

# 基于实时量测数据的 10 kV 配电网线损自动化管理系统

王永<sup>1</sup>, 刘伟<sup>2</sup>, 彭茂君<sup>3</sup>, 郭志忠<sup>1,4</sup>

(1. 哈尔滨工业大学电气工程系, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 北京许继电气有限公司, 北京 100085;  
3. 北京电力公司, 北京 100031; 4. 许继电力科学研究院, 北京 100085)

**摘要:** 介绍了基于实时量测数据的 10 kV 配电网线损自动化管理系统, 包括系统层次设计, 组织结构, 各模块功能及数据来源与接口设计, 并就其中的线损管理问题进行了详细阐述。该系统在业务模型驱动模式的业务架构平台上将配电网线损的理论和统计计算、报表和分析集成于一体, 利用科学的线损计算、比较、分析手段, 为实际生产决策提供技术支持, 是一种能够有效提高数据准确性和工作效率的科学的线损管理平台。

**关键词:** 自动化管理系统; 业务模型驱动模式; 配电网; 线损; 实时量测

## Line loss automation management system of 10 kV distribution networks based on real-time measurements

WANG Yong<sup>1</sup>, LIU Wei<sup>2</sup>, PENG Mao-jun<sup>3</sup>, GUO Zhi-zhong<sup>1,4</sup>

(1. Dept of Electrical Engineering of Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;  
2. Beijing Xuji Electric Co., Ltd, Beijing 100085, China; 3. Beijing Electric Power Corporation, Beijing 100031, China;  
4. Xuji Electric Power Research Institute, Beijing 100085, China)

**Abstract:** A line loss automation management system of 10 kV distribution networks based on real-time measurements is introduced, including its hierarchical design, constitution, module functions, data sources and interfaces. The main problem about line loss management is discussed in detail. This system realizes the systematic integration of theoretical and statistical calculation of line loss, report and analysis, etc. with high integration and performance in the business architecture platform based on the business model driven mode. The system can provide one kind of technology support in production decision by the scientific line loss calculation, comparison and analysis. The system is a scientific line loss management platform, which can improve data correctness and working efficiency greatly.

**Key words:** automation management system; business model driven mode; distribution networks; line loss; real-time measurements

中图分类号: TM72 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)19-0034-04

## 0 引言

线损率是供电企业的一项重要经济技术指标,也是衡量企业综合管理水平的重要标志。线损管理是供电企业的一项重要工作。各级供电部门制定和实施经济合理的线损率指标,发现电网结构、调度、生产技术、用电、计量管理设备性能及运行状况等方面的薄弱环节,掌握损耗的构成与发展方向,有针对性地采取合理的降损措施,并检查措施的实际效果,都离不开一套提供及时准确的线损信息和先进的辅助决策管理的线损自动化管理系统<sup>[1~4]</sup> LAMS (Loss Automation Management System)。

目前,传统的线损管理方法仍然是以手工统计、计算为主,存在以下几方面问题:变电站仍以手抄表计读数、人工计算的方式上报各关口、配线的电

量,计算、管理繁杂不便、工作量很大、数据不准,经常出现差错,存在不少的漏洞。配电 10 kV 电网运行数据仍采用人工采集的方式,数据采集工作量大、数据准确性及同期性不能得到有效的保证,并且数据不足以据此进行线损跟踪管理,不利于降损分析和技术改造。电量数据在线损管理、负荷管理和营业管理之间流通不畅,线损管理工作不具备实时性,不能及时发现不明线损,对异常线损的发现和um控制能力较弱,线损管理容易陷入被动的局面。现有理论线损计算软件以系统过去某个时间断面数据为基础,从孤立的数据库中读取数据,用户需要花费大量时间来准备一套数据以及对这套数据进行维护,进行一次理论线损计算过程较复杂,导致理论线损计算周期太长,无法根据配网运行方式的变化为线损管理提供实时的理论线损依据,且无法将

线损计算结果以可视化的形式反映在配网接线图上。

在以上背景情况下,结合供电公司供电网络的实际情况,开发了基于实时量测数据的 10 kV 配电网线损自动化管理系统。

## 1 系统概述

### 1.1 软件层次结构

基于实时量测数据的 10 kV 配电网线损自动化管理系统按照分层分布式结构和开放性原则进行设计,具有图 1 所示的层次。

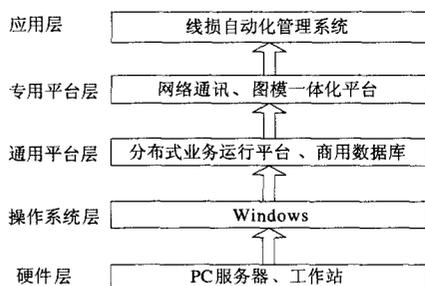


图 1 软件设计的层次结构图

Fig. 1 Hierarchical structure diagram of software design

通用平台层在大型商用数据库的基础上,采用了基于一种全新的管理软件开发和运行模式——业务模型驱动模式 BMD(Business Model Driven)的业务架构平台。这种模式完全以业务为核心,其基本思想是用业务建模工具来开发管理软件,用业务运行平台来运行管理软件。业务建模的直接产品,称为业务模型应用资源。将业务模型应用资源发布到业务运行平台上,就可以得到相应的信息系统。专用平台层利用图形与监视平台依靠图模一体化建模工具的支持提供友好的操作界面,可以轻松实现电网动态着色功能等。“图模一体化”的含义为根据电力设备间的连接关系,在绘制配电网接线图时,完成电力设备的建库和建模。其实现的基本原理是通过图元的几何连接建立电力设备的电气连接关系,实现不同应用数据库对象的自动映射。

### 1.2 软件组织结构和功能

软件系统的组织结构如图 2 所示,整个软件系统按功能划分主要包括档案管理、图形平台、电量采集、线损管理、异常报警和统计报表等六大子系统。各子系统具体功能如下所述。

1) 档案管理。主要用来对各种计量设备、参数、抄表方案等资料进行规范化管理,方便运行人员查询与维护。提供数据库中电量及其它各类信息的查询,管理及维护等功能。

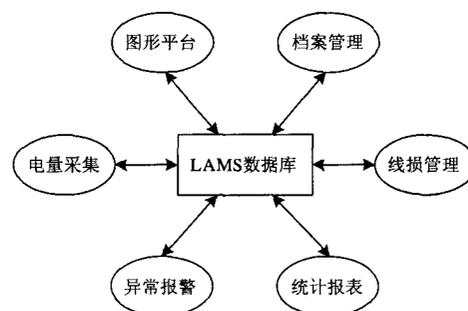


图 2 LAMS 的模块结构

Fig. 2 Module structure of LAMS

2) 图形平台。LAMS 系统的图模一体化工具基于 AutopVision 图形平台,其数据任务建立在 IEC 61970 CIM 标准的基础之上,完全采用面向对象技术完成电力设备的绘图、建模、修改和数据维护工作。

3) 电量采集。主要实现基础电量数据的准备工作,包括遥测数据的采集、中间数据库的读取、数据完整性分析等,为线损计算和分析服务。系统定时自动采集变电所各计量点电量信息,定时从中间数据库中读取负控及台区电量采集数据和用电营销数据。为保证数据的完整性和连续性,最大限度地利用实测数据,系统还提供可灵活定制的电量补采功能及多种数据修补方法。

4) 线损管理。包括理论线损和统计线损的计算,实现公司线损的自动汇总统计,能分地区、分电压(10 kV、380 V)、分线路、分台区进行线损计算,具有按月、季、年统计分析功能。本系统基于完备的量测数据可以实现线损的实时计算功能,即实现按天、按小时计算等。此外该子系统还包括线损分析,线损小指标的管理,技术降损分析等功能。

5) 异常报警。对出现的各种异常情况进行捕捉,对变电站的线损突变情况给出报警提示,对供电公司所管辖的所有配变的实测电度量进行动态追踪,并对可能出现较大测量误差或电度量突变的配变进行提示报警。同时可根据指定变电站名称和监视开始时间,对变电站线损变化曲线进行动态跟踪并显示变化曲线。

6) 统计报表。提供方便、灵活、完整的报表工具,方便打印各类电量、线损分析报表,可输出多种线损统计报表。报表实现按需定制,对常用的形成模板以方便生成报表。

### 1.3 数据来源与接口

线损自动化管理系统的数据库主要包括电网的结构数据、电网的运行数据及电力营销数据等。对

于 10 kV 配电网, 电网结构数据主要包括电网的拓扑信息, 线路、变压器等电力设备的参数等。电网运行数据则包括变电所、负控、台区采集终端采集到的各量测点实时电压、电流及功率。电力营销数据则主要包括关口表 T 时段内起始表读数, 表倍率及售电量等信息。系统数据流图如图 3 所示。

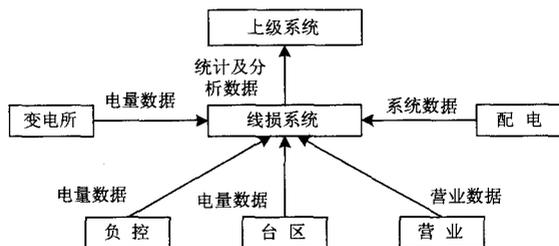


图 3 系统数据流图

Fig. 3 Data flow chart of LAMS

本文系统中电网结构数据由配电专工通过基于 AutoPVision 图形平台的图模一体化工具进行维护, 数据维护完毕后直接保存到系统数据库中。电网运行数据中变电所采集终端采集数据由系统采集服务器以报文方式读取采集数据并写入系统数据库中。即系统数据采集服务器与变电所采集工作站之间通过 RS-232 建立连接, 根据约定的通信协议和报文格式, 采集工作站定时将数据发送到系统数据采集服务器; 或数据采集服务器发出数据请求, 变电所数据采集工作站按请求回送相应的数据。

线损自动化管理系统为得到负控、台区采集终端的实时量测数据及电力营销数据需要与负荷控制系统、用电营业系统相连接, 系统在设计过程中充分考虑了与这两个系统之间的接口设计, 以便于实现安全快速的信息共享。

1) 与负荷控制系统接口。负荷控制系统对大量配变及大用户电量信息进行采集, 采集间隔通常为 30 min, 采集周期为 24 h。LAMS 系统以中间库的方式从负荷控制系统获取所采集的配变及大用户的电量信息, 即负荷控制系统根据 LAMS 系统数据格式的需要建立中间数据表, 通过触发机制提供实时量测数据, LAMS 系统数据采集服务器定时从该中间数据库中读取数据。

2) 与用电营业系统接口。由于安全性因素, LAMS 系统与用电营业系统无法直接互访, 通过直接访问供电公司台区图系统数据库的方式访问转发的用电营业系统数据, 从而获取关口表计的电能表信息及用户的用电信息, 为统计线损计算提供原始数据。

#### 1.4 系统部署

线损自动化管理系统的总体部署情况如图 4 所示。

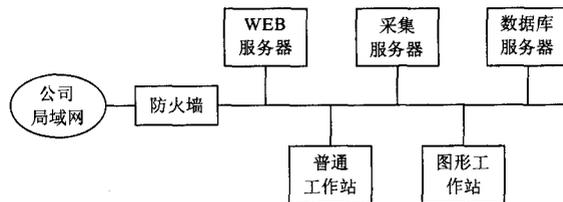


图 4 系统部署方式

Fig. 4 Disposition mode of LAMS

为了实现系统的各项业务需求, 同时满足使用的方便性, 系统采用客户端/服务器 (C/S) 和浏览器/服务器 (B/S) 结构混合部署方式。前者用于图形建模与维护, 后者用于一般业务处理。为提高安全性, 系统采用硬件防火墙和高性能交换机将 LAMS 系统在物理上实现独立组网, 但 IP 分配上与公司局域网 IP 分配保持一致, 保证系统网络通信简洁、畅通及可靠。

## 2 线损管理

线损管理是项复杂的工作, 线损管理系统应该基于理论线损计算, 以线损分析与控制作为主要技术手段加强线损管理工作。

### 2.1 理论线损计算

为了掌握配电网中各元件的损失情况, 需要根据配电网设备参数及实际的负荷情况进行理论线损计算<sup>[5,6]</sup>工作, 从而确定配电网理论线损电量及构成情况等线损信息。根据理论损失电量的构成情况, 针对电网中的薄弱环节, 采取有效的技术措施, 通过改变工程技术方案来尽量降低理论线损。此外, 通过理论线损电量和实际线损电量的对比能够获得不明损失的情况, 确定降损主攻方向, 进而采取措施降低不明损失。

本文系统理论线损计算结合供电公司 10 kV 配电网具体情况提供基于电流法、电量法和潮流计算方法的三种理论线损计算方法。其中电流法根据采集终端所采集到的电流和配电网参数来计算一段时间的损失电量。电量法则根据采集终端所采集到的电量和电压以及配电网参数来计算一段时间的损失电量。考虑到部分馈线构成了环网, 还提供了基于牛顿法的潮流计算方法计算理论线损。

### 2.2 管理降损分析

实际线损的一部分是由管理工作上的原因造成的, 它包括各种各样的电能表综合误差、抄表不同时、漏抄及错抄错算所造成的统计数值不准确,

无表用电和窃电等造成的损失电量。这部分电量习惯上称为“管理线损电量”，它可以采取必要的组织和管理措施予以避免或减少。在理论上，统计线损等于理论线损与管理线损之和，所以若统计线损准确，理论线损计算得准确，就可以求得管理线损，进而可以发现窃电等情况。本文系统通过对供电量、售电量、线损率以及它们的构成进行分析，提供比较分析、趋势分析、以及管理线损与理论线损比较等多种形式分析方法。同时，还提供曲线图、构成图、饼图、棒图、柱图等多种便于直观分析各种数据的图形表示方法。

利用各线路出口计量表、台区考核表、各用户的计量表电量，自动汇总计算并绘制出线损电量曲线、线损率曲线和线路各供、受电点的电量曲线，同时根据实时数据准确求出电网各元件的实际损耗，准确求出各分压、分线、分台区的线损率，从而抓住计算结果中的三个关键量数字特征（计量点电量的变化，在线统计线损率，实时计算线损率），通过智能分析与逻辑推理可判断出电力线路窃电的大致用户、计量装置故障和计量装置误差大的受电点，从而达到降低管理线损的目的。

通过对各元件的实际线损、理论线损、管理线损及线损率进行历史分析，制定管理线损及线损率的预警线。当线损指标超过预警线时，系统自动报警，帮助线损管理人员查找管理中存在的漏洞，以期尽早发现可能存在的窃电和计量装置故障等情况，减少不必要的损失。

### 2.3 技术降损分析

线损综合分析的目的之一就是为技术降损提供基础分析数据。因此本文系统还设计了技术降损模块，允许用户变动网络的结构参数，合理地改变运行参数，通过计算比较效果。同时系统还会给出在当前运行模式下的某条线路理论线损最小值以供参考，充分指导线损管理人员的实践工作。线损管理人员还可以同时选择多种措施形成一个方案，比较不同方案的降损效果。如图 5 所示，技术降损措施分析包括网络工程改造分析，无功补偿分析，经济运行分析等功能。

1) 网络工程改造分析。模拟改变导线型号，改变变压器型号、容量、分接头位置，以及网络布局调整等措施，计算分析改变网络结构参数对配电网线损的影响，比较模拟前后各指标值，为日常生产及制定技改措施提供技术支持。

2) 无功补偿分析。采用调整无功供电量和电容补偿措施模拟进行无功优化，根据无功优化计算结果，对比无功优化模拟前后系统运行及线损情况，

给出建议的补偿容量及各负荷点补偿前后功率因数、补偿前后电压、补偿前后线损值等经济技术参数，为确定电压无功优化方案提供决策支持。

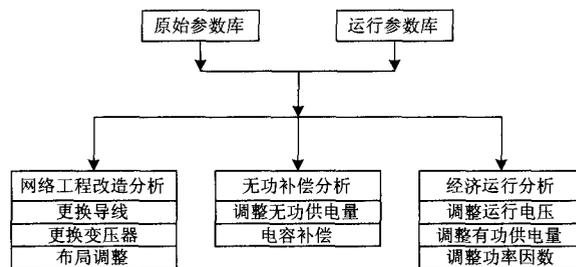


图 5 技术降损模块功能分布图

Fig. 5 Function distribution diagram of module reducing technical loss

3) 经济运行分析。模拟调整 10 kV 母线电压，切除某些负荷改变有功供电量，调整负荷功率因数等措施对配电网线损的影响，比较模拟前后各指标值，为配电网经济运行方案提供参考。

## 3 结语

线损自动化管理系统基于实时量测数据，通过丰富的报表、曲线方式展示分析数据，提供报表的 WEB 浏览，从而提高线损分析的及时性和分析的科学性，有利于提高降损措施的针对性和实效性。通过系统生成的数据和分析报表，实现线损在线监视，实现线损的单值、多值、全方位、多因素自动条件分析，线损管理人员可以方便地分析电网结构、负荷参数等线损技术要素和计量表计、用电管理等线损管理方面的问题，大大提高线损管理系统的技术含量和实际应用价值。

本系统密切结合供电公司网络实际情况，在试运行期间获得了良好的效果。实践表明，系统运行稳定可靠，计算分析准确，提高了供电公司线损管理、分析和决策水平，具有较高的实用性和推广价值。

## 参考文献

- [1] 孟晓丽, 李惠玲, 盛万兴. 省/地/县一体化配电网线损管理系统的设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(23): 87-90.
- MENG Xiao-li, LI Hui-ling, SHENG Wan-xing. Development and Implementation of Line Loss Systematic Management System for Provincial, Municipal and County Distribution Networks[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23): 87-90.

(下转第 49 页 continued on page 49)

在于: 调度及变电站运行人员不必根据变电站备用电源线路运行方式的变化实时投退或改变备自投装置的运行模式, 从而减少备自投装置不正确使用(误投退、误操作)造成的危害。

### 3) 实时自控功能

利用光纤通信技术两套备自投装置之间可以方便地进行信息交换, 从而实现“实时自控功能”。“实时自控功能”以图 1 为所示的变电站 B 的近端备自投为例说明: 变电站 B 的备自投装置可根据其备用系统电源的实时备用容量, 即变电站 A 的剩余容量, 备用电源线路参数、B 站的运行负荷等数据, 由装置自行实时计算备自投装置动作后可保留的 B 站 110 kV 线路上的最优负荷容量, 即实时计算备自投装置动作后最多可保留的 110 kV 线路数量。从而做到在稳定运行、负荷平衡的前提下备用系统容量的最优利用。构成不须事前干预的“实时自控式”系统备用电源容量的最优自投。

### 4) 远方自投, 就地判据

将继电保护成熟的先进技术移植到备自投装置中, 实现变电站的“远端备自投”。其优点在于: 提高装置对不同运行方式的适用性。

## 6 结束语

高压电网自适应式站间实时自控备自投装置的研制成功, 进一步完善了我国备用电源自投装置系列产品。其在河南电网的应用, 大大提高了河南电网薄弱地区的供电可靠性, 取得了显著的经济和社会效益, 为我国其他地区解决电网薄弱, 供电可靠性低的问题, 提供了一种快速有效、安全可靠的解决方法。

### 参考文献

- [1] DL400-91, 继电保护和安全自动装置技术规程[S].
- [2] 继电保护和安全自动装置检验条例[S].
- [3] 刘万表, 白忠敏. 电力工程设计应用手册[Z]. 河南电力勘测设计院.

收稿日期: 2007-07-06;

修回日期: 2007-08-14

作者简介:

王锐(1956-), 女, 高级工程师, 学士, 从事变电二次专业技术管理工作; E-mail: HNDLWR@TOM.COM

李钊(1974-), 男, 工程师, 学士, 从事继电保护运行与维护的管理工作;

许元戎(1965-), 男, 高级工程师, 学士, 从事继电保护运行与维护的管理工作。

(上接第 37 页 continued from page 37)

- [2] 毕鹏翔, 金青, 张文元. 配电网理论线损计算与分析系统的研制[J]. 中国电力, 2001, 34(9): 38-39.  
BI Peng-xiang, JIN Qing, ZHANG Wen-yuan. Development of Analysis and Management System for Theoretical Line Losses in Power Distribution Networks[J]. Electric Power, 2001, 34(9): 38-39.
- [3] 张伏生, 王海坤, 马林国, 等. 可视化的配电网线损计算与管理系统的研制[J]. 继电器, 2001, 29(11): 27-31.  
ZHANG Fu-sheng, WANG Hai-kun, MA Lin-guo, et al. A Visual Energy Loss Computation and Management System in Power Distribution Networks[J]. Relay, 2001, 29(11): 27-31.
- [4] 王春生, 彭建春, 卜永红, 等. 配电网线损分析与管理系统系统的研制[J]. 中国电力, 1999, 32(9): 48-50.  
WANG Chun-sheng, PENG Jian-chun, BU Yong-hong, et al. Development of Analytical and Managing System for Line Losses in Distribution Grid[J]. Electric Power, 1999, 32(9): 48-50.
- [5] 杨霖, 王卫东, 陈得治, 等. 基于测量的中压配电网线损计算研究[J]. 继电器, 2005, 33(3): 28-33.

YANG Lin, WANG Wei-dong, CHEN De-zhi, et al. A Research on Theoretical Energy Losses of Medium-Voltage Distribution Networks Based on Measurements[J]. Relay, 2005, 33(3): 28-33.

- [6] 陈得治, 郭志忠. 基于负荷获取和匹配潮流方法的配电网理论线损计算[J]. 电网技术, 2005, 29(1): 80-84.  
CHEN De-zhi, GUO Zhi-zhong. Distribution System Theoretical Line Loss Calculation Based on Load Obtaining and Matching Power Flow[J]. Power System Technology, 2005, 29(1): 80-84.

收稿日期: 2007-02-07;

修回日期: 2007-04-20

作者简介:

王永(1981-), 男, 博士研究生, 研究方向为计算机技术在电力系统中的应用及电力系统状态估计; E-mail: powerfactor@163.com

刘伟(1975-), 男, 博士, 研究方向为配电网及计算机技术在电力系统中的应用;

彭茂君(1981-), 女, 硕士, 研究方向为计算机技术在电力系统中的应用及电力系统负荷预测。