

[控制系统]

基于省、地、县一体化的 多级母线负荷预测系统的应用研究

文/国网浙江金华供电公司 杨靖萍 李有春 陈辛翰
北京清软创新科技有限公司 苏 亮

针对金华地区母线负荷数量庞大、覆盖面广、多层级数据交互频繁等特点，考虑地方电厂、大用户、经济性因素及气象因素的影响，提出以浙江省电力公司电力调度中心为中央节点、各地市调度中心为一级节点、县级调度为末级节点的省、地、县一体化电网母线负荷预测应用平台，将系统延伸到更低电压等级，为负荷预测精细化管理工作提供了必要条件。

随着电力体制改革的不断深化，全社会对电网以及整个电力工业安全、节能、经济、高效运作的要求日益提高。为了提高调度部门驾驭大电网的能力与节能调度水平，实现科学化、集约化、精益化的调度管理工作，建设“智能化坚强电网”的目标，并且进一步贯彻落实国家节能、减排的政策的要求，改变现有粗放的调度运行方式的任务迫在眉睫，针对改进和完善现有的调度工作的问题，提出精细的母线负荷预测方案，为合理安排生产调度计划、实施节能发电调度提供保障，并为调度精细化管理工作奠定基础。如何在当前电网发展的新形势下建立科学的母线负荷预测管理和技术体系，为日前发电计划制订和电网安全校核提供数据基础和保障，成为一个新的课题。

母线负荷相对系统负荷其特点是稳定性较弱，负荷变化较快，趋势不明显。母线负荷又同时受到多种复杂因素的影响，比如气温、典型大用户、地方电厂，等等。气温的突然变化、受经济因素影响的工业负荷的变化、地方电厂与大用

户的变化和高铁牵引等冲击性负荷的变化都会引起母线的剧烈波动。

截至2015年6月底，金华电网共有500 kV站4座、变压器10台、总线路数达到32条；220 kV站25座、变压器52台，总线路数87条；110 kV站111座、变压器224台、总线路数达到188条。由以上数据可知，金华地区母线负荷数量庞大、覆盖面广、多层级数据交互频繁。因此对母线负荷的预测会较为复杂，结合浙江省金华市电网的特点，建立一套省、地、县一体化母线负荷预测系统，并研究预测系统关键技术，对于协助预测人员把控金华全网负荷成分特性，提高金华电网各电压等级负荷预测准确率的具有重要意义。

核心技术研究

以浙江省电力公司电力调度中心为中央节点、各地市调度中心为一级节点、县级调度为末级节点的省、地、县一体化电网母线负荷预测应用平台，涵盖中低压母线负荷预测系统（由220 kV层级拓展到110 kV，甚至更低电压等级），将母线负荷预测

工作和系统应用延伸至各地、县调度系统网络结构示意图如图1所示。

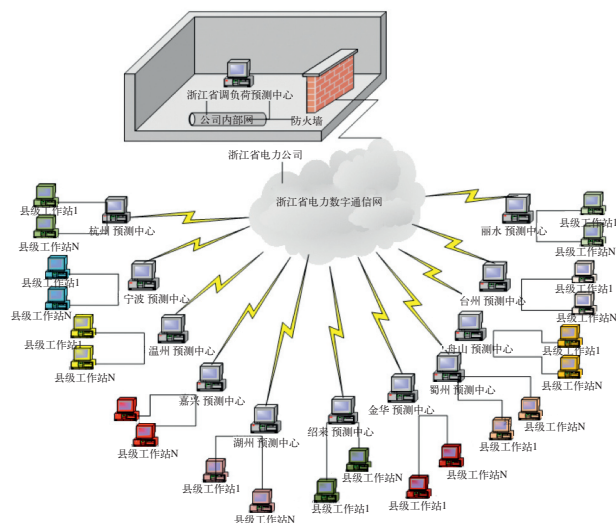


图1 系统网络结构示意图

省地县一体化电网负荷预测系统由省级中心与地市级中心两部分组成，系统采用三层体系结构，并采用B/S模式。其中分析预测运算分别在各中心单独完成，如图2所示。各个中心是集中存储数据，集中汇总，接受用户请求，发布信息，进行全省或地区母线负荷分析、母线负荷预测管理，省中心与地市中心之间有数据上报和信息发布交流，指导地市级的母线负荷预测工作；而县级可通过远程登录方式对本地区的母线负荷运行方式进行上报工作。

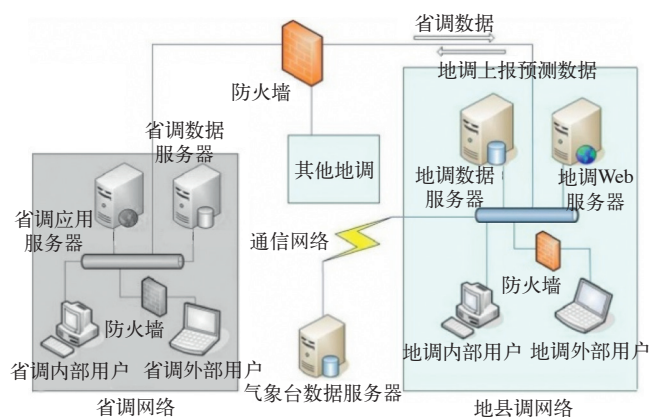


图2 市、县级预测中心与省级预测中心的数据流向与网络结构图

系统采用分布式架构，地区常用的数据都可保存在本地库，方便提高响应速度，不仅加强了本地机器运算能力，同时减轻了服务器的负担，减少了网络资源的占用情况；本地库是远程库的

一个简单副本，同时又起到一个备份的作用，保证了数据的安全。

随着母线负荷预测省地县一体化工作的开展，对地调母线负荷预测系统的建设及其实用化水平也提出了更高的要求。另外随着地调信息化建设的发展和自动化系统的逐步完善，地调自身对于母线负荷预测数据的应用诉求也日益扩大。

应该说，高准确率母线（节点）负荷预测系统在地调检修计划管理、安全分析、负荷管理、地方电厂管理、无功电压控制等方面都有较好的应用前景，同时精确的地调中、低压母线负荷预测对于上级调度单位的高电压等级母线负荷预测具有较大的参考价值，有利于提高上级调度单位的高电压等级母线负荷预测精度。

系统目标与总体路线如图3所示。

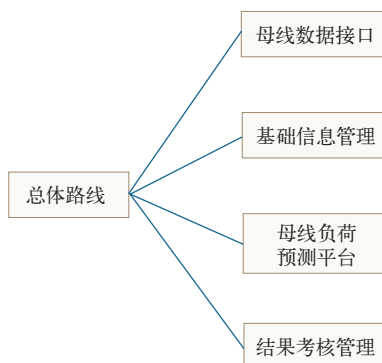


图3 总体路线框架

建立标准化母线负荷数据接口

必须针对各种电力系统中的信息存储规范，建立灵活、自动的数据采集和读取接口，为系统导入海量的基础数据，减轻工作人员的负担，保证整个预测工作高效的完成。系统提供地调母线负荷预测结果及历史负荷数据上报的接口，提高调度部门预测工作的管理效率。

建立基础信息数据管理模块

母线负荷预测涉及大量母线多个时段的数据管理，需要综合考虑系统网络拓扑结构以及系统负荷和各种相关因素对母线负荷的影响。必须建立一个完善的电网模型与负荷数据信息管理和分析模块。不仅需要系统中所有网调电厂的信息、系统中各机组的信息进行更新和管理，也要提供如图4所示的一定辨识异常数据的功能，为负荷预测提供必要条件。

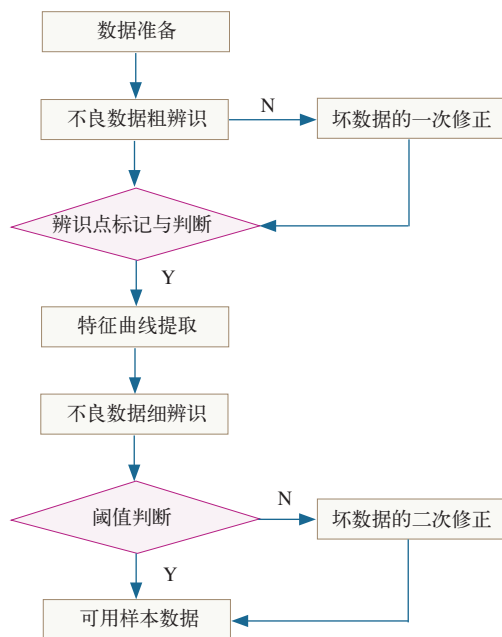


图4 基于特征曲线的坏数据修正

建立母线负荷分析预测平台

通过开展负荷预测模型算法的研究,建立适合各地特点的基于多种技术路线母线负荷预测模型算法库,并应用基于模式识别策略的预测算法寻优机制,结合计划性相关因素信息,得到准确的母线负荷预测结果。

建立预测结果考核和系统管理模块

由于母线负荷预测工作层级管理制度的需要,系统需要建立完善的母线负荷上报考核管理系统。一方面实现基于工作流程的上报和下达的管理功能,另一方面实现对各地区上报系统及母线负荷预测结果信息的采集汇总并根据母线负荷预测结果和实际负荷实现多角度、多维度的考核分析。同时,为了保证不同级别的工作人员能够安全、高效地登录和操作系统,系统中要加入角色管理工具。

基于上述功能模块系统将建成一个集综合数据管理、母线负荷分析与预测、母线负荷预测上报考核管理为一体的电网母线负荷预测管理平台,实现对电网的精细化管理,实现对电力系统调度的科学化、集约化,并且最终为电网安全、经济、环保运行提供数据保障和技术支持。

系统功能设计

1. 基础信息管理

母线负荷预报系统从高级应用软件的网

建模中获取母线负荷定义及其所属区域和厂站的层次关系,并形成以负荷组为基本实体的负荷模型。基础信息模块主要是查询展示负荷模型的层次关系及相关信息,主要分成厂站信息、母线信息、负荷组信息及数据管理平台。

(1) 厂站、母线、变压器等信息

根据指定的查询条件查找厂站、母线、变压器等的详细信息,包括:名称、电压等级、类型、所属区域等。

(2) 气象数据信息

气象参数会对短期负荷影响较大,作为重点相关因素参与预测结果的补偿,因此良好的数据维护工作也尤为重要,采集信息包括:日天气类型(晴、阴等),日最高温度、日平均温度、日最低温度,日降雨量,湿度,风速等。

(3) 数据管理平台

支持对母线或系统总加的负荷日志、负荷特性、典型负荷曲线进行查询、维护和管理。

信息维护平台对数据的维护、查询和管理可以从电网、口径、时间三个维度进行。对于同一个数据分类进行多选,实现多电网对照查询分析。支持以电网选择、口径选择、时间范围选择、数据分类节点选择组合构成查询条件,确定了查询准确性。

2. 母线负荷特性分析

负荷分析是把握负荷变化规律的基础手段,同时也是本系统负荷预测模块的重要功能。

(1) 时间维度负荷分析

通过对日、周、月、季、年等时间维度的各种负荷曲线的展示和负荷特性的分析反映负荷的变化规律和影响因素。从而更好地支持负荷预测专家的工作,如图5所示。

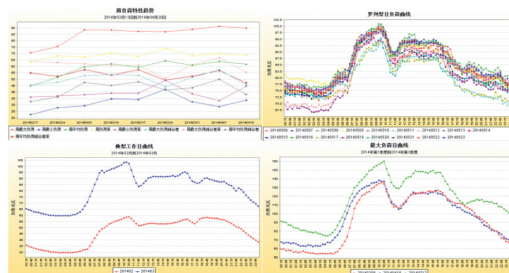


图5 各时间维度负荷特性分析

(2) 稳定性分析

将一段时间内的目标母线数据进行分解和成分分析,提取其中可规律性建模的成分和波动性

成分, 得出母线负荷的稳定度上限和稳定度下限指标, 从而确定此段历史数据的规律性和可预测性, 如图6所示。历史负荷稳定的上限

$$L_{upper} = \left(1 - \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (H(t) | LOAD(t))^2}{N}} \right) \times 100\%$$

历史负荷稳定的下限

$$L_{lower} = \left(1 - \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (H(t) | LOAD(t))^2}{N}} \right) \times 100\%$$

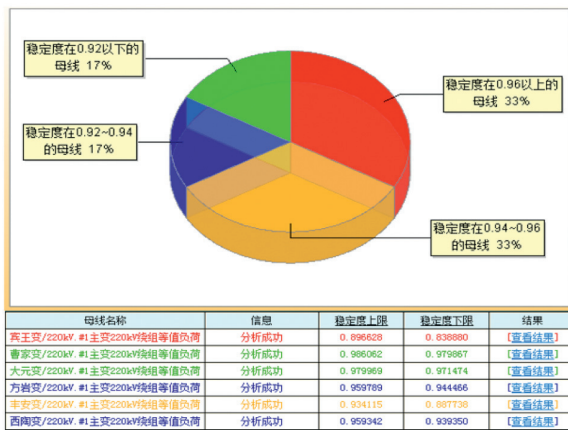


图6 稳定性分析

(3) 相关性分析

衡量各个母线之间的相关性, 研究天气变化(温度、湿度、降水等)对母线负荷的影响, 提出灵敏度、变化量、拟合度等指标进行负荷数据与气象数据的两两相关性分析如图7、图8所示。相关系数是皮尔逊(Pearson)相关系数, 其计算公式为

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}}$$

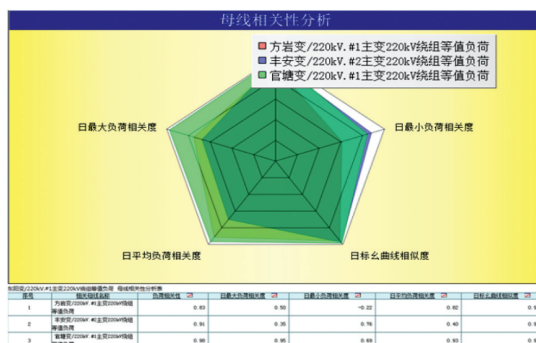


图7 母线相关性分析

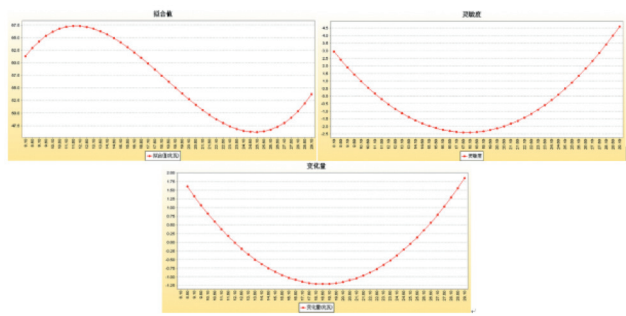


图8 气象电力相关性分析

3. 母线负荷预测

为满足母线负荷特性及其时变性要求, 母线负荷预测系统提供丰富的预测算法库, 如图9所示。系统会根据预测对象及相关数据在预测算法库中自动筛选适合的算法, 进行自适应学习与训练, 以得到最优模型。用户还可以根据自身经验对预测过程进行策略选择、计算控制、偏差修正、结果干预等工作, 以提高模型预测精度。

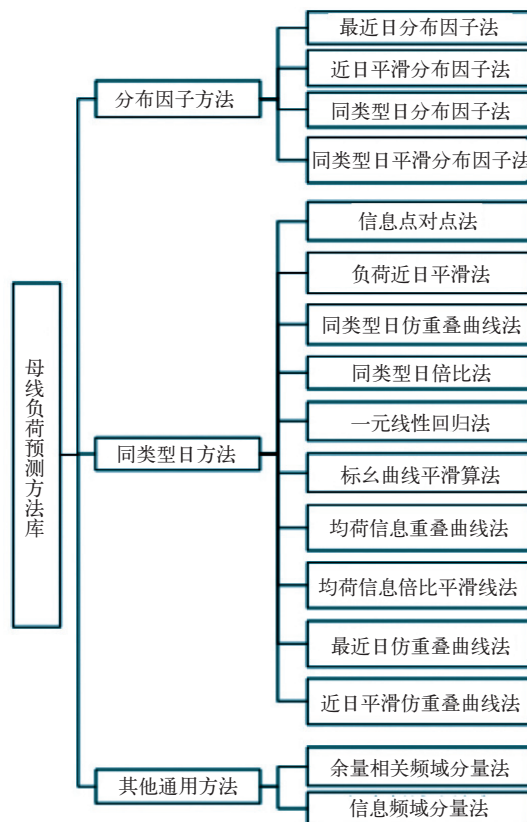


图9 丰富的母线负荷预测算法库

4. 考核与后评估

为不断提高母线负荷预测精度, 对地调专职人员工作效果作出有效的评价, 本系统集成考核与后评估功能, 包含日、月、季度、年准确率、对比排名及考核合格率, 如图10、图11所示。

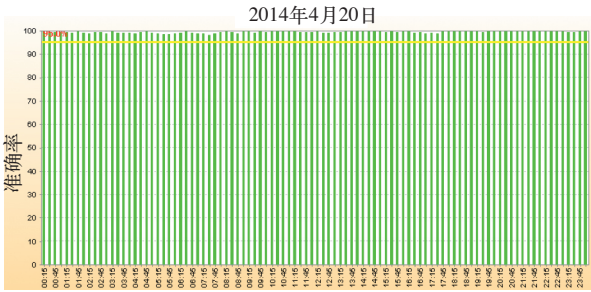


图10 负荷预测准确率

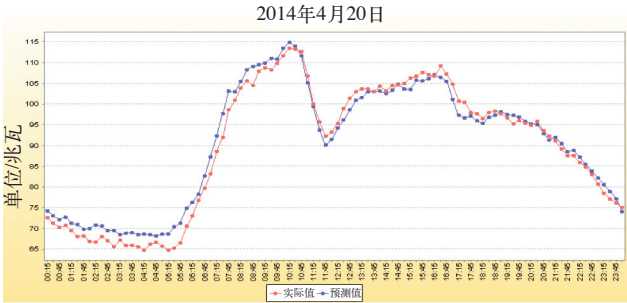


图11 包含预测值、实际值日负荷曲线

5. 报表生成与处理

提供预测精度排行、精度分析报告、缺陷母线分析报告的生成，包含地区以及总体精度、负荷预

测精度区间百分比、负荷预测精度前十位/后十位、母线预测平均精度，如图12、图13所示。辅助工作人员更高效、便捷地进行负荷预测管理工作。

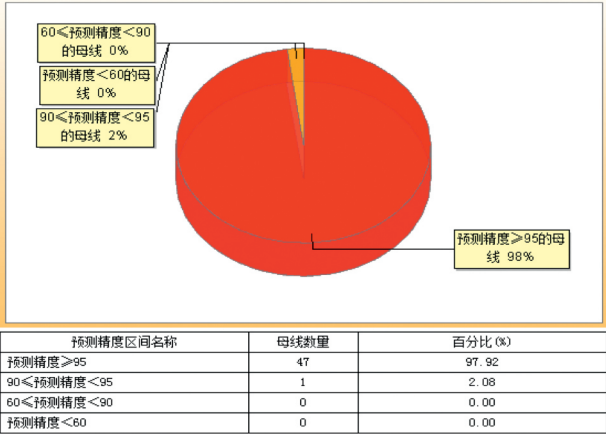


图12 预测精度区间百分比

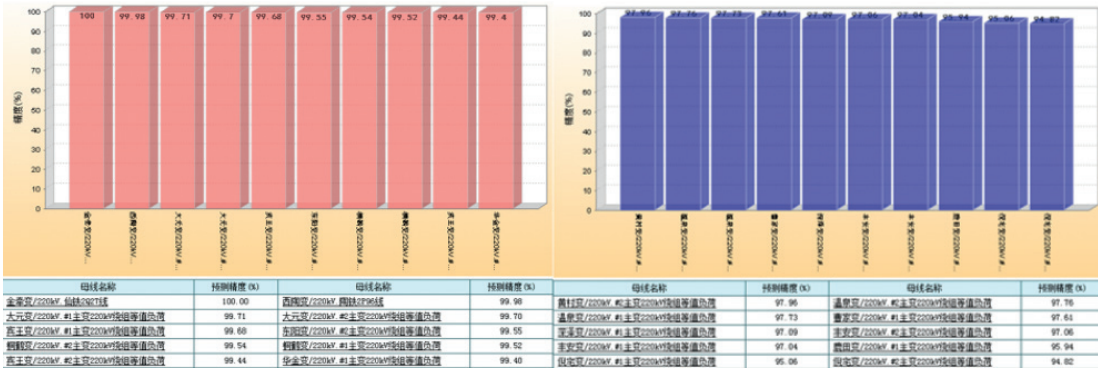


图13 负荷预测精度排名

结束语

当前地调管辖电网规模在不断扩大，网架结构日益复杂，所以将母线负荷预测系统推广至县级单位是有必要的。县级单位的推广实现了省、地、县三级联动，将系统延伸到更低电压等级，为精细地掌握负荷特性提供了便利条件。

随着省、地、县一体化母线负荷预测工作的开展，为上级单位完善了层级考核管理上报

系统制度，保证了所辖电网区域内的母线负荷预测质量，掌握了以前省级调度无法掌控的负荷特性，精细化了母线负荷节点的纳入，打破了行政区域限制，将形成全方位分层分区的负荷结构体系，有效地提升省级调度负荷精细化管理工作。EA

(收稿日期：2015.08.31)

(编辑：杨得润)