

基于多源数据及模糊匹配的安稳运行状态智能巡检系统

张海宁¹, 周忠宁¹, 冯佳男¹, 祁忠¹, 杨毅²

(1. 国家能源电力控制保护研发中心(南京南瑞继保电气有限公司), 江苏 南京 211102;

2. 国网江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103)

摘要:针对电力系统数据来自多个源头、现场运行维护人员日常巡检工作量大、人工核查出错率高的问题,研究了一种模糊匹配技术,模糊匹配多种数据源的数据并导入为基准值,定时巡检与基准值进行比对,对巡检周期内的巡检信息进行自动整理、智能分析,形成多种巡检报告并以 Web 方式展示。该技术具有匹配速度快,准确率高,混淆率低的特点,在广东电网获得了成功应用,有效替代了运行维护人员对电网安全稳定装置的日常巡检、定检及年检等工作,减少了人为参与,降低了现场运维人员核对的工作量及人工核查出错率,提高了工作效率。

关键词:基准值;多源数据;模糊匹配;智能巡检;巡检报告

中图分类号:TM73

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2017)06-0096-04

0 引言

电力系统稳定控制技术的不断发展提高了系统的稳定水平,安全稳定控制装置已成为电力系统控制环节中不可缺少的第二、三道防线。安全稳定控制装置的运行管理至关重要,是确保系统稳定运行的重要因数^[1]。

通过定期或不定期巡检掌握电网安稳装置的运行工况,及时发现装置缺陷隐患,采取有效措施确保安稳装置的安全、可靠、稳定运行。目前巡检工作主要采取运维人员到变电站现场人工巡检的方式,巡检内容包括检查安稳装置的当前运行定值是否与定值单一致,安稳装置有无异常告警信号,压板投退是否符合调度命令要求以及统计装置动作情况等。人工巡检有工作量大、工作效率低、检测质量分散、管理成本高等不足^[2-4]。因此迫切需要一种智能巡检系统辅助运维人员开展电网安全稳定装置日常巡检、定检及年检等工作,尽量减少人为参与,降低运维人员核对工作量及人工核查出错率,提高工作效率^[5]。

1 系统架构

基于多源数据及模糊匹配的安稳运行状态智能巡检系统如图 1 所示,主站设于电力公司调度中心或继保处办公室,安自装置分别设于每个变电站中,主站和各安自装置间通过电力数据网或专线电话网连通。

根据全国电力二次系统安全防护总体框架及

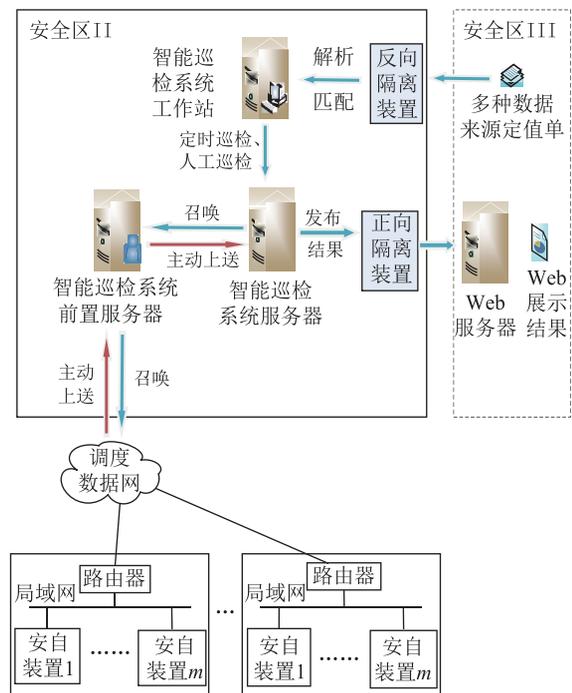


图 1 系统架构

Fig.1 Diagram of system structure

其核心思想,整个电力二次系统分为 2 个大区和 4 个安全工作区。生产控制大区包括安全区 I (实时控制区)和安全区 II (非控制生产区);管理信息大区包括安全区 III (生产管理区)和安全区 IV (管理信息区)。为强化安全区之间的隔离,采用不同强度的网络安全设备(如硬件防火墙及正向、反向电力专用安全隔离装置等),使各安全区中的业务系统得到有效的保护^[6]。

如图 1 所示,智能巡检系统的巡检功能在安全区 II,Web 服务器在安全区 III,智能巡检系统与 Web 服务器间采用正向隔离装置隔离,数据单向流

动,从物理上保证了系统安全。同时多种数据源的定值单可以通过反向隔离装置传送到安全Ⅱ区。

根据电力系统特有的对象层次关系和字符串特征,系统使用智能模糊匹配技术将来自能量管理系统(EMS)、保信系统、安自系统等多种源头的数据进行智能匹配,对安自装置运行状态量和 EMS 电气量动态设置基准值,在巡检周期内对信息进行自动整理和智能分析,形成巡检报告。通过报告中的异常告警信息、动作/启动信息、开入状态、模拟量采样值、压板投退状态、定值、录波数据等详细信息,对设备的运行状态进行评价,为日常巡检、专业巡检提供报告支撑,最终通过网页(Web)方式展示巡检结果。

2 系统功能

在变电站层次,数据来自多个源头,包括远动机、向量采集单元、保护装置、稳控装置等,各数据来源都有各自的数据模型,各数据模型由不同的部门分别维护,不利于数据共享和融合。

在主站层次,EMS、保信系统、安自系统、广域监测系统系统(WAMS)等也各自维护数据模型,并没有统一的标准模型,各系统进行状态评估时选用的模型、数据来源及评价指标差别较大。因此建立统一状态评估模型,需要基于模糊智能匹配技术实现多种数据来源的数据模型自动匹配,从而最终实现统一的安稳运行状态评估。

以定值单为例,如图2所示,定值单具有多个来源,包括当前运行状态值、保信系统导出定值单、安自系统定值单、RelayCAC(一种整定软件)定值。

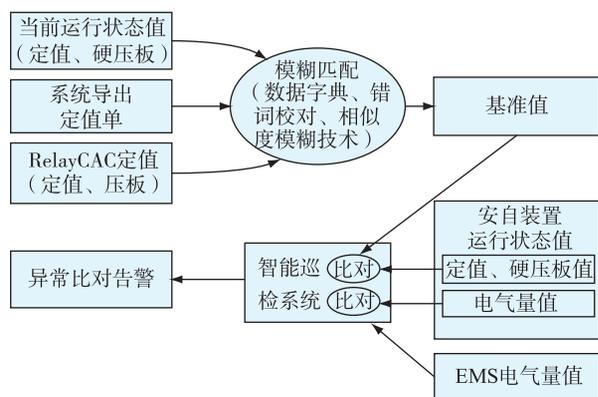


图2 工作原理

Fig.2 Diagram of working principle

智能巡检系统将多源数据获得的数据模型和安稳主站数据模型进行智能匹配,并自动定期导入智能巡检系统中,保存为基准定值。采用自动周期或手动触发召唤目标保护装置的当前状态量,与

基准值进行对比,输出核对结果并可方便查询核对结果,生成核对报表、数据不一致告警,对异常状态及时采取有效措施,保证电网安全。

3 模糊匹配

安稳模型一般以地区—厂站—一次设备—装置—状态量作为匹配对象,对象之间有严格的层次关系和明显的特征字符串。比如地区中往往含有“XX市”、“XX城区”、“XX地区”、“XX区”等特征字符串;厂站中含有“XX变”、“XX站”、“XX厂”、“XX电厂”等特征字符串;一次设备含有“XX线”、“XX回”、“XX变”、“XX母”等特征字符串。由于人工因素影响,同一条线路在不同的数据模型中被命名为不同的线路,例如“金围Ⅱ回”、“金围Ⅱ回”、“金围2回”和“金围Ⅱ线”表示同一条线路。

传统算法未考虑字符串的严格数据层次关系,也未利用电力系统中的多源数据模型的特征字符串的特点,效率较低。本系统采用模糊匹配方法,首先设定数据的层次,包括地区、厂站、一次设备、装置和状态量等。再设立数据字典,每个层次的数据有不同的容易混淆的词语。例如对于线路,将“线”和“回”统一替换为“线路”,“Ⅱ”和“Ⅱ”和“二”统一替换为“2”,“kv”和“kV”和“千伏”统一为“KV”。然后根据不同层次的特征字符串数据,设定不同的权重。

如式(1)相似度计算公式所示,定义 X 为当前系统数据模型数据, Y 为多源系统数据模型数据。式中: R_i 为特征值; $K(R_i)$ 为特征值的权重指数; $f(R_i, X, Y)$ 为根据 R_i 特征值计算的 X 和 Y 的相似度; $\text{Sim}(X, Y)$ 为 X 和 Y 的相似度,是各特征值的相似度乘以权重指数的总和。

$$\text{Sim}(X, Y) = \sum_{i=1}^n f(R_i, X, Y) K(R_i) \quad (1)$$

如图3所示,智能模糊匹配时,按照地区—厂站—一次设备—装置—状态量层次逐级进行匹配,然后根据每一层次查找数据字典,替换易混淆字符,对于匹配的字符串按照正向最大匹配算法进行分词操作,逐层抽取关键字作为特征值建立Trie搜索树。对每个特征字符串进行相似度计算,每种特征值都有一个对应的权重指数,对各特征值的相似值求和^[7-10]。相似度可以调节,一般相似度达到0.9即认为匹配结果可行。部分字符串还需要进行逆序搜索比对,例如“110 kV”和“220 kV”中“kV”之前的字符进行逆序搜索,换算成数字后进行比对,数字相等时可以增加其相似度。

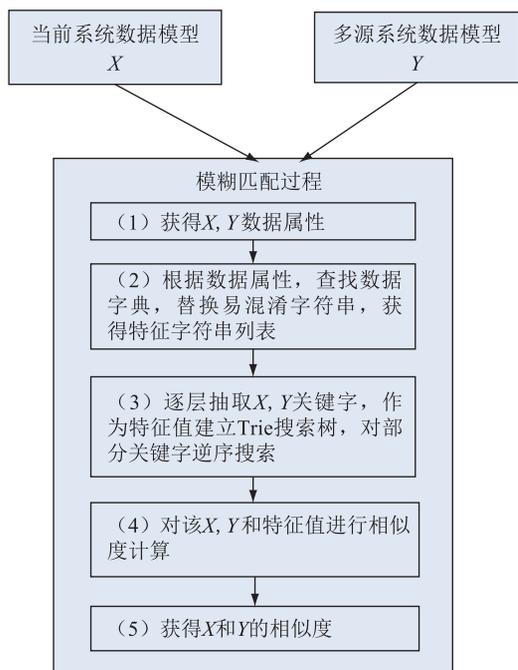


图3 模糊匹配过程

Fig.3 Diagram of fuzzy matching process

模糊匹配包括两个方面：一是数据字典^[11]查询,量化模糊知识,通过自学或人工方式将相似度高的特征加入规则库,以相对精确的数据表示^[12],通过模糊匹配关键字作为特征值来查找相似词目,得到相应信息;二是编辑时对拼错词进行校对,通过查找相似的一系列可选的词汇供用户改正^[13],对容易混淆的字符串按预处理规则进行数据替换。与其他匹配方法相比,该方法具有匹配速度快,准确率高,混淆率低的特点。在东莞电网中,对85个变电站的EMS、保信系统和安稳系统进行智能匹配,所需时间只要213 s,匹配正确率达到98.3%,大大减轻了现场工作人员的人工匹配工作量。

4 巡检结果 Web 展示

随着 Internet /intranet 技术的普遍应用,各种应用系统都朝着基于 Web 的方向发展。针对管理信息量大、类型多等特点及建立网络化管理信息系统的必要性,提出了以浏览器、Web 服务器和数据库服务器构成的基于 Web 的管理信息系统^[14]。基于 Web 技术的浏览器/服务器(B/S)模式可有效克服客户端/服务器(C/S)模式的缺点,可在企业网上运行接入互联网,实现异地和远程访问。B/S 是一种全新的体系结构,解决了跨平台问题,通过浏览器可访问几个应用平台,形成一点对多点,多点对多点的结构模式。B/S 是一种瘦客户机模式,其特点包括易于维护管理,开发效率高、周期短,无需开发客户端软件,具有平台无关化和开放性。

巡检系统的 Web 展示主要负责对系统中安稳运行状态的巡检报告进行查询管理的功能,包括查询特定保护动作和异常告警信息,并对开入量巡检和定值巡检的结果提供统一的查询终端,支持查询结果的保存打印等功能。

5 结语

该系统采用模糊匹配技术将多种数据源的数据匹配起来形成基准值,并定时巡检和进行基准值比对,有效替代了运行维护人员对电网安全稳定装置的日常巡检、定检及年检等工作。通过自动实现智能巡检的检查项目,减少了人为参与,降低了现场运维人员工作量和人工核查处错率,提高了工作效率。通过设备状态巡检,及时掌握设备危险点及老化趋势,尽量使设备在故障前被检修,以提高设备可靠性及保障电网安全。

该安稳运行状态智能巡检系统在广东电网投入运行后,运行稳定,具有安全可靠、维护方便、服务器及网络负荷小、可维护性强、Web 展示灵活方便等优点。

参考文献:

- [1] 张海宁, 笃峻, 祁忠, 等. 稳定控制信息管理系统的 Web 发布系统[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(2): 128-131.
ZHANG Haining, DU Jun, QI Zhong, et al. Web publishing system of power security and stability control system [J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(2): 128-131.
- [2] 周立辉, 张永生, 孙勇, 等. 智能变电站巡检机器人研制及应用[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(19): 85-88.
ZHOU Lihui, ZHANG Yongsheng, SUN Yong, et al. Development and application of equipment inspection robot for smart substations [J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(19): 85-88.
- [3] 沈飞飞, 吕培强. 配网状态巡检手持智能终端的实践与探索[J]. 江苏电机工程, 2012, 31(5): 53-54.
SHEN Feifei, LV Peiqiang. Research and practice of distribution system state patrolling hand-held intelligent terminal [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2012, 31(5): 53-54.
- [4] 潘乐真, 鲁国起, 张焰, 等. 基于风险综合评判的设备状态检修决策优化[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(11): 28-32.
PAN Lezhen, LU Guoqi, ZHANG Yan, et al. Decision-making optimization of equipment condition-based maintenance according to risk comprehensive evaluation [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(11): 28-32.
- [5] 李明, 韩学山, 杨明, 等. 电网状态检修概念与理论基础研究[J]. 中国电机工程学报, 2011, 31(34): 43-52.
LI Ming, HAN Xueshan, YANG Ming, et al. Basic concept and

- theoretical study of condition-based maintenance for power transmission system [J]. Proceedings of the CSEE, 2011, 31 (34):43-52.
- [6] 朱世顺,林为民,张涛. 跨区安全数据传输系统的设计与实现[J]. 水利电力机械, 2006, 9(28):65-68.
ZHU Shishun, LIN Weimin, ZHANG Tao. Design and realization of the across area safety data transmission and its construction [J]. Water Conservancy & Electric Power Machinery, 2006, 9(28):65-68.
- [7] 陈开渠,赵洁,彭志威,等. 快速中文字符串模糊匹配算法[J]. 中文信息学报, 2004, 18(2):58-65.
CHEN Kaiqu, ZHAO Jie, PENG Zhiwei. Fast approximate string matching for Chinese text [J]. Journal of Chinese Information Processing, 2004, 18(2):58-65.
- [8] 杨晓丽,赵光. 自适应模糊匹配模型及实现技术[J]. 西安电子科技大学学报, 1999(1):49-52.
YANG Xiaoli, ZHAO Guang. An adaptive fuzzy matching model and its implementation [J]. Journal of Xidian University, 1999 (1):49-52.
- [9] 程莉,卢正鼎,文坤梅,等. 基于语义的模糊匹配探索与应用[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(2):23-25.
CHENG Li, LU Zhengding, WEN Kunmei, et al. The design of hot-backup mechanism with multi-server and its implementation [J]. Journal of Huazhong University of Science & Technology, 2003, 31(2):23-25.
- [10] 周玉兰,詹荣荣,舒治淮,等. 2003年全国电网继电保护与安全自动装置运行情况与分析[J]. 电网技术, 2004, 28(20):58-63.
ZHOU Yulan, ZHAN Rongrong, SHU Zhihui, et al. Stastics and analysis of operation situation of protective relays and automation devices of power sytem in China in 2003 [J]. Power System Technology, 2004, 28(20):58-63.
- [11] 何国斌,赵晶璐. 基于最大匹配的中文分词概率算法研究[J]. 计算机工程, 2010, 36(5):173-175.
HE Guobin, ZHAO Jinglu. Research on probabilistic algorithm of Chinese word segmentation based on the maximum match [J]. Computer Engineering, 2010, 36(5):173-175.
- [12] 卞琳. 基于无线通信技术的智能巡检系统的应用研究[D]. 北京:华北电力大学, 2012.
BIAN Lin. Application research of intelligent patrol system based on wireless communication technology [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2012.
- [13] 周盼,张蕾. 基于Android平台的变电站智能巡检系统[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(9):3073-3076.
ZHOU Pan, ZHANG Lei. Substation intelligent inspection system based on Android platform [J]. Computer Measurement and Control, 2015, 23(9):3073-3076.
- [14] 李艳涛,栗然,赵敏. 基于Web的继电保护管理信息系统研究与实现[J]. 电力自动化设备, 2003, 23(11):41-43.
LI Yantao, LI Ran, ZHAO Min. Study and implementation of Web-based relay protection management information system [J]. Electric Power Automation Equipment, 2003, 23(11):41-43.

作者简介:



张海宁

张海宁(1977—),男,湖北荆门人,硕士,高级工程师,从事电力系统稳控系统与继电保护与录波管理系统和变电站监控系统研究(E-mail:dahaining@163.com);

周忠宁(1970—),男,江苏兴化人,本科,工程师,从事电力系统设计及生产;

冯佳男(1985—),男,江苏盐城人,硕士,工程师,从事电力系统监控工作;

祁忠(1977—),男,江苏张家港人,硕士,高级工程师,从事电力系统监控与保护信息系统研究;

杨毅(1983—),男,江苏盐城人,博士,高级工程师,从事智能变电站二次系统及信息安全、电力系统继电保护试验研究(E-mail:13770568351@163.com)。

Intelligent Inspection System Based on Multi-source Data and Fuzzy Matching for Power Security and Stability State

ZHANG Haining¹, ZHOU Zhongning¹, FENG Jianan¹, QI Zhong¹, YANG Yi²

(1. National Energy Power Control and Protection Research and Development Center(Nanjing NR Electric Co., Ltd.), Nanjing 211102, China; 2. State Grid Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: To solve the problem of power system data coming from multiple sources, huge amount of on-site operation and maintenance workload and high manual verification error rate, a fuzzy matching technique is introduced, which fuzzy matching variety sources of data as a reference value for comparison. Regular inspection value is compared with reference value, inspection information is automatically sorted and intelligently analyzed. A variety of inspection reports are produced and displayed by Web. This technique has been successfully applied in Guangdong Power Grid with the characteristics of fast matching speed, high accuracy and low confusion rate. It can effectively replace the regular, daily and annual inspection of operation and maintenance personnel to power grid safety and stability devices, which can reduce human participation, workload of manual verification and error rate and improve work efficiency.

Key words: reference value; multi source data; fuzzy matching; intelligent inspection system; inspection report

(编辑 陈娜)