$  是根据变压器卷/线路的有功、无功及所连母线电压计算的电流值;  $I_{\text{scada}}$  是量测的电流值;  $\varepsilon_{\text{Ibay}}$  是 PQI 不匹配阈值。

该判据符合基尔霍夫电压定律, 根据线路/变压

器卷上的有功、无功、电压可以根据基尔霍夫电压定律计算出电流值，如果计算的电流值和采集的电流测量误差较大，则说明电流量测、电压量测、有功量测、无功量测中的一个或多个出现采集错误。

在上述三种判据中，对母线有功平衡、线路有功平衡、PQI 匹配的情况，可以把相关量测和遥信进行加分；反之，对于出现不平衡和不匹配的情况进行扣分，这样系统中的有功、无功、电流、电压、遥信在不同的规则下会出现不同的加分和扣分的情况，最终会出现不同的得分，厂站中扣分最多的点则是有问题的测点，通过可靠度门限值可进一步推出错误测点。

### 1.4 对量测时延问题的考虑

一般通过 RTU 直接采集的数据有 1~5 s 的延时，量测数据经过了站端采样、发送、通讯、主站接受、主站处理和存储，如果全部数据通过 RTU 采集，数据不同时性在 5 s 以内，在电网正常运行条件下，该时延引起的数据偏差较小，静态状态估计中一般不考虑此时延的影响，认为数据偏差全部是由于数据测量引起的。

互联电网中存在转发数据，转发数据需要由其它控制中心把数据按照一定的转发周期转发，其增加的时延包括：转发周期、转发、通讯、接受和 EMS 的处理和存储，其产生的数据偏差较大，就不可忽略。例如：某西电东送双回联络线，单线输送功率从上午 10 点 500 MW 上升到 11 点 800 MW，其单线每分钟延时产生功率偏差 5 MW(300 MW/60 min)，每分钟延时产生总功率偏差 10 MW。西部电网转发到东部的数据和东部电网直接采集的数据功率失配，如果转发延时达到 10 min，那功率不平衡就达到 100 MW，单个量测偏差不会影响状态估计的准确性，但是我国电网实行分级管理，各级 EMS 系统维护自己管辖范围的电网模型和数据，外网模型和数据只能通过 EMS 间的数据交换来获得，这种数据交换延时引起的误差必然不会是个别量测，如此大的偏差如果作为状态估计的基础量测数据必然会影响状态估计的准确性。

目前，针对量测时延补偿的状态估计方法尚处于理论研究阶段<sup>[2-4]</sup>，而实践中较有效的方法则是对量测数据进行准确性评估，消除明显错误的数，使之不干扰正常监视和状态估计计算。

## 2 系统架构设计

### 2.1 系统架构

本系统设计思想是构建一个跨平台、即插即用、结构精简、与 EMS 系统独立的应用软件。该软件

以 RCS-9001 调度自动化系统为平台开发，可以运行在 SUN, HP, IBM 等机型及 UNIX, Windows, linux 等不同操作系统上。它与 EMS 之间以 CIM/XML 和 E 格式完成电网模型和数据的交换，实现了系统的免维护。具有友好的画面展示、数据导出、报表、定制等功能。

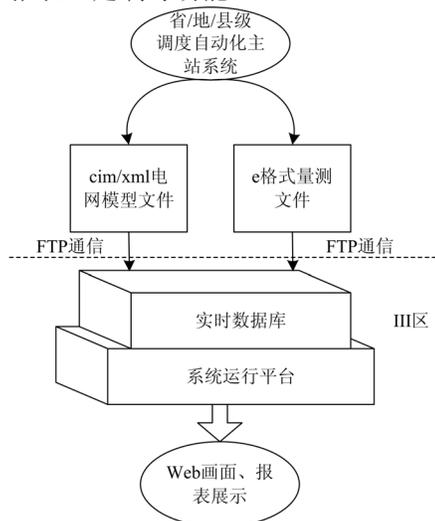


图 1 电网调度自动化实时信息分析与评估系统架构  
Fig.1 Structure of real-time information analysis and assessment system

当 EMS 电网模型发生改变时，自动在 III 区生成基于 CIM/XML 的电网模型文件，通过 FTP 方式传到 III 区，导入评估系统的实时数据库，自动验证发布；EMS 的 SCADA 量测则以 E 格式周期性生成断面文件，自动导入数据库，进行实时关联性分析，并利用小节 2 中的算法得到省网、地区、厂站的实时信息准确率，错误测点信息，错误原因以及相关指标的统计报表，最终在 web 上展示。

### 2.2 基于 CIM/XML 的模型交换

CIM 使用统一建模语言 (UML) 定义了与电力系统相关的各种类以及它们之间的相互关系，通过它就可以用各种面向对象的编程语言来描述电力系统中的不同对象<sup>[5-7]</sup>。为了实现应用系统之间的数据交换，采用 XML 来实现电力系统中各种对象的描述，这就需要有一个描述的模式 Schema，也就是所说的 CIM RDF Schema。在公用信息模型的 501 部分定义了从 UML 模型生成 Schema 的规则，从而实现了 CIM 到 RDFSchema 的映射。CIM RDFSchema 一旦确定，则 CIM/XML 语言已经确定，只要所有的 XML 文档遵循该 CIM RDF Schema，就能保证所有应用对 CIM 文档数据语义理解的一致性，实现数据的交换共享。

虽然 CIM 中有 MEAS 的类包，也可以用于交

换量测, 但在实践运行中, 只有电网结构或者参数发生变化时才需要更新模型, 而量测则是实时更新的, 而且量测信息结构简单, 因此, 用自定义 E 格式传输量测文件效率更高。

### 3 实例

图2所示为广东省调 500 kV 东莞站在某运行时刻 220 kV 部分的截面图, 间隔 2201~2204 表示变压器 1~4 的中压侧, 即 220 kV 部分。通过该实例说明系统如何评估该厂站的信息准确水平以及指导数据的维护。

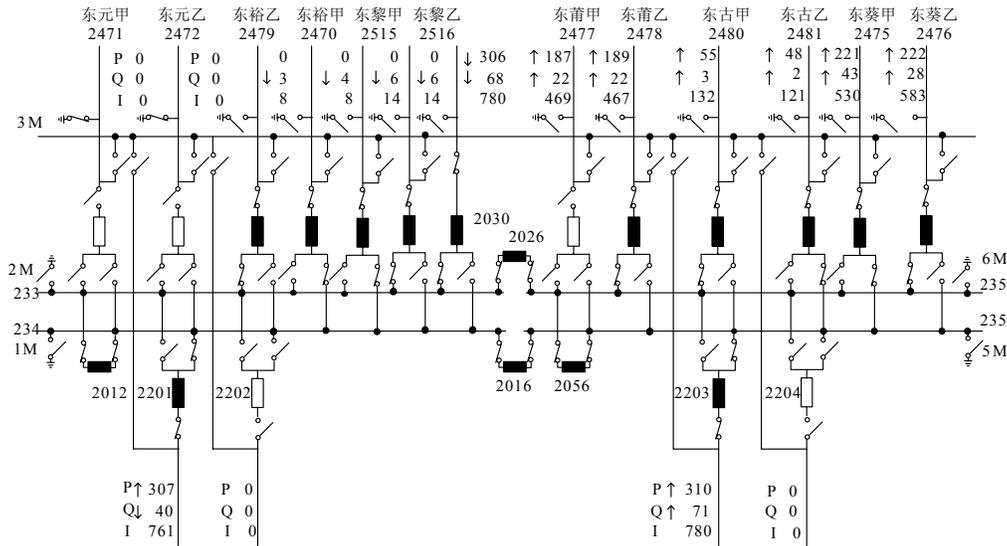


图 2 东莞站 220 kV 部分截面图

Fig.2 Profile of Dongguan 220 kV substation

表 2 东莞站当日信息准确率情况

Tab.2 Accuracy rate of Dongguan substation

厂站名	日准确率	总遥信遥测数	错误遥信数	错误遥测数
东莞站	99.78%	458	1	0

表 3 东莞站测点得分表 (≤可信度门槛)

Tab.3 Score of measurement

测点名	设备类型	值	可信度得分
2204-3	刀闸	分	-3

表 4 东莞站厂站明细表

Tab.4 Detailed conclusion of Dongguan substation

设备名	考核项	考核明细
M25	母线有功不平衡	单位: MW 不平衡量 314.93
M25	母线无功不平衡	单位: Mvar 不平衡量 192.49
#4 变	变压器有功不平衡	单位: MW 变高侧: 316.82 变中侧: 0 变低侧: 0
#4 变	变压器无功不平衡	单位: MW 变高侧: 70.66 变中侧: 0 变低侧: 0
2204-3	开关刀闸不对位	SCADA: 分 实际: 合
KG2030	开关刀闸不对位	旁路开关刀闸合, 但无其他旁刀合
2477	远动数据未选中	更新未选中 直采: 189 MW
2204-3	多源数据误差大	直采: 分 转发: 合

表 2 反映了当日东莞站信息准确率情况, 全站有 458 个熟数据, 其中错误数据 1 个, 为遥信错误。然后可以在表 3 中查到错误测点为“4#变压器的旁路刀闸 2204-3”。其可信度得分情况为 220 kV 的 5 号母线有功、无功不平衡各扣 1 分, 刀闸状态与预处理结果不同扣 1 分, 故可靠度为-3 分, 该测点错误。此时, 只反映了错误的熟数据, 即需要优先处理的错误。详细的错误原因分析以及其它数据源中的可疑数据则在表 4 中列出。由表 4 可以看出, KG2204 应该被旁母代路, 但是由于 2204-3 旁刀直采数据错误, 且因优先级最高而被选中, 因此造成了 220 kV 母线有功无功的不平衡, 以及 4#变压器有功无功的不平衡。此外, 还发现东莆甲线 2477 有功的直采数据正确, 但是却未被 EMS 选中, 说明该直采数据曾经有问题, 而被置数或者强制选中了其他数据源。该项内容可以用于防止故障处理完毕之后因为人为疏忽而忘记恢复现场带来的风险。

### 4 结论

1) 介绍了一种实用的信息准确率指标, 分析了指标的计算方法, 通过构建基于 CIM/XML 的在线评估系统实现了算法的功能, 能实时评估自动化水

平,有效定位故障,并对错误现象予以提示。既能从管理角度实现对信息准确性的定量评估,以 web、报表等方式显示及存储,又能指导运行维护,减轻人员的工作量。该系统在广东省调的运行结果表明,该方法可行有效,对调度自动化水平的评估和系统维护起到了积极作用。

2) 根据厂站、测点的得分规律可以进一步挖掘错误数据产生的主要原因,如结合设备台帐可以评估不同厂家的测控装置可靠性水平,有利于对有普遍性的装置缺陷制定全省的反事故措施。

3) 具有推广意义,适用于各级电网调度自动化系统,有利于提升全省的厂站自动化水平,已在茂名等地实施推广。

4) 采用 CIM/XML 和 E 格式规范进行模型和数据的导入导出,解决了异构的自动化系统之间数据交换和共享困难的问题,使得构建省地互联的信息准确率评估体系成为可能。

参考文献

[1] 卢建刚,黄凯,张辉,等. 电网调度自动化信息分析考核系统[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (10): 89-93. LU Jian-gang, HUANG Kai, ZHANG Hui, et al. Information Analysis and Assessment System for the Power Network Dispatching Automation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (10): 89-93.

[2] 兰华,李积捷. 电力系统状态估计算法的研究现状和展望[J]. 继电器, 2007, 35 (10): 78-81. LAN Hua, LI Ji-jie. Status Quo and Prospect of Algorithm of Power System State Estimation[J]. Relay, 2007, 35 (10): 78-81.

[3] 李大虎,曹一家. 基于 SCADA/PMU 混合量测的广域动态实时状态估计方法[J]. 电网技术, 2007, 31 (6):

72-78. LI Da-hu, CAO Yi-jia. Wide-area Real-time Dynamic State Estimation Method based on Hybrid SCADA/PMU Measurements[J]. Power System Technology, 2007, 31 (6): 72-78.

[4] 周苏荃,张艳军. 新息图状态估计中多相关不良数据辨识[J]. 电力系统及其自动化学报, 2008, 20 (4): 1-6. ZHOU Su-quan, ZHANG Yan-jun. Multiple Interacting Bad Data Identification for Innovation Graph Technique [J]. Proceedings of the CSU-EPSSA, 2008, 20 (4): 1-6.

[5] 钱锋,唐国庆,顾全. 基于 CIM 标准的多级电网模型集成分析[J]. 电网技术, 2007, 31 (12): 69-73. QIAN Feng, TANG Guo-qing, GU Quan. Analysis on Integration of Multilevel Power Network Model Based on CIM[J]. Power System Technology, 2007, 31 (12): 69-73.

[6] IEC 61970-40 : EMS API-Part 1 301, Common Information Model (CIM) Base[S].

[7] 辛耀中. 新世纪电网调度自动化技术发展趋势[J]. 电网技术, 2001, 25 (12): 1-10. XIN Yao-zhong. Development of Trend of Power System Dispatching Automation Technique in 21st Century[J]. Power System Technology, 2001, 25 (12): 1-10.

收稿日期: 2009-06-04; 修回日期: 2009-10-10

作者简介:

刘洋(1982-),女,工程师,工学硕士,主要从事电网调度自动化系统的运行维护工作; E-mail: judy\_liuy@126.com

卢建刚(1970-),男,高级工程师,主要从事调度自动化系统的开发、运行、管理工作;

黄凯(1978-),男,工程师,工学硕士,主要从事 EMS 应用软件开发工作。

(上接第 37 页 continued from page 37)

YE Zhen-feng, LEI Huai-gang. Brushless DC Motor Control System Based on the Matlab Simulation [J]. Micro-electrical Motor, 2006(3): 19-21.

[5] 唐宗全. 基于模糊控制的无刷直流电机调速系统的研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2007. TANG Zong-quan. Brushless DC Motor Control System Based on the Fuzzy Control[D]. Xi'an: Northwest Industrial University, 2007.

[6] 邵桂荣. 基于Matlab的模糊控制系统的设计及仿真[J]. 重庆工学院学报, 2007(5): 51-54. SHAO Gui-rong. Design and Simulation of Matlab Based Fuzzy Control System[J]. Journal of Chongqing University of Technology, 2007(5): 51-54.

[7] 马晓光,孟伟,朱昌东. 模糊控制技术在电动机节能中的应用[J]. 继电器, 2001,29(1): 34-35,49.

MA Xiao-guang, MENG Wei, ZHU Chang-dong. Application of Fuzzy Control Technique in Energy Saving of Motor [J]. Relay, 2001,29(1): 34-35,49.

[8] 金岫,邓志良,张鸿鸣. 基于模糊PID控制的同步发电机励磁控制系统仿真研究[J]. 继电器, 2007,35 (19): 13-15,21. JIN Xiu, DENG Zhi-liang, ZHANG Hong-ming. Simulation of Synchronous Excitation Controller Based on Fuzzy-PID Control[J]. Relay, 2007, 35(19): 13-15,21.

收稿日期: 2009-05-20; 修回日期: 2009-09-02

作者简介:

支长义(1964-),男,硕士,副教授,从事电测仪表与控制方面的研究与开发;

王瑞玲(1981-),女,硕士研究生,从事电机控制方面的研究。E-mail: wrling@163.com