

# 基于 Mobitex 技术的 10 kV 配电管理系统设计

龚钢军, 唐良瑞

(华北电力大学电气与电子工程学院, 北京 102206)

**摘要:** 10 kV 配电网是面向用户的电力网络, 10 kV 配电网的安全运行, 决定着用户用电的安全性、可靠性和用电质量。通过在 Mobitex 无线网络监测和采集配电网运行参数的基础上, 采用三相不对称网络分析理论和潮流计算方法, 基于 380V 低压监测数据, 分析计算 10 kV 网络运行状态, 为配电网监测和管理提供可靠数据, 实现电能量管理、线损计算、三相不平衡分析、电压合格率分析等功能, 提高 10 kV 配电网运行可靠性。

**关键词:** Mobitex; 10 kV 配电网; 线损分析; 可视化潮流; 三相不对称网络

## Design of distribution management system based on Mobitex technology

GONG Gang-jun, TANG Liang-rui

(School of Electric and Electronic Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

**Abstract:** 10kV distribution network is an electric power network that directly serves users. Its operation influences the safety, reliability and quality of electricity. Based on distribution network operation parameter monitored and collected by Mobitex wireless network, this paper adopts three-phase unsymmetrical network analysis theory and power flow calculation to analyze 10kV distribution network operation state based on 380V low voltage monitoring data in order to provide reliable data for the monitoring and management of distribution network, realize power energy management, line loss calculation, three-phase unsymmetrical analysis and voltage pass rate analysis, and improve the reliability of 10kV distribution network.

**Key words:** Mobitex; 10kV distribution network; line loss analysis; visual tide; three-phase unsymmetrical network

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)16-0092-04

## 0 引言

随着电力系统两网改造工程的完成, 10 kV 配电网的自动化建设和现代化管理, 将是电力系统建设的重点。由于 10 kV 配电网设备分布点多、面广、缺乏监控设备, 在电网规模不断扩大和结构日益复杂化之际, 大量配电设备需要进行实时监控、远程自动数据采集, 传统的配电管理技术手段已无法适应新的形势需求, 而要实现这一切, 除了配备相应的监控设备外, 最重要的就是传输通道。目前, 电力系统经过多年的内部信息化建设, 拥有了大容量和远距离的光纤骨干网络, 基本上实现了局、所、站的光纤联网, 为电力调度和自动化管理提供了高速化、宽带化的骨干传输通道。同时, 随着无线通信技术的快速发展, 无线通信网络覆盖范围大、施

工方便、成本低, 在电力系统也具有良好的可行性和实用性, 因此, 建设基于无线通信和光纤有线通信方式相结合的 10 kV 配电通信网络, 实现配电网变压器数据的实时采集和监测管理, 是电力部门进行配电网管理的有效途径。

目前, 电力系统采用的无线通信方式包括: 230 MHz 数传电台、GPRS 公网通信、Mobitex 无线数据专网通信等<sup>[1]</sup>。Mobitex 是爱立信为企业数据采集通信而研制开发的无线蜂窝网络技术, 在我国拥有合法的 800 M 频段, 适合实时采集和传送各种短的、促发性监测数据和控制命令, 能够很好地解决我国电力系统中实时采集数据、远程控制、远程维护、移动售电、掌上信息查询、故障测距等方面的需求。Mobitex 网络能够在满足要求的情况下, 大幅度降低造价和减少维护费用, 满足电力企业的通信需求<sup>[2]</sup>。

本文通过在 Mobitex 无线网络监测和采集配电网运行参数的基础上, 基于 380 V 低压侧监测数据,

**基金项目:** 华北电力大学青年教师科研基金项目; 《Mobitex 无线抄表器研究》资助

分析计算 10 kV 网络运行状态, 从而在不增加投入 10 kV 监控设备的基础上, 利用 380 V 设备准确获知 10 kV 网络状态, 为配电网监测和管理提供可靠数据, 分析配网三相不平衡度、线损、谐波、负荷分布情况等, 有利于电力系统安全经济运行, 实现电能量管理、线损计算、三相不平衡分析、电压合格率分析等功能, 提高 10 kV 配电网运行的可靠性。

## 1 10 kV 配电管理系统设计

### 1.1 10 kV 配电网现状

由于 10 kV 配电网设备分布点多、面广, 大量配置 10 kV 测量和控制设备成本高, 致使 10 kV 配电网测量数据不足, 一直缺少有效的 10 kV 配电网的分析和研究方法, 致使很多 10 kV 线路存在线损、不平衡指标超标, 配电台区没有实现集中管理, 造成现场有些老式变压器的服役时间太长, 出现变压器漏油、变压器二次侧开路、互感器击穿、一次侧开关接触不良、单相或两相无负荷, 10 kV 线路供电负载不平衡、线损大, GIS 系统数据与实际现场数据不符等, 这些因素都不利于 10 kV 线路的经济运行, 不利于增强台区考核管理的透明度, 不利于加强对商业用户、机关户、非普工业的用电管理。

### 1.2 无线通信网络的选择

由于建设有线电力通信专用网络具有一定的困难, 同时单一通信模式不可能完全满足需求, 因此, 采用无线和有线通信相结合的方式。无线网络性能直接决定了 10 kV 配电网监测管理的安全性、实时性和可靠性, 在选择无线数据通信网络系统时, 应考虑以下几点:

(1) 信号覆盖率: 电力设备分布点多、面广, 无线网络信号必须能基本覆盖整个区域;

(2) 通信实时性: 符合国家标准中电力监控数据的实时性交互传送要求;

(3) 数据安全性: 电力涉及国家安全, 通信网络必须能够保证监测数据和控制命令的安全性传输;

(4) 运行费用: 10 kV 配电网中的变压器和控制开关等数量多、数据量大, 网络的运行费用需要考虑。

目前电力系统应用 230 MHz 数传电台、GSM 短信、GPRS 公网、Mobitex 无线数据专网等无线通信方式。传统 230 MHz 数传电台受频点资源和主站所带最大电台数量的限制, 且速率低; GSM 短信通信的时延不定、实时性差; 采用 GPRS 公网进行数据通信存在着信息安全性问题; Mobitex 无线数据专网, 专注于高度可靠性、短时间突发数据的实时通信, 以专网专用的方式, 完全满足 10 kV 配电网

监测管理的需求<sup>[3]</sup>。考虑以上因素, 结合电力系统需求和 Mobitex 网络特点, 我们使用 Mobitex 组建 10 kV 配电网通信网络。

### 1.3 Mobitex 网络结构

Mobitex 网络由网络控制中心、基站、软交换机和终端等几部分构成。其中, 网络控制中心负责对整个网络的设置、监控等网管功能; 软交换机执行信息路由功能, 保证网络内部信息的可靠传输; 基站与在其范围内的终端保持通信连接, 并且与交换机保持连接, 以便数据在基站间切换; 通信终端通过基站收发数据。Mobitex 网络结构如图 1 所示。

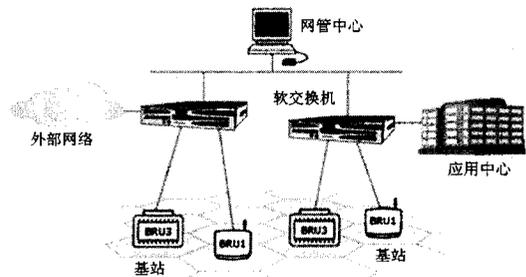


图 1 Mobitex 网络结构图

Fig.1 Structure of Mobitex network

### 1.4 Mobitex 基站数据流量统计和分配

Mobitex 网络基站提供一个独立的全双工信道, 灵敏度极高, 小区覆盖半径在城区达到 10 km, 在郊区开阔地带达到 20 km, 基站发射功率为 6 W, 每台基站可登记注册的终端数量达 2 500 个。在电力系统的实际应用中, 考虑到业务种类、时延要求、数据量、现场终端分布、系统运行的最优化等因素, Mobitex 网络中每个基站最佳管理的终端数量与终端的通信业务量对应关系如表 1 所示。

表 1 终端数量与基站通信业务量对应关系表

Tab.1 Corresponding relationship of terminal quantity and base station communication traffic

数据域长度 /字节	发送间隔 /分	实时终端数量 /台
60	5	800
60	10	1 000
60	15	1 500
60	30	2 000
60	60	2 500

### 1.5 Mobitex 网络费用

Mobitex 无线数据专网, 专网专用, 节省无线通信费用。相对于 GPRS 交纳固定月租费用, Mobitex 网络为一次性投资建设, 网络规模越大, 运行时间越长, 平均成本越低。以 600 台终端的网络规模为例,

3 年可节省: SIM 卡费 2.75 万元、VPN 专线费用 12 万元、通信流量费 40 万元、防火墙费用 30 万元。

### 1.6 10 kV 配电管理系统

由于大量配置 10 kV 测量和控制设备过于昂贵,本文采用完全基于 380 V 低压侧数据构造 10 kV 配电网络的分析方案,在不增加 10 kV 设备投入的前提下,通过大量安装于 380 V 低压侧的 Mobitex 配电监测终端采集现场数据,对变电站关口、10 kV 配电线路、专变和公变的运行状况进行实时监测,采用独有的、全新的、先进的三相不对称网络分析理论和不对称配网潮流计算方法,以在线获得海量的 380 V 低压侧变压器台区数据为基础,结合先进的计算机应用技术,可以实时计算 10 kV 配电网络的理论线损、负荷不平衡度、电压合格率等一系列指标,并根据实际情况计算出最有效率的无功补偿措施、不对称负荷平衡方案、降低线损的措施等。软件包括:数据库平台、通讯平台、绘图平台、Web 监控平台、高级分析平台、管理功能与应用软件接口平台等,可与 SCADA、MIS 等系统交换信息,实现数据共享。

#### 1.6.1 Mobitex 配电监测终端

Mobitex 配电监测终端是结合电力行业的需求,遵循国家电力公司制定的电力系统终端设备标准、数据远传规约、终端产品安全条件、终端产品测试条件等要求,采用高性能 32 位 ARM 数字芯片研制的,具有集成度高、可靠性高、功能强大、模块化组装、扩展方便、性价比高等特点,可应用于台区变电站和工业大用户的电能量管理,实时采集现场数据、实时监测变压器运行状态,提供完整的基于 380 V 低压侧的三相相电压、三相相电流、有功功率、无功功率等测量信息,通过 Mobitex 网络传输数据,完全满足配电管理要求。

#### 1.6.2 10 kV 电力分析管理软件

10 kV 电力分析管理软件是针对电力行业特点,采用先进的计算机编程技术开发的专业电力组态软件,通过基于 380 V 低压侧的相电压和线电压得到三相电压的相角关系,再加上三相有功和无功数据,可以得到完整的电流幅值和相角关系,根据已知的变压器参数和接线方法就可以直接计算得到 10 kV 侧电压和电流数据。这些数据可以准确地反映 10 kV 侧电压合格率、不平衡度等信息,真实地反映了系统的运行工况。当线路上有多个测量点时,可以利用配电网辐射状的特点和网络参数,计算出 10 kV 出口侧的电流情况和功率情况。这样不但可以计算出 10 kV 全部网络的电气量状况,还弥补了 10 kV 网络出口处没有安装三相电流互感器的

不足。10 kV 网络是一个小电流系统,正常情况下没有零序电流存在,但全系统仍可能出现零序电压,考虑到全系统的零序电压应该一致,故利用出口处的零序电压值参与计算,就可以计算出 10 kV 网络各处的真实相电压。

10 kV 电力分析管理软件实现数据库读取、坏数据筛选、无量测量数据补充、潮流计算功能、网页发布和可视化潮流输出,结构流程如图 2 所示。

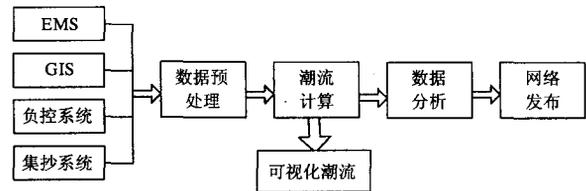


图 2 10 kV 电力分析管理软件结构

Fig.2 Structure of 10kV power analysis and management software

(1) EMS: 从供电公司 EMS 系统,获取配电网主变压器出口处电压、电流、有功、无功数据;

(2) GIS: 从供电公司的 GIS 系统,获取配电网的网络拓扑、电器元件参数;

(3) 负控系统: 从供电公司的负控系统获取配电网中高压用户的有功、无功用电数据;

(4) 集抄系统: 从集抄系统获取配电网中变压器低压侧电压、电流、有功、无功数据;

(5) 数据预处理: 剔除采集数据中的坏数据,补充无量测节点的数据;

(6) 潮流计算: 应用快速高斯潮流算法进行潮流计算,如果计算不收敛,应用牛顿-拉弗逊法进行潮流计算;

(7) 数据分析: 根据采集数据,潮流结果数据对网络的各种指标参数进行分析;

(8) 网络发布: 在网络上对计算结果进行发布,便于用户浏览;

(9) 可视化潮流: 将潮流结果在地理接线图上进行显示,便于用户察看潮流流向。

10 kV 电力分析管理软件整体由三大部分模块组成:后台运行模块、Web 数据浏览和发布模块、可视化潮流平台监测显示模块。

(1) 后台运行模块: 定时对数据进行计算分析、存储;定时获取 EMS 信息、GIS 信息、负控系统信息和集抄系统信息;筛选坏数据;补充无量测节点数据;提供两种潮流算法,优先选用快速高斯潮流算法,当高斯法不收敛时,自动调用牛顿法进行潮流计算,以保证计算的可靠性。

(2) Web 数据浏览和发布模块: Web 查询界面采用树状结构, 右击菜单实现功能模块。报表和图形表示界面友好、操作方便, 可通过 Web 服务器采用网页的方式发布各类信息, 实现分用户分权限安全控制的 Web 信息发布功能, 方便进行各类查询、下载各类分析数据、报表数据。实现各线损、线损率指标、电压合格率、不平衡度、计划、电度量和报表的 Web 浏览。如: 软件线损的自动汇总统计, 通过公式:

$$\begin{aligned} \text{线损率} &= (\text{线损电量}/\text{供电量}) \times 100\% = \\ &(\text{供电量}-\text{售电量}/\text{供电量}) \times 100\% = \\ &(1-\text{售电量}/\text{供电量}) \times 100\% \end{aligned}$$

$$\text{台损率} = (\text{变台损耗电量}/\text{供电量}) \times 100\%$$

实现分地区、分线路、分台区进行 10 kV 线路线损计算, 具有按日、月统计和对比分析功能, 按选定变电站、母线、变台等实时的线损查询, 提供曲线图进行比较等功能, 如图 3 所示。

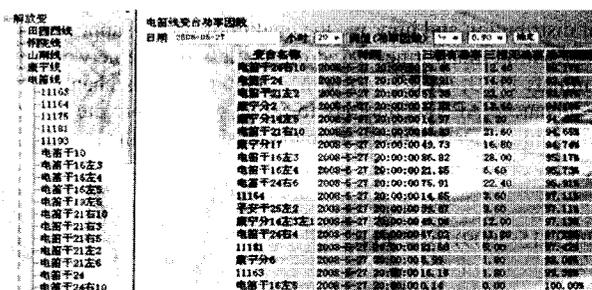


图 3 线损分析界面图

Fig.3 Interface of line loss analysis

(3) 可视化潮流平台由工作平台和维护平台两部分组成, 其中, 工作平台是电力分析应用软件所需的人机交互环境, 而维护平台是系统维护人员用于建立和维护系统所用图形数据库工具。

## 2 结论

(上接第 91 页 continued from page 91)

DENG Su-bi, ZHAO Zhen-long, et al. Ethernet 103 Protocol and Its Application in Hydraulic Power Plant SCADA System[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27 (6): 79-82.

[5] 远动设备及系统第 5-104 部分: 传输规约 采用标准传输协议子集的 IEC6087-5-101 网络访问[S].

Telecontrol Equipment and Systems Part 5-104: Transmission Protocols Network Access for IEC 60870-5-101 Using Standard Transport Profiles[S].

[6] 傅钦翠, 陈剑云. 基于有限状态机的远动规约的设计和实现[J]. 电网技术, 2006, 30(10): 214-217.

基于 Mobitex 技术的 10 kV 配电管理系统贯穿于电网配电、用电环节, 实现对 10 kV 线路的台区变压器数据的实时监控和集中式自动化管理, 形成稳定的信息采集、控制渠道, 有利于解决 10 kV 线路线损、不平衡指标超标、变压器损耗大、供电线路负载不平衡、GIS 系统数据与实际现场数据不符等问题, 增强台区考核, 以及商业用户、机关户、非普工业的用电管理的透明度, 在 10 kV 配电网电能管理、线损统计、三相不平衡分析、电压合格率分析的基础上, 提升企业的配电监测管理水平。

## 参考文献

[1] 祁兵, 唐良瑞, 龚钢军. 基于 Mobitex 的电力负荷管理系统设计[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(5): 83-85.

QI Bing, TANG Liang-ru, GONG Gang-jun. Design of Power Load Management System Based on Mobitex[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(5): 83-85.

[2] 何春红, 孙毅, 周鹏. Mobitex 和 GPRS 技术在电力系统中的应用分析[J]. 现代电力, 2004, 21(4): 70-75.

HE Chun-hong, SUN Yi, ZHOU Peng. Application Analysis of Mobitex and GPRS Technologies in Power System[J]. Modern Electric Power, 2004, 21(4): 70-75.

[3] 龚钢军, 祁兵, 唐良瑞. 基于 Mobitex 和 PLC 技术的电力营销管理系统设计[J]. 继电器, 2008, 36 (4): 37-41.

GONG Gang-jun, QI Bing, TANG Liang-ru. Design of Power Sales Management System Based on Mobitex and PLC Technology[J]. Relay, 2008, 36 (4): 37-41.

收稿日期: 2008-09-25; 修回日期: 2008-10-08

作者简介:

龚钢军 (1974-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为应用电子技术、无线通信、电力系统通信等; E-mail: gonggangjun@126.com

唐良瑞 (1966-), 男, 博士, 教授, 研究方向为图像处理、电力系统通信、电能质量等。

FU Qin-cui, CHEN Jian-yun. On the Implementation of Finite State Machines[J]. Power System Technology, 2006, 30 (10): 214-217.

收稿日期: 2008-09-18; 修回日期: 2008-10-29

作者简介:

陈忠斌 (1975-), 男, 硕士, 主要研究方向为电力系统及其自动化; E-mail: zbchen@4y.com.cn

陈剑云 (1962-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为电力系统及其自动化。