

# 基于元件与量测相结合的 负荷特性数据库系统

祝 晶<sup>1</sup>,李欣然<sup>1</sup>,陈辉华<sup>2</sup>,唐外文<sup>2</sup>,  
李元萍<sup>3</sup>,李培强<sup>1</sup>,林舜江<sup>1</sup>,金 群<sup>1</sup>

(1. 湖南大学 电气与信息工程学院,湖南 长沙 410082;

2. 湖南省电力调度通信中心,湖南 长沙 410007;

3. 长沙理工大学 电气与信息工程学院,湖南 长沙 410072)

**摘要:** 以电网综合负荷特性的调查统计数据和在变电站现场采集的负荷特性数据为基础,采用 Visual Basic 6.0 开发工具和 SQL Server 2000 数据库平台,开发了一个电力系统综合负荷特性数据库系统,并成功地应用于基于元件和基于量测两种途径的综合负荷建模。阐述了综合负荷特性数据的来源和特点以及数据库的基本结构和功能设计,着重描述了数据库的具体设计方法和技术。实际运行表明,该数据库系统具有结构完整、界面友好、操作方便、运行可靠、扩展性好等特点,为电力系统综合负荷建模及负荷特性研究提供了技术支持。

**关键词:** 电力系统; 负荷建模; 负荷特性调查; 负荷特性数据库

**中图分类号:** TM 714

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-6047(2006)01-0051-04

## 0 引言

电力系统综合负荷是电网中变电站或母线用电设备的集合,也包括相应的配电网。负荷建模不仅对各种具体的用电设备元件建模,更重要的是综合负荷的建模,即研究综合负荷吸收的功率随着负荷母线电压和电网频率的变动而变化的关系,以确定描述这种关系的数学方程(负荷模型)的结构及参数(模型参数)。由于综合负荷具有地域广布分散、构成随机时变、非连续和高度非线性等特点,负荷建模

研究发展比较缓慢,成为电力系统几个最困难的研究领域之一。随着电力系统广域测量系统(WAMS)技术应用的发展,精确仿真将成为电力系统仿真计算的追求目标,这将对电力系统综合负荷建模、尤其是负荷模型的实用化提出更高的要求<sup>[1]</sup>。

基于量测的方法(measurement-based approach,也称总体测辨法)和基于元件的方法(component-based approach,也称统计综合法)是综合负荷建模的两条基本途径。总体测辨法利用来源于负荷点(变电站)的现场实测负荷特性数据,基于系统辨识理论确定负荷模型的结构和参数;统计综合法则利用基于电网大范围内负荷特性调查所获得的各变电站以及各用电行业的负荷构成信息,基于统计学原理确定

收稿日期:2005-05-31;修回日期:2005-07-27

基金项目:高等学校骨干教师资助计划(教计司[2002]65号);  
湖南省教育厅重点资助项目(湘教通[2001]197号)

综合负荷模型。因此,丰富的负荷特性数据是综合负荷建模的基础和前提;海量负荷特性数据的科学高效管理是负荷特性研究与负荷建模工作深入发展及工程应用的必然要求。国内已有负荷特性数据库研究开发的成功应用<sup>[2-5]</sup>。由于一般难以获得一个电网全面而完善的基于元件的负荷特性构成基础信息,因此在已投入应用的负荷特性数据库中通常只针对基于量测负荷建模应用目的。但就负荷建模及负荷特性的研究与应用要求而言,完整的负荷特性数据库应当不仅仅只具有变电站现场实测负荷特性数据的管理功能,为基于量测的(总体测辨法)负荷建模服务;而且应当具有负荷特性调查统计数据的分析、处理与管理功能,以满足基于元件的(统计综合法)负荷建模的需要<sup>[6-7]</sup>。因此,研究并开发同时具有上述 2 大功能的负荷特性数据库是负荷建模研究与应用的迫切要求,具有重要的工程应用意义。

本文开发的负荷特性数据库系统包括 2 大组成部分——全电网范围内的负荷特性调查统计数据库(简称调查统计数据库)和变电站现场实测负荷特性数据库(简称现场实测数据库)。系统的构建运用模块化设计思想和可视化编程技术,采用 SQL Server 2000 关系数据库管理系统<sup>[8]</sup>,操作界面采用 Visual Basic 6.0 可视化程序开发,各个功能模块采用 Visual Basic 6.0 语言编写,并且使用多种接口技术将各数据库和功能模块系统集成,使各功能模块既相互独立又有机联系;具有完整的负荷特性数据导入、分析、处理与管理功能。该负荷特性数据库系统具有结构完整、运行可靠、功能扩展灵活、操作简单等特点。对于建模对象多、负荷特性数据复杂的应用场合,尤其能体现出它在设计和应用上的优势。

## 1 数据来源特点和数据库构建原则

基于量测的负荷建模所需负荷特性数据是远方采集数据,通过安装在现场(变电站)的负荷特性记录装置采集并上传至通信调度中心;基于元件的负荷建模所需要的负荷特性数据是电网内负荷特性构成的调查统计数据,通过对全电网范围内的电力用户—用电行业—变电站分层次的系统而详尽调查获得。

### 1.1 调查统计及其数据特点

#### 1.1.1 调查方法与步骤

负荷特性调查分层次进行。首先对全电网范围内的电力用户进行用电行业分类,并确定各用电行业的被调查用户——称其为典型用户;然后,对选取的行业典型用户进行用电设备构成状况及各类用电的容量比例调查;最后,对全电网范围内的 220 kV 变电站综合负荷进行行业构成比例调查。在湖南电力调度通信中心的组织下,对省内 6 大行业(重工业、轻工业、采掘业、农业、三产业、市政生活)、38 个小行业的 216 家典型用户和 194 个变电站进行了调查统计。在调查过程中,必须科学选择被调查对象,严格规

范调查内容,保证初选典型用户覆盖电网内所有用电行业。

#### 1.1.2 数据特点

负荷特性构成调查统计数据基于电网大范围内负荷特性调查,具有以下特点:原始调查数据量浩大,数据项目繁多,涵盖了 200 多个典型电力用户、38 个用电行业和近 200 个变电站;依照电力用户—用电行业—变电站 3 个层次进行负荷特性构成调查统计,具有不同的数据格式模版;原始数据来源于变电站、地区调度或用户并以表形式上传。

### 1.2 现场采集数据的特点

远方采集数据通过安装在经过挑选的变电站的负荷特性记录装置获得,具有以下特点:数据构成相对简单,数据表现形式为浮点数,采用二进制的数据库格式存放;通过变电站自动上传或调度远方控制上传;具有时间及位置特征。

### 1.3 数据库构建原则

为了实现对负荷特性数据的有效管理,必须根据数据来源、特点规定相应的基本原则要求。调查统计数据库构建的基本要求是:不同层次和不同类型的负荷特性数据必须规定相应的数据格式模版;应当具有各类数据的自动引导入库功能;必须能够对各类数据方便地查询、添加和修改;对于关联数据,在底层数据变动后,各上层数据必须有自动修正功能。对于现场实测数据库的原则要求相对简单,具体体现在:现场上传数据应当能够实现自动格式转换和引导入库;采集数据应当按照类别(动态、静态)、位置(变电站、记录回路)、时间等基本表层特征分类独立存储;可以按类别、位置、时间等基本表层特征进行数据的检索查询;各类数据应当具有曲线查询与分析功能。除上述要求外,各数据模块均应能够方便地实现与负荷建模平台的通信。

## 2 数据库系统基本结构和功能设计

整个数据库系统分为总体测辨法模块和统计综合法模块。总体测辨法模块由静态原始数据库、动态原始数据库、实测响应数据库、模型响应数据库、辨识参数库 5 个子库构成。统计综合法模块由各行业典型用户调查库、变电站行业构成调查数据库、典型元件参数库、各行业负荷特性参数库 4 个子库构成。

在总体测辨法模块中,从各变电站采集的数据为二进制原始数据,以文件方式存放在现场采集装置。采用二进制数据形式存放,无论是从数据存放资源还是网络传输速度上都是占优势的,但不便于数据管理和查询,所以在二进制数据传输到数据库服务器上后通过格式转换并分类后放入静态原始数据库和动态原始数据库。然后,通过数据转换预处理后储存在实测响应数据库中,接着对数据选择模型结构和算法进行参数辨识,将得到的仿真数据放入模型响应数据库中。最后,经过综合分类后将参数放入参数库中。

从数据的流向看,数据经过处理后主要分成 2 类:一类是作为实测数据进行保存管理;另一类是作为建立负荷模型和参数辨识的数据依据。最终 2 类数据通过综合对比完成负荷建模的任务。总体辨测法数据的处理流程图如图 1 所示。

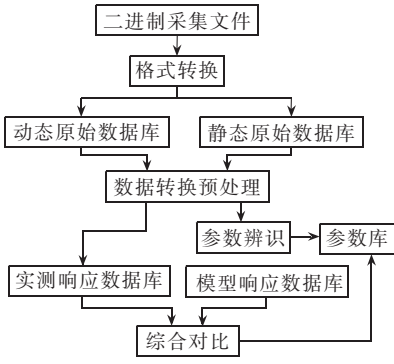


图 1 现场实测数据的数据流程  
Fig.1 The flow of measured data

在统计综合法模块中,6 大产业 38 个用电行业的各个典型用户的负荷构成特性数据和各变电站的行业构成特性数据存入原始数据库;典型元件参数通过在实验室动态模拟和仿真获得,配合各行业典型用户调查数据,经过各行业特性综合构成行业负荷特性参数库。最后,将行业负荷特性参数和变电站参数整理归类一并储存到参数库,以便建模查询调用。统计综合法的数据处理流程图如图 2 所示。

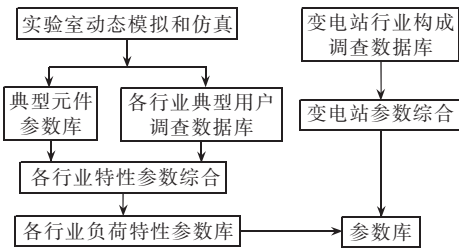


图 2 统计综合法数据流程图  
Fig.2 The flow of component-based data

### 3 数据库具体设计方法

#### 3.1 面向对象技术和 ODBC 数据源

数据库的设计中采用 VB 和 VC 软件平台,运用面向对象的编程思想。整个数据库平台的设计以菜单和控件为基本对象单元,通过事件驱动程序、设置属性、调用方法,实现所需的各种功能。开放数据库互连 ODBC(Open Database Connectivity)是客户应用程序访问关系数据库的统一接口;每个数据库分别创建一个 ODBC 数据源,程序中数据源名就代表了一个具体的数据库。

#### 3.2 ADO 控件使用

ActiveX 数据对象 ADO(ActiveX Data Objects)是一种最新的数据访问接口,能够简单、灵活地通过 ADO 模型连接到数据源,访问对应的数据库。通过各种 SQL 语句可以实现建立数据表、删除数据表、

读取表中数据、向表中写入数据和查询表中数据等功能。在数据库设计中,主要利用 Connection 语句建立数据库连接和利用 Recordset 语句取得所需要的数据记录集合。

#### 3.3 Excel 控件使用

因为具体的用户调查数据和变电站数据主要是以 Excel 报表格式上传,即采用固定格式显示某一典型用户或者某一典型变电站的一些相关数据,所以数据库采用表格的形式存储数据。然而 VB 不擅长中文报表功能,所以使用 VB 直接控制 Excel 读写的方式,即采用 OLE 自动化技术对 Excel 句柄进行操作的方法,打开 Excel 表格直接取得表格中的数据。

#### 3.4 API 函数调用

Windows 应用程序接口 API(Application Programming Interface)是一组 C 语言编写的函数库。API 函数所在的函数库称为动态链接库 DLL(Dynamic Link Library),由 DLL 提供的函数称为 API 函数。动态链接库是一个函数库,是由可被其他程序或 DLL 调用的函数集合组成的可执行文件模块。数据库设计中,远方采集数据需要由二进制转换为十进制,采用 VC 编写出转化程序 PLOT3,再将 PLOT3 中的转换函数做成 DLL 程序 Convert.dll,在 VB 中调用即可。

### 4 数据库具体功能

#### 4.1 远方采集数据查询

选择“操作”菜单中的“远方采集数据”选项,客户通过设置“检索条件”即可选择要查询的数据,进而可选择“曲线显示”或“数据显示”以显示数据内容;如果查询的是未被转换的二进制数据,还可选择“数据入库”进行数据格式转换并引导入库。

#### 4.2 用户调查数据查询

选择“菜单”中的“用户调查数据查询”即可查询用户的负荷构成特性数据。在此界面中,可实现数据的“新增”、“删除”、“修改”、“恢复”、“查找”和“保存”等功能;通过“导入”可以从文件系统中导入新的行业调查数据。

#### 4.3 变电站调查数据查询

在“变电站调查数据查询”树状目录中选择查询对象即可显示相应变电站的查询内容。

#### 4.4 典型元件负荷特性参数库设计

为了实现基于元件方法的综合负荷建模,本文设计了一个比较完整的专门数据库模块,用于管理典型用电设备的负荷特性参数,从而为基于元件的负荷建模奠定基础。该专门数据库模块中把各类负荷特性参数按照模型结构(多项式模型参数、幂函数模型参数、综合导纳模型、感应电动机模型)分类建库和管理。界面上设置了添加、删除、修改 3 种功能。

### 5 结语

本文开发的负荷特性数据库系统包括现场采集



数据库和调查统计数据库,实现了对湖南电网 216 家典型电力用户、38 个用电行业、194 个变电站的负荷构成特性数据以及变电站实测动态、静态负荷特性数据的有效管理和负荷建模所需要的前期数据预处理功能。该负荷特性数据库系统采用模块化设计思想,结构完整、运行可靠性高、功能扩展灵活、操作维护简便,已经成功地投入湖南电力调度通信中心运行,为负荷特性研究及实用化负荷建模提供了优良的基础平台。今后随着现场实测负荷特性数据和大范围电网负荷特性调查数据的不断增加和更新,将不断扩充和完善数据库功能,以满足不断发展的负荷建模的研究和工程需要。

#### 参考文献:

- [1] 贺仁睦. 电力系统精确仿真与负荷模型实用化[J]. 电力系统自动化,2004,28(16):4-7.  
HE Ren-mu. Electric power system accurate simulation and load model utilization[J]. *Automation of Electric Power Systems*,2004,28(16):4-7.
- [2] 鞠平,李德丰,陆小涛. 电力负荷建模系统[J]. 电力系统自动化,1998,22(6):49-51.  
JU Ping,LI De-feng,LU Xiao-tao. A system for load modeling in power system[J]. *Automation of Electric Power Systems*,1998,22(6):49-51.
- [3] 石景海. 考虑负荷时变性的大区域电网负荷建模研究[D]. 北京:华北电力大学,2004.  
SHI Jing-hai. Load modeling of large-scale power grid considering time-variant characteristic[D]. Beijing:North China Electric Power University,2004.
- [4] 李育燕,鲁庭瑞,罗建裕,等. 负荷特性数据库的建立与应用[J]. 继电器,2004,32(4):53-56.  
LI Yu-yan,LU Ting-rui,LUO Jian-yu,et al. Establishment and application of load characteristic database[J]. *Relay*,2004,32(4):53-56.
- [5] 李欣然,苏盛,陈元新,等. AGENT 技术在电力综合负荷模型辨识系统中的应用[J]. 电力自动化设备,2002,22(9):50-53.  
LI Xin-ran,SU Sheng,CHEN Yuan-xin,et al. Implementation of multi-agent system in load model identification system[J]. *Electric Power Automation Equipment*,2002,22(9):50-53.
- [6] 李欣然,李培强,陈辉华,等. 基于统计综合负荷建模的系统方法研究[J]. 电力自动化设备,2004,24(3):25-28.  
LI Xin-ran,LI Pei-qiang,CHEN Hui-hua,et al. Systemic method research of aggregate load modeling based on component-based modeling approach[J]. *Electric Power Automation Equipment*,2004,24(3):25-28.
- [7] 李培强,李欣然,陈凤,等. 模糊聚类在统计综合负荷建模中的应用[J]. 电力自动化设备,2003,23(5):43-45,74.  
LI Pei-qiang,LI Xin-ran,CHEN Feng,et al. Application of fuzzy clustering in component-based modeling approach[J]. *Electric Power Automation Equipment*,2003,23(5):43-45,74.
- [8] 李晓哲,张晓辉. SQL Server 2000 管理及应用系统开发[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.

(责任编辑:李育燕)

#### 作者简介:

祝晶(1980-),男,湖南衡阳人,硕士研究生,主要从事电力系统负荷建模的研究(E-mail:zhujing1217@126.com);  
李欣然(1957-),男,湖南涟源人,系主任,教授,博士研究生导师,主要从事电力系统运行与控制的研究和教学;  
陈辉华(1952-),男,湖南长沙人,高级工程师,主要从事电力系统运行和稳定研究;  
唐外文(1968-),男,湖南长沙人,高级工程师,硕士,主要从事电力系统运行和稳定研究。

### Load characteristics database system based on component and measurement

ZHU Jing<sup>1</sup>,LI Xin-ran<sup>1</sup>,CHEN Hui-hua<sup>2</sup>,TANG Wai-wen<sup>2</sup>,LI Yuan-ping<sup>3</sup>,

LI Pei-qiang<sup>1</sup>,LIN Shun-jiang<sup>1</sup>,JIN Qun<sup>1</sup>

(1. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China;

2. Hunan Power Dispatching Center, Changsha 410007, China;

3. Changsha University of Science and Technology, Changsha 410072, China)

**Abstract:** Using Visual Basic 6.0 as developing tool and SQL 2000 as database platform, a database system of aggregate load characteristics data is developed based on the investigated and measured data from power network, which is applicable to both measurement-based and component-based load modeling. The sources and characters of aggregate load characteristics data are expounded. The essential structure and function design of the database is described, with the design method and technologies emphasized. Practices show that it has complete structure, friendly interface, convenient manipulation, reliable operation and good expansibility. It provides technological support to power system aggregate load modeling and load characteristics research.

This project is supported by the National University Primary Teacher Foundation of China ([2002]65) and Hunan Province Department of Education Project([2001]197).

**Key words:** power system; load modeling; load characteristics investigation; load characteristics database