

# 负荷特性数据库的建立与应用

李育燕<sup>1</sup>, 鲁庭瑞<sup>2</sup>, 罗建裕<sup>2</sup>, 程颖<sup>1</sup>, 吴峰<sup>1</sup>, 鞠平<sup>1</sup>

(1. 河海大学电气工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 江苏省电力公司, 江苏 南京 210098)

**摘要:** 用 Visual Basic 6.0 和 SQL Server 开发负荷建模软件并建立数据库。介绍负荷特性数据库的构成, 说明各种表的结构及其之间的关系; 从负荷的时变性出发, 应用数据库进行各种查询、调用, 用实测数据分析负荷特性与时间的关系。实践表明, 数据库的建立对负荷特性实测工作有着重要意义, 对电力稳定计算的精度以及运行经济效益的提高、保证电网安全稳定运行有着重要意义。

**关键词:** 负荷特性; 数据库; 负荷建模; 电力系统

**中图分类号:** TM714

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1003-4897(2004)04-0053-04

## 0 引言

电力负荷是电力系统的重要组成部分, 它作为电能的消耗者对电力系统的分析、设计与控制有着重要影响。几十年来, 人们提出了大量的负荷模型, 包括静态负荷模型、机理动态负荷模型、非机理动态负荷模型。同时, 也积累了不少实测参数。建立一个负荷特性数据库, 能够很方便地对历史数据进行各种查询和调用, 便于从一个整体、长期的范围来对负荷特性进行比较、分析、综合和应用。

从负荷建模系统对数据库的要求而言, 该负荷特性数据库必须安全可靠并且易于使用, 要求提供大容量的数据仓库, 支持大容量的数据调用且迅速; 另外, 在与其它数据库的连接、操作系统的适应上应该更具有广泛性。鉴于此, 该软件和数据库分别是用 Visual Basic 6.0 和 SQL Server 来进行开发研制的。Visual Basic 是一个可视化、面向对象的快速应用程序开发工具, 具有强大的图形、图像处理功能, 拥有强大的数据库功能。SQL Server 有着很好的易用性、可伸缩性和可靠性等等, 这种关系型数据库管理系统能够满足各种类型的企业客户和独立软件供应商构建应用程序的需要。在江苏电网以及河南电网的负荷特性数据库的建立和应用项目中, 通过实践证明, 该负荷特性数据库能够满足工程要求。

## 1 负荷特性数据库的构成

由于数据文件都是以扰动发生时刻的时间记录为名称的, 当采集到的实测数据传输上来以后, 就可以先提取出一些特性时间, 如季节、工作日或者是周

末、国定假日等, 这些都先被保存在总表中。经过程序对数据文件进行定量计算并作进一步判断后, 数据文件可分为有效文件和无效文件。其中有效文件就可进行入库, 保存在实测值数据表中并进行辨识, 有功和无功的计算值保存在计算值数据表中, 而辨识得到的参数结果则保存在对应模型辨识的结果表中。下面将逐一介绍各表的组成成份。

### 1.1 总表

总表是由整个负荷特性数据库辨识数据的一些基础成分组成, 除文件名、模型号、站名之外, 还包括每个数据文件的采样量测数目、间隔时间、间隔时间对应的量测点、季节、日类型、负荷、非线性程度等, 如图 1。

### 1.2 实测值数据表

实测数据表包含两类, 一类是有效值数据表, 还有一类就是三相电压、电流瞬时值数据表。除文件名、量测数、站名之外, 有效值数据表中还包括电压、频率、有功、无功的有效值记录; 而瞬时值数据表中则包括电压、电流的三相瞬时值记录。

### 1.3 计算值数据表

除文件名、量测数、站名之外, 计算值数据表还包括了选用的负荷模型号以及有功和无功各自的计算值。

### 1.4 各种模型辨识结果表

由于选择不同模型辨识会得到不同的参数结果, 所以, 针对每一种模型都建立了相应的结果表。在这些表中, 除记录了对应数据文件的电压、有功、无功的最大值、最小值外, 还记录了各自特定的参数结果。如图 2 为三阶感应电动机模型结果表, 其中记录了对应数据文件用三阶感应电动机模型进行辨识的各项参数结果, 如辨识代数、误差、负荷比例以

及参数  $R_p$ 、 $R_q$ 、 $P_{io}$ 、 $Q_{io}$ 、 $P_v$ 、 $q_v$ 、 $P_{so}$ 、 $Q_{so}$ 、 $M$ 、 $T$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $X_t$ 、 $X_{r2}$  等。

上述四类数据表完整地记录了对应节点在对应时刻的负荷特性,相辅相成,缺一不可。同时也由于把数据文件的不同性质分别存储于不同的表中,该

数据库具有更强的系统性和整体性。在对节点进行分析时就应该综合不同表中的信息,完整体现对应节点对应时刻的负荷特性,而这些在软件设计中都已经很好地实现了。

| date                | model | station | total | intertime | point | season | holiday | fuhe   | 非线性程度        |
|---------------------|-------|---------|-------|-----------|-------|--------|---------|--------|--------------|
| 2002-01-16-20-13-52 | 1     | 1       | 204   | .00999999 | 1     | 冬      | 工作日     | <NULL> | 1.9227524995 |
| 2002-01-16-20-13-52 | 12    | 1       | 204   | .01       | 1     | 冬      | 工作日     | <NULL> | 1.9227524995 |
| 2001-11-05-17-31-37 | 1     | 2       | 204   | .00999999 | 1     | 秋      | 工作日     | <NULL> | 5.1073441505 |
| 2001-12-10-19-38-01 | 12    | 2       | 204   | .01       | 1     | 冬      | 工作日     | <NULL> | .69685368411 |
| 2001-12-22-06-40-01 | 12    | 2       | 204   | .01       | 1     | 冬      | 周末      | <NULL> | 23.129875183 |
| 2002-08-07-05-58-38 | 12    | 2       | 204   | .01       | 1     | 夏      | 工作日     | <NULL> | 2.4423844814 |
| 2001-11-05-17-31-37 | 4     | 2       | 204   | .00999999 | 1     | 秋      | 工作日     | <NULL> | 5.1073441505 |
| 2001-12-22-06-40-01 | 8     | 2       | 204   | .00999999 | 1     | 冬      | 周末      | <NULL> | 23.129875183 |
| 2002-02-04-03-44-50 | 4     | 2       | 204   | .00999999 | 1     | 冬      | 工作日     | <NULL> | 1.0845893821 |

图1 数据库数据总表

Fig. 1 A table for the total data

| Figure 2: Data in Table 'TABsjgy' |         |          |         |         |         |           |           |        |       |         |          |         |     |    |  |
|-----------------------------------|---------|----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|--------|-------|---------|----------|---------|-----|----|--|
| date                              | station | Umax     | Umin    | Pmax    | Pmin    | Qmax      | Qmin      | gener  | 误差    | Rp      | Rq       | Pio     | Qio | Pv |  |
| 2002-01-16-20-13-52               | 1       | 1.008586 | .988861 | .351805 | .315715 | .03194391 | .00587100 | .00172 | 95.83 | 2247.27 | .327707  | .572493 | 0   |    |  |
| 2001-11-05-17-31-37               | 2       | 1.057963 | .888813 | .615346 | .425289 | .057393   | -.1100100 | .01041 | 17.55 | 2226.72 | .1034899 | .612682 | 1.4 |    |  |
| 2001-12-03-06-56-01               | 2       | 1.08395  | .927906 | .39432  | .284133 | .03741691 | -.0513100 | .00386 | 43.64 | 4030.12 | .1649989 | .888644 | 1.9 |    |  |

图2 三阶感应电动机模型结果表

Fig. 2 Results of third-order induction motor load model - TABsjgy

## 2 负荷特性数据库的应用

之所以要在总表中存储有关时间的参数(如季节、工作日或节假日等),是为了能够对数据库中的数据进行更好的分析与综合。众所周知,在工程实现中积累了大量的有效负荷扰动数据并分别进行辨识后,可以得到许多离散的负荷参数样本点。由于实际的综合负荷从系统中所吸收的功率不仅与电压、频率有关,还与季节、每周的哪一天、一天的不同时间、气候以及人们的生活方式有关,仅仅把负荷母线电压、频率作为负荷模型的输入,其他的不确定因素必然使这样的负荷模型参数随时间的变化而变化,这就是负荷的时变性。负荷的时变对负荷特性具有重要的影响,比如夏季的负荷包含大量的空调负荷,冬季的负荷包含大量的电热负荷,这样夏季的负荷模型动态的成分多,冬季的负荷特性接近于恒阻抗。

要深入研究负荷的特性,可以在负荷模型中加

入反映负荷组成的变量,如负荷水平、季节、天气等等,这样负荷模型的输入除了电压、频率之外还有负荷水平、季节、天气等,由此将负荷的时变性包括进去,建立一种所谓的“通用”模型。如果能得到这样的负荷模型,其结果当然是很完美的。但是负荷水平、季节、天气等等与负荷模型的关系较为复杂,按目前的建模理论和技术来说建立描述这种关系的数学模型是不现实的。所以,我们在建立负荷特性数据库时加入了一些描述负荷水平以及季节、时段的参数,这样在进行综合的时候更能总结出一些规律。同时,在软件设计中,实现了在数据库数据基础上的多种查询和调用,下面将作一些介绍。

### 2.1 负荷比例查询

负荷比例查询的目的是获取各节点在某个时间段的平均负荷特性,这可以通过对数据库中该时间段各节点的数据综合分析得到。而这个时间段可随不同选择而改变。在软件中,供选择的范围很广,可以选择一年或者是一个季节,可以选择工作日、周末

或者是国定假日,还可以选择一天内的不同时段,自行设定起始时间和结束时间。其实质在于从所选择的时间段出发,对数据库进行操作,调用对应时段内的数据进行综合,就可以得到所在查询范围内的负荷特性参数。

另外,若是三阶感应电动机模型或是线性输入输出模型,还可以把这两种模型得到的参数均值转换为 PSASP 格式的感应电动机参数和负荷静特性参数,直接运用到综合程序计算中,且这一过程在软件中简洁快速地实现。究其实质是两个数据库之间的数据交流,即从负荷特性数据库(SQL Server)调出查询范围内的相关参数并进行综合后,换算为感应电动机或负荷静特性参数的 PSASP 格式,然后写入到电力系统分析综合程序数据库(Visual FoxPro)公用参数中的感应电动机表(moto-lib)或负荷静特性表(load-lib)中,供稳定计算直接使用。无论是 SQL Server 还是 Visual FoxPro 的数据库,数据访问都可以用 Microsoft 的数据访问策略 OLE 及其后续开发的数据访问编程界面等来方便快速地实现,这些在 VB6.0 访问数据库技术的相关文献中都有介绍,此处不再详述。

通过数据查询,可以快速得到负荷节点各种时段的负荷参数,如表 1、表 2。

表 1 转换成 PSASP 格式的工作日

0:00 - 7:00 感应电动机参数

Tab. 1 Parameters of induction motor from 0:00 to 7:00 on workdays being converted to PSASP

| 站名   | 电动机比例/ % | $X_1$  | $R_2$  | $X_2$  | $T'_{d0L}$ | $T_L$  | $\beta$ |
|------|----------|--------|--------|--------|------------|--------|---------|
| 原有参数 | 60       | 0.2950 | 0.0200 | 0.1200 | 0.5760     | 2.0000 | 2.0000  |
| 窦庄变  | 48       | 0.3741 | 0.0160 | 0.2293 | 0.2056     | 1.9969 | 2.0466  |
| 大桥变  | 52       | 0.5125 | 0.0208 | 0.3141 | 0.2114     | 1.0001 | 3.5184  |

表 2 转换成 PSASP 格式的周末(冬季)

0:00 - 7:00 感应电动机参数

Tab. 2 Parameters of induction motor from 0:00 to 7:00 at weekends being converted to PSASP

| 站名   | 电动机比例/ % | $X_1$  | $R_2$  | $X_2$  | $T'_{d0L}$ | $T_L$  | $\beta$ |
|------|----------|--------|--------|--------|------------|--------|---------|
| 原有参数 | 60       | 0.2950 | 0.0200 | 0.1200 | 0.5760     | 2.0000 | 2.0000  |
| 窦庄变  | 69       | 0.4721 | 0.0194 | 0.2894 | 0.2159     | 3.9964 | 1.0091  |

## 2.2 负荷情况查询

负荷情况查询的目的则是为了获取各节点在某时间段的高峰、低谷负荷,以及对应的感应电动机比例。同样这个时间段可随不同选择而改变。软件应用中,可以选择只查询一个节点或是同时查询所有节点,可以选择查询一天、一个月、一个季度或者是

一年。其实质也是基于数据库中符合查询条件数据的综合。这样,就可以得到对应时段的高峰负荷、低谷负荷以及对应于此高峰负荷、低谷负荷时的感应电动机平均比例,从而可以对负荷水平高低与感应电动机比例的关系进行分析。

从大量的数据分析可以看出,高峰负荷时的感应电动机比例相对于低谷时的感应电动机比例要低一些。

## 2.3 其它数据读取及入库操作

由于负荷模型多种多样,辨识得到的参数也就有着不同类型。通过对数据库数据调用,可以读取到所有的入库参数结果。另外,还可以从数据库中调出任意一个已入库的有效值数据文件,选择不同的负荷模型对其进行重新辨识,若有必要可以重新进行入库操作。这里就不再详述。

由上述各项查询以及读取入库等操作可见,软件中实现对各类数据的分析,都是建立在对数据库操作的基础之上,也正是因为数据库用各表记录了节点负荷的完整信息,才使得负荷特性分析研究工作得到进一步的发展,更有利于其中规律的发现和总结。

## 3 结论

随着采集以及辨识数据的不断增加,建立一个完善的数据库已成为一项不可缺少的工作。要建立实际生产部门能够应用的负荷参数数据库,必须对测量得到的有一定分散性的负荷参数数据进行分类综合。显然,负荷特性的类型与季节(春、夏、秋、冬)、日类型(工作日、周末、假日)有着密切关系。因而一方面提取数据文件的时间信息存储入库,并可以在进行不同查询时将不同信息提取出来进行综合;另一方面根据不同的负荷模型建立不同的参数表,这样建立的负荷特性数据库才更贴近工程实际,更便于进行稳定计算分析。实践证明:数据积累得越多,对特定时段的负荷综合精度就越高。为了得到全网更为准确的负荷参数,要在更多的重要负荷点进行负荷参数实测工作,积累更多的数据。

## 参考文献:

- [1] 鞠平(JU Ping). 电力系统非线性辨识(Nonlinear Parameter Identification of Power System) [M]. 南京:河海大学出版社(Nanjing:Hehai University Press), 1999.
- [2] 贺仁睦(HE Ren-mu). 负荷模型在电力系统计算中的作用及其发展(The Function and Development of Load

- Models in Power System Calculations) [J]. 华北电力大学学报 (Journal of North China Electric Power University), 1985(3).
- [3] 闪四清 (SHAN Si-qing). SQL Server 7.0 系统管理和应用开发指南 (System Management and Application Development Guide of SQL Server 7.0) [M]. 北京: 清华大学出版社 (Beijing: Tsinghua University Press), 2000.
- [4] 贺仁睦, 魏孝铭, 韩民晓 (HE Ren-mu, WEI Xiao-ming, HAN Min-xiao). 电力负荷动态特性实测建模的外推贺内插 (Power System Dynamic Load Modeling Based on the Measurements in the Field) [J]. 中国电机工程学报 (Proceedings of the CSEE), 1996, 16(3): 151 - 154.
- [5] 李德丰, 鞠平 (LI De-feng, JU Ping). 电力系统综合负荷特性的可辨识性研究 (A Study on the Identifiability of Electric Load Models) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems), 1997, 21(7): 10 - 14.
- [6] 鞠平, 李德丰 (JU Ping, LI De-feng). 电力系统综合负荷模型的辨识方法研究 (A Study on the Identification Method of the Composite Electric Load Models) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems), 1997, 21(8): 11 - 14.
- [7] 鞠平 (JU Ping). 电力系统负荷建模理论与实践 (Theory and Practice of Load Modeling in Power Systems) [J]. 电力系统自动化 (Automation of Electric Power Systems), 1999, 23(19): 1 - 7.
- [8] 张莹 (ZHANG Ying). VB6.0 访问 SQL Server 数据库技术 (Technique of Accessing SQL Server Database by VB 6.0) [J]. 信息技术 (Information and Technology), 2002, 8.

收稿日期: 2003-06-03; 修回日期: 2003-07-14

作者简介:

李育燕 (1979 - ), 女, 硕士研究生, 从事电力系统负荷动态建模的研究;

鲁庭瑞 (1956 - ), 男, 江苏省电力调度通信中心主任, 从事继电保护方面的研究;

罗建裕 (1961 - ), 男, 江苏省电力公司二级专家, 从事电网稳定计算与控制的研究。

### Establishment and application of load characteristic database

LI Yuyan<sup>1</sup>, LU Ting-rui<sup>2</sup>, LUO Jian-yu<sup>2</sup>, CHENG Ying<sup>1</sup>, WU Feng<sup>1</sup>, JU Ping<sup>1</sup>

(1. Hehai University, Nanjing 210098, China; 2. Jiangsu Electric Power Co., Nanjing 210098, China)

**Abstract:** A software and a database for load modeling are developed with Visual Basic 6.0 and SQL Server. This paper introduces the components of load characteristic database and its tables. With kinds of querying and calling the real load parameters in database, it is helpful to analyze the relation of load characteristics and time. Practice has shown that the establishment of load characteristic database is of great significance to load analysis and stability calculation.

**Key words:** load characteristic; database; load modeling; power system

## 根据预测 2004 年全国电力供需矛盾加剧

根据预测,到 2010 年,我国用电量将达到 27000 亿 kWh 以上,装机容量将达到 6 亿 kW 以上;2020 年,我国用电量将达到 43000 亿 kWh 以上,装机容量将达到 9 亿 kW 以上,均为 2003 年的 2.3 倍。全国电力需求增长很快,电力供给增加有限,供需矛盾加剧。

2003 年,预计全年用电量将达到 18840 亿 kWh,同比增长约 15%。2003 年年底,全国发电装机容量预计达到 3.85 亿 kW 左右,同比增长约为 8%。由此可见电力需求的快速增长,使中国正在遭遇电力短缺瓶颈。

2004 年,现有发电设备利用小时数增加空间已经很小,即使考虑新增发电装机容量后,我国电力供应总量与需求总量仍然有较大的缺口。同时,由于电煤供应趋紧,部分水库水位较低;电网建设滞后,部分输配电网存在卡脖子现象;加上水和气温存在不确定因素等,2004 年全国电力供求形势将更加紧张,特别是夏季用电高峰有很大的不确定性。因此,持续拉闸限电的地区可能有所增加。