

Load Modeling for 220kV Power Station Based on Statistical Synthesis Method

Jian Xu, Lei Huang, Jian Zhang, Yuanzhang Sun

School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan, China

Email: xujian@whu.edu.cn

Abstract: Based on the details of the load structure, statistical synthesis method adopts the polymerization process to obtain load model parameters which accurately reflects the load characteristics. In this paper, the load supplied by a 220kV substation in Huangshi area Hubei province under summer typical operation mode is studied. According to the classified elaborated investigation level by level from high voltage to low voltage and classified load aggregation method level by level from low voltage to high voltage, the synthetic load model considering distribution network (SLM) parameters of this substation were determined, which had relatively large differences with the parameters recommended by China Electric Power Research Institute (CEPRI). The analysis results show that more research on whether the SLM parameters based on the Northeast load disturbance experiment is suitable for Hubei power system should be made.

Keywords: statistical synthesis method, load modeling, synthetic load model considering distribution network (SLM), parameter

基于统计综合法的 220kV 变电站综合负荷建模

徐 箭, 黄 磊, 张 剑, 孙元章

武汉大学电气工程学院, 武汉, 中国, 430072

Email: selflei@163.com

摘 要: 统计综合法能够根据调研得到的综合负荷详细构成, 采用聚合方法得到准确反映负荷特性的模型参数。本文以湖北省黄石地区某 220kV 变电站夏季典型运行方式下所供负荷为研究对象, 采用从高压到低压逐级分类细化调研、从低压到高压逐级分类负荷聚合的方法, 得到了该变电站的考虑配电网的综合负荷模型参数, 与中国电力科学研究院推荐的参数对比分析表明二者存在比较大的差别, 说明基于东北扰动实验得到的负荷模型参数应用于湖北电网还需要进行进一步的深入研究。

关键词: 统计综合法、负荷建模、考虑配电网的综合负荷模型、参数

1 引言

负荷模型对电力系统的暂态稳定、电压稳定、小扰动稳定的计算结果都有一定程度的影响。因此, 对电网的实际负荷特性进行调查研究, 得出尽可能反映实际负荷特性的负荷模型应用于电力系统调度的仿真, 无疑具有重要的理论和工程价值^[1-4]。

在负荷模型的研究和应用领域, 采用统计综合法建立负荷模型的方法已得到了广泛认可^[5-9]。统计综合法负荷建模基于统计学原理, 其基本思想是将综合负荷看成个别用户的集合, 每一用户则是各类用电设备的集合。

其基本的建模过程是, 首先将构成综合负荷的用电设备进行分类并确定各类电器的平均负荷特性, 然后根据构成综合负荷的各类电器的比重, 得出综合负荷模型, 同时考虑配电网的影响。

统计综合法的优点是技术成熟, 统计调查不依赖现场试验和花费较小。然而, 统计综合法负荷建模在国内却并没有得到广泛的应用, 制约其发展的关键就在于负荷构成特性的基础信息的完整性和准确性很难得到保证。

本文以湖北省黄石地区某 220kV 变电站夏季典型运行方式下所供负荷为研究对象, 采用从高压到低压逐级分类细化, 进行了供电网络和负荷构成的详细统计调研, 基于第一手资料, 从低压到高压逐级分类聚合, 采用负荷聚合算法得到了该变电站的考虑配电网的综

资助信息: 中央高校基本科研业务费专项资金资助 (项目编号: 5082008)

合负荷模型(SLM)参数, 并与中国电力科学研究院推荐的参数进行了对比分析。

2 调研变电站基本情况

待调研的变电站(以下简称 A 变电站)地处黄石铁山中心地带, 拥有主变两台, 总的变电容量是 240MVA, 负荷以工业负荷为主。夏季大负荷运行方式下, 变电站供电区域涉及到 110kV 变电站 5 座, 10kV 馈线共计 124 条, 供电范围广, 涉及用户多, 结构复杂。变电站供电区域拓扑图如下图 1 所示:

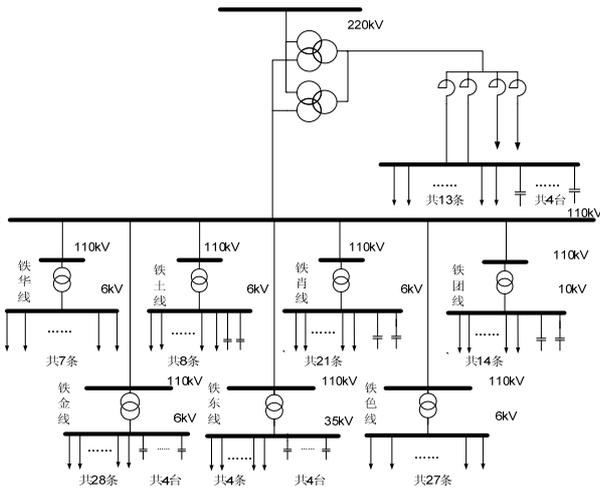


Figure1 The power supply area of substation A
图 1 A 变电站供电区域拓扑图

3 基于统计综合法的负荷特性调研

3.1 网络参数的调研

网络参数部分主要涉及到夏季大负荷方式下线路参数、主变参数和电网的实时潮流三个部分的内容。其中, 线路参数和主变参数通过查询电网设计值得到; 夏季大方式下的潮流是根据 A 变电站及其下属的 110kV 变电站的 SCADA 系统提供的潮流数据整理而得。

3.2 负荷构成的调研

3.2.1 负荷构成调研步骤

A 变电站的夏季负荷调查涉及到华祥变电站、东钢变电站、土桥变电站、有色变电站、金山店变电站 5 个大用户变电站以及 22 台专变厂家。

- (1) 获取电网一次接线图、A 变电站一次接线图、黄石电网有功/无功功率表、A 变电站潮流分

布、A 变电站大用户有功负荷日报表、黄石电网 110kV 线路设备表参数表、黄石电网变压器台帐、黄石电网电容器台帐等。

- (2) 依据黄石电网一次接线图和 A 变电站一次接线图, 对 A 变电站所供负荷进行分析, 得出每一个专变的线路名称。
- (3) 获取 A 变电站供电范围内的大客户和专变的具体信息。选取用电量超过整个行业总额 50% 的企业作为调查目标, 和所有大客户一起作为负荷调研的最终对象。

3.2.2 大用户负荷构成调研的方法

对于 110kV 大用户负荷而言, 其负荷构成相对简单, 主要是工业负荷。为了进行负荷聚合必须得到这些工业负荷的详细构成, 如大型工业电动机、小型工业电动机、电解负荷、电热负荷等的大小和比例。调查采取的方法主要包含以下两步: 第一步, 由变电站 SCADA 系统调研大户变电站低压馈线某一时刻点的实时潮流, 并调查该馈线所带负荷类型。第二步, 根据各馈线相应的负荷构成情况进行综合, 得出各 110kV 大用户变电站夏季大方式下的负荷用电构成。每家企业负荷调查主要内容包括负荷构成情况和负荷使用情况。

4 负荷特性聚合

4.1 考虑配电网的综合负荷模型

中国电力科学研究院于 2005 年提出了适用于东北电网计算分析的、考虑配电网的综合负荷模型 (SLM), 如下图 2 所示。

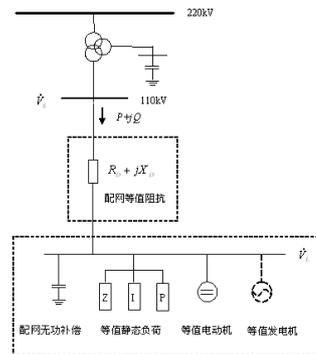


Figure2 Structure of synthetic load model considering distribution network (SLM)

图 2 考虑配电网的综合负荷模型(SLM)结构

上述各等值元件模型中, 参数分别为:

- (1) 等值电动机参数: $R_s, X_s, X_m, R_r, X_r, A, C, H, K_{pm}$;
- (2) 静态负荷参数: $P_z, P_l, Q_z, Q_l, \cos \varphi$;
- (3) 无功补偿参数: Q_c ;
- (4) 配网阻抗参数: R_D, X_D ;
- (5) 等值发电机参数: $x_d, x'_d, x''_d, x_q, x'_q, x''_q, R_a, T'_{d0}, T''_{d0}, T'_{q0}, T''_{q0}, T_J, D$ 。

由于 A 变电站供电范围内没有小电源, 故不用考虑等值发电机的聚合。

4.2 负荷参数聚合

按照负荷电压特性将各终端负荷分为静态负荷(包括恒电阻负荷(Z)、恒电流负荷(I)、恒功率负荷(P))以及动态负荷(感应电动机负荷)。ZIP 负荷根据其额定容量、电压等级、所接线路和功率因数进行聚合; 感应电动机负荷根据其动态参数及其所带负荷类型(如风机、水泵等)以及负载率进行聚合。最终形成 220kV 变电站的 SLM 参数。具体聚合方法详见文献[4]。聚合结果见下表 1。

Table1 Polymerization result of SLM parameters in substation A
表 1 A 变电站 SLM 参数聚合结果

R_s	X_s	X_m	R_r	X_r	A
0.027	0.081	3.600	0.018	0.160	0.990
C	H	K_{pm}	P_z	P_l	Q_z
0.010	1.250	0.660	0.810	0.190	0.860
Q_l	$\cos \varphi$	R_D	X_D	Q_c	
0.140	0.919	0.004	0.107	23.370	

5 与中国电力科学研究院推荐的 SLM 参数比较

中国电力科学研究院推荐采用如下表 2 所示的综合负荷模型参数, 以下分别就调研确定的 A 变电站 SLM 参数与电科院推荐参数进行对比研究。

Table2 SLM parameters recommended by China Electric Power Research Institute (CEPRI)

表 2 中国电力科学研究所推荐的 SLM 参数

R_s	X_s	X_m	R_r	X_r	A
0.013	0.067	3.800	0.009	0.170	0.850

C	H	K_{pm}	P_z	P_l	Q_z
0.150	1.500	0.600	0.300	0.300	0.300
Q_l	$\cos \varphi$	R_D	X_D	Q_c	
0.300	0.850	0.000	0.060	/	

5.1 电动机参数对比

由于电科院推荐的电动机参数为 IEEE 2 型大型感应电动机的参数, 其定子电抗较小、转动惯量较大。而调研的 A 变电站负荷含有大量的中小企业、工厂, 故聚合后的等值电动机参数中, 定子电抗均大于电科院推荐的参数, 而转动惯量均小于电科院推荐的参数。

5.2 静态负荷参数对比

调研的 A 变电站恒阻抗负荷比例比电科院推荐值大很多, 而恒功率负荷比例比电科院推荐值小很多。分析 A 变电站的负荷构成发现, 工业负荷中静态负荷主要包括电解负荷、电弧炉, 含有少量的居民负荷, 且居民负荷中静态负荷主要包括家用电器, 如热水器、彩电、电烤箱、洗碗机、白炽灯等, 其负荷主要表现为阻抗特性。故聚合出来的等值静态负荷中, 恒阻抗负荷比例较大, 而恒功率负荷比例较小。

5.3 配电网参数对比

A 变电站的配网电抗值为 0.107, 比电科院推荐参数 0.06 大很多, 分析 A 变电站配电网结构发现, 供电范围内多属丘陵地带, 供电距离一般较远, 故配电网电抗比较大。

6 结论

统计综合法能够根据调研得到的综合负荷详细构成, 采用聚合方法得到准确反映负荷特性的模型参数。本文以湖北省黄石地区某 220kV 变电站夏季典型运行方式下所供负荷为研究对象, 采用从高压到低压逐级分类细化调研、从低压到高压逐级分类负荷聚合的方法, 得到了该变电站的 SLM 参数, 与中国电力科学研究院推荐的 SLM 参数对比分析表明二者存在比较大的差别, 说明基于东北扰动实验得到的 SLM 参数应用于湖北电网还需要进行进一步的深入研究。

References (参考文献)

[1] ZHANG Jian, SUN Yuanzhang, XU Jian. A Dynamic Aggregation Method for Induction Motors Based on Their Coherent

- Characteristics[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(5): P48-52.
张剑, 孙元章, 徐箭等. 基于同调性的电动机动态聚合方法[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(5): P48-52.
- [2] SUN Yuanzhang; ZHOU Youbin; XIN Junhui. Summary Report on "Deepen Research and Adaptability Analysis of Hubei Power Grid Load Modeling"[R]. Wuhan: Hubei Electric Power Testing & Research Institute; Wuhan University. 2010.
孙元章, 周友斌, 忻俊慧等. 湖北电网负荷模型深化研究及适应性分析项目总结报告[R]. 武汉: 湖北省电力试验研究院、武汉大学电气工程学院, 2010.
- [3] SUN Yuanzhang; ZHOU Youbin; XIN Junhui. A Special Report on "Deepen Research and Adaptability Analysis of Hubei Power Grid Load Modeling"--Investigation Report of Load Characteristic in Hubei Power Grid. Wuhan: Hubei Electric Power Testing & Research Institute; Wuhan University. 2010.
孙元章, 周友斌, 忻俊慧等. 湖北电网负荷模型深化研究及适应性分析项目专题报告一: 湖北电网负荷特性调研报告[R]. 武汉: 湖北省电力试验研究院、武汉大学电气工程学院, 2010.
- [4] SUN Yuanzhang; ZHOU Youbin; XIN Junhui. A Special Report on "Deepen Research and Adaptability Analysis of Hubei Power Grid Load Modeling"--Report on Synthetical Modeling and Parameter Testing of Typical Loads in Hubei Power Grid. Wuhan: Hubei Electric Power Testing & Research Institute; Wuhan University. 2010.
孙元章, 周友斌, 忻俊慧等. 湖北电网负荷模型深化研究及适应性分析项目专题报告二: 湖北电网各类典型负荷综合建模及参数测试报告[R]. 武汉: 湖北省电力试验研究院、武汉大学电气工程学院, 2010.
- [5] ZHANG Lei; LI Xin-ran; CHEN Hui-hua. Development of Load Modeling for Power System Based on Statistical Synthesis Method[J]. Proceedings of the Chinese Society of Universities for Electric Power System and its Automation, 2010, 22(1): P120-125.
张磊, 李欣然, 陈辉华. 统计综合法电力系统负荷建模平台的开发[J]. 电力系统及其自动化学报, 2010, 22(1): P120-125.
- [6] WANG Qi; ZHANG Wen-chao; TANG Yong. A New Load Survey Method and Its Application in Component Based Load Modeling[J]. Power System Technology, 2010, 34(2): P104-108.
王琦, 张文朝, 汤涌等. 统计综合法负荷建模中的调查方法及应用[J]. 电网技术, 2010, 34(2): P104-108.
- [7] TANG Yong; ZHANG Hong-bin; HOU Jun-xian. Study on Essential Principle and Methods for Load Modeling[J]. Power System Technology, 2007, 31(4): P1-5.
汤涌, 张红斌, 侯俊贤等. 负荷建模的基本原则和方法[J]. 电网技术, 2007, 31(4): P1-5.
- [8] ZHANG Hong-bin; TANG Yong; ZHANG Dong-xia. Present Situation and Prospect of Load Modeling Technique[J]. Power System Technology, 2007, 31(4): P6-10.
张红斌, 汤涌, 张东霞等. 负荷建模技术的研究现状与未来发展方向[J]. 电网技术, 2007, 31(4): P6-10.
- [9] ZHANG Dong-xia; TANG Yong; ZHANG Hong-bin. A Survey Paper of Application and Research of Power System Load Model in Power Utilities[J]. Power System Technology, 2007, 31(4): P16-23.
张东霞, 汤涌, 张红斌等. 负荷模型的应用与研究调查报告[J]. 电网技术, 2007, 31(4): P16-23.