

# 地方电网最大负荷供应能力的研究

索智勇, 李日隆

(广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510090)

摘要: 对电网最大负荷供应能力 LSC(Load Supplying Capacity) 进行讨论. 以一地方电网为例, 进行可靠性分析, 提出实际电网运行中影响 LSC 值的几个因素: 电网结构、负荷比例分布、电源配置. 并利用最大负荷供应能力的理论, 在算例分析过程中, 寻求电网调度运行的薄弱点, 并为规划方案提供量化的依据, 达到指导电网运行、优化电网规划的效果.

关键词: 最大负荷供应能力(LSC); 可靠性; 电网运行; 电网规划

中图分类号: TM732

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2004)02-0064-04

随着电力系统规模的扩大, 结构越来越复杂, 输电网络的地位在整个系统中的重要性愈加突出, 电网的可靠性问题受到日益的关注. 电力系统可靠性问题的研究有两方面的目的: 一是为电力系统的发展规划而进行长期可靠性估计; 二是为制定每天或每周运行计划而进行短期可靠性预测(包括评价系统的安全性以及考虑突然扰动的影响)<sup>[1, 2]</sup>.

进行电网的可靠性研究, 能够为电网的发展制订规划方案, 能够为优化运行提供依据, 保证整个电力系统的安全性、可靠性、经济性, 有巨大的效益. 电网的运行与电网的规划虽属两个不同的概念, 但两者间是密不可分的. 电网的规划是以电网的实际运行状况为依据而编制的, 而电网未来的运行, 要受到现今规划的直接影响.

电网最大负荷供应能力 LSC(Load Supplying Capacity), 是电网在既满足发电容量又满足输电线路不过负荷的条件下, 系统的负荷供应能力, 是进行可靠性分析的一种方法. LSC 最初应用于输电系统可靠性的计算, 开始时使用试探法进行, 但试探法计算费时且易出错, 被线性规划法取代. 随着计算机技术水平的提高, 将交流潮流法引入可靠性评估的过程, 用于解决直流潮流法存在的不足. 而对于 LSC 的深入分析和探讨, 则是基于 LSC 的基本理论和实际算例进行的, 也是本文讲述的主要内容<sup>[3]</sup>.

## 1 计算方法和数学模型

最大负荷供应能力, 是指一个系统的发电容量通过输电网络后, 能提供给负荷的最大功率. 这一功率使发电设备没有更多的功率可调度, 也不会引起网络中任一条输电线路过负荷. 其数学模型为:

$$\text{目标函数: } LSC = \max \sum G_i.$$

$$\text{约束条件: 线路潮流} \leq \text{线路额定传输容量},$$

$$\text{发电机输出} \leq \text{发电机额定容量}.$$

$G_i$  为第  $i$  号节点上发电机设备的实际调度出力.

收稿日期: 2003-04-21

作者简介: 索智勇(1975), 男, 助理工程师, 主要研究方向为电力系统可靠性.

求解时,假定网络中各母线上的负荷分配比例在各种系统负荷水平下均保持不变,关键是将约束条件中的线路潮流表示为发电机调度出力的函数.采用直流潮流法建立网络方程,并作如下简化假定:忽略线路的电阻和对地电容;网络中各母线节点的电压相等且等于 1(标么值);只计算线路潮流的有功部分,其值与线路两端的电压相角差成正比.通过对网络方程的转化与整理,可将线性规划问题重新写成下式:

目标函数:  $LSC = \max \sum G_i.$

约束条件:  $HG \leq P_{branch \cdot H}, G \leq G_H.$

其中,  $P_{branch \cdot H}$  为支路额定传输容量,  $G_H$  为发电机额定容量的列向量.

又有

$$H = B_{branch} A B_{bus} (I - L^*),$$

其中,  $B_{branch}$  为支路电纳对角矩阵,  $A$  为支路电压相角与母线节点电压相角间的关联矩阵,  $B_{bus}$  为母线节点电纳矩阵,  $L^*$  为方阵,行元素表示母线节点负荷标么值.

求解系统的 LSC 时,可根据网络的结构和参数算出系数矩阵  $H$ ,再解线性规划问题.

2 影响 LSC 的因素

电网正常状态下的 LSC 值,与负荷比较,可从某种程度上反映电网对负荷供应的裕度.当 LSC 小于负荷值时,则是系统供电不足.随着用电量的增长,若电网不作相应改变,负荷增加会逼近 LSC 值,从而电网的裕度会逐渐减小.

对一个实际的电网,在其正常运行方式下,即电网中任一元件都处于可用状态,可算出网络的 LSC 值;在各种偶发故障下,也可算出 LSC 值,当 LSC 值小于电网负荷时,则可确定属于系统故障或系统电力不足.电网在任何单一故障下, LSC 值仍大于负荷值,则表明系统满足 N-1 准则.反之,当单一故障下 LSC 值小于或接近负荷值时,则系统已处于不可靠性状态,应当尽快规划改善这种状况.

一地方电网的网络如图 1 所示,网络的装机总容量 1 029 MW,最高负荷约 700 MW,平均负荷约 520 MW.其部分的 LSC 值列出如表 1 所示.

从表中可以看出,线路 3、25、28、30、33 的停运会造成网络的 LSC 值较大幅度下降,是网络的薄弱点,直接影响电网的可靠性,而节点 W、V 与周边电网有联络线,当联络线路用作输入功率时,可以缓解线路 3、33 停运造成的供电不足.线路 31、32 的停运,LSC 值明显高于其他值,可以判断在其附件存在网络的奇异点.

网络的 LSC 值,是根据各节点的负荷分配比例,通过潮流计算,检验线路的过负荷情况,同步增大节点负荷量并调整发电容量的调度方案最后求

表 1 电网的 LSC 值

| 停运线路号 | LSC 值/MW | 系统供电不足/MW |
|-------|----------|-----------|
| 正常    | 724      |           |
| 3     | 608      | 92        |
| 5     | 723      |           |
| 8     | 724      |           |
| 12    | 724      |           |
| 13    | 730      |           |
| 14    | 720      |           |
| 17    | 728      |           |
| 24    | 705      |           |
| 25    | 649      | 51        |
| 26    | 701      |           |
| 28    | 669      | 31        |
| 29    | 709      |           |
| 30    | 653      | 47        |
| 31    | 843      |           |
| 32    | 849      |           |
| 33    | 613      | 87        |
| 34    | 732      |           |

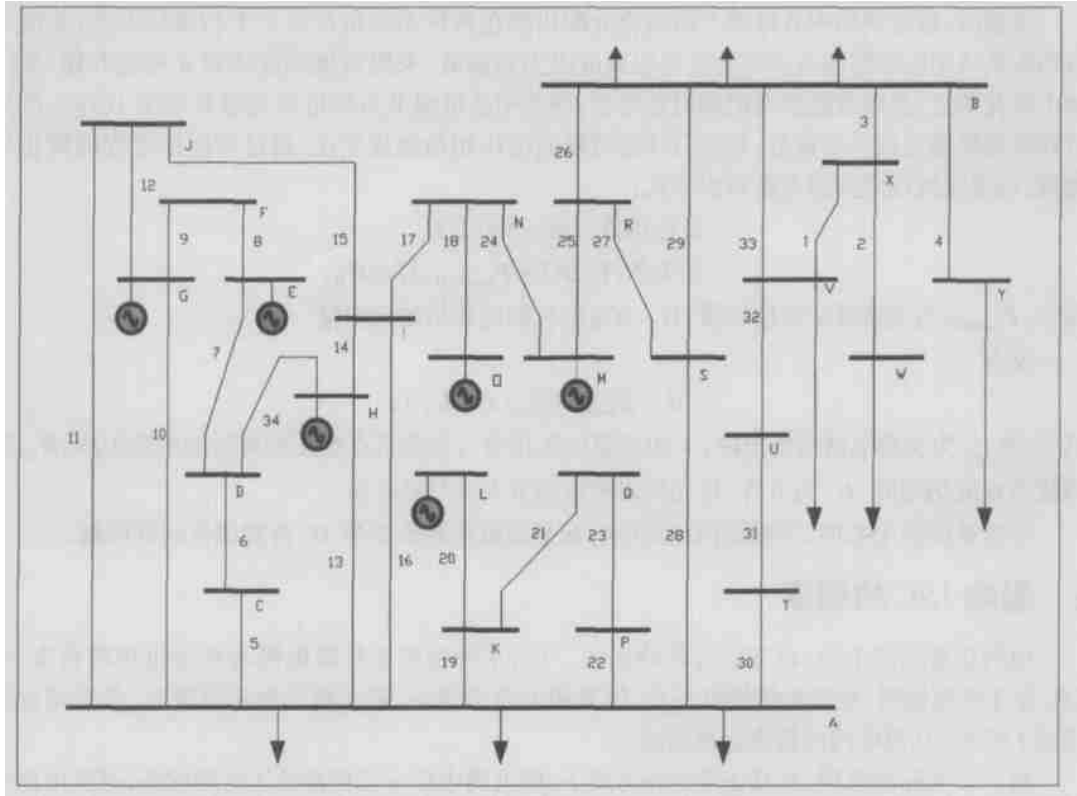


图 1 电网结线图

得的. 可见,LSC 值与网络的拓扑结构、电源配置、节点负荷分配有直接关系. 也就是说,影响电网的 LSC 值的因素主要有: ①电网建设、改造或电网元件因检修或故障而退出运行, 导致网络的拓扑结构发生改变; ②电源的增加、减少, 或机组由于检修而退出运行; ③负荷增长, 或负荷变化导致节点负荷比例的改变.

LSC 与电网的拓扑结构相关, 拓扑结构也即电网的结构状况, 主要受电网的建设和改造而影响, 短期内其基本参数是不变的, 拓扑结构决定了电网的 LSC 值. 根据 LSC 值, 可指导电网的建设, 优化规划. 拓扑结构还受调度运行方式的制约, 也就是电网元件因检修或故障而退出运行, 而这个拓扑结构是短期的, 甚至是非正常运行方式下的, 其 LSC 值必然会因电网元件停运而变化, 这个变化往往是变小, 可以从某种程度上反映当时运行方式的可靠度, 为调度运行提供参考依据.

LSC 与电源的配置相关, 电源的配置点不同, 会影响电网的 LSC 值, 也即电厂选址直接关系到电网的可靠性. 同样, 电厂的增加或减少也影响 LSC 值. 反过来, 通过 LSC 值可为电源选址提供依据. 而在日常运行中, 发电机组并网或停运会造成 LSC 值的变化, LSC 值可作为调度安排电厂出力、机组检修提供依据.

LSC 与节点负荷分配相关, 负荷节点的增加, 也即新的变电站的投运, 也可看作是拓扑结构的改变, 会影响网络的 LSC 值. 现有的节点负荷变化, 如季节变化、峰谷差异, 也导致了 LSC 的变化. 在节点负荷变化反映到 LSC 变化的同时, 应制定相应的电网发展规划满足实际的用电需要.

对一个实际的电网而言, 在短期内这三个状态变化是不大的, 所以, 通过对 LSC 值计算, 短

期目标是更合理地安排调度方式, 以满足电网运行的可靠性, 长远目标是优化电网发展规划。

### 3 算例分析

通过算例, 分析网络的拓扑结构、电源配置、节点负荷分配三个因素对 LSC 的影响。

(1) 算例一: 网络的拓扑结构对 LSC 的影响。

如图 1 所示电网, 取消线路

表 2 取消线路 34 后 LSC 的变化

| 停运线路号 | 原来的 LSC 值 /MW | 取消线路 34 后的 LSC 值/MW | 取消线路 34 后的系统供电不足/MW |
|-------|---------------|---------------------|---------------------|
| 正常    | 724           | 725                 |                     |
| 5     | 723           | 697                 | 3                   |
| 8     | 724           | 697                 | 3                   |
| 12    | 724           | 719                 |                     |
| 17    | 728           | 662                 | 38                  |
| 24    | 705           | 649                 | 51                  |

34. 通过计算得出网络的 LSC 值如表 2 中所列. 可以看出, 取消线路 34 后, LSC 值变小, 电网可靠性降低.

(2) 算例二: 电源配置对 LSC 的影响.

如图 1 所示电网, 由于在线路 31、32 附近存在奇异点, 考虑在节点 U 上增加 50 MW 的电源, 得到的 LSC 值如表 3 所示.

可见, 在适当的节点增加电源的功率输入, 有效地消除了电网的薄弱点, 可靠性得到较大的提高.

(3) 负荷变化对 LSC 的影响.

如果各点负荷按比例增长, 不会影响 LSC 值, 但电网的可靠性裕度会降低. 如果负荷增长比例不均衡, LSC 值会随之改变.

表 3 取消线路 34 后 LSC 的变化

| 停运线路号 | 原来的 LSC 值 /MW | 增加电源后的 LSC 值/MW |
|-------|---------------|-----------------|
| 正常    | 724           | 871             |
| 3     | 608           | 756             |
| 13    | 730           | 879             |
| 14    | 720           | 864             |
| 17    | 728           | 824             |
| 24    | 705           | 864             |
| 25    | 649           | 806             |
| 26    | 701           | 849             |
| 28    | 669           | 790             |
| 29    | 709           | 854             |
| 30    | 653           | 800             |
| 31    | 843           | 870             |
| 32    | 849           | 871             |
| 33    | 613           | 769             |

### 4 结论

LSC 值, 是电网性能的一个度量指标, 可以在某种程度上反映出电网的状况. LSC 值, 与网络的拓扑结构、电源配置、节点负荷分配有关.

图 1 所示的地方电网, 可靠性偏低, 有较大的提升空间; 在奇异点的节点 U 处增加电源功率输入, 对电网的可靠性改善较大.

通过对 LSC 值深入的研究, 能够在电网的运行与规划中发挥重要的作用.

#### 参考文献:

[ 1 ] 郭永基. 电力系统及电力设备的可靠性[ J ]. 电力系统自动化, 2001, 25( 17 ) : 53.  
[ 2 ] 牛 辉, 程浩忠, 张 焰, 等. 电网扩展规划的可靠性和经济性研究综述[ J ]. 电力系统自动化, 2000, 24( 1 ) : 51.  
[ 3 ] 陈? 华, 李日隆. 最大负荷供应能力的电源规划[ J ]. 电工技术, 2002, ( 3 ) : 20.

( 下转第 77 页 )

- [ 4 ] 王德勤, 赵西安. 南京国际展览中心索网点支式幕墙设计与施工[ J ]. 建筑技术, 2002, ( 9 ): 661- 663.
- [ 5 ] 刘军进, 陈新杰, 孙永新. 点式玻璃幕墙预应力索桁架结构设计的几个概念[ J ]. 工业建筑, 2002, ( 7 ): 59- 61.

## Analysis on the Resisting Wind Property of Steel Pulling Cable System Structure

YANG Li-jun, YE Bai-long, YU Ai-nan

(College of Civil and Architectural Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** In this paper two forms of steel pulling cable systems are discussed: the single suspend cable system and the cable truss. Few discussions have been posed of the single suspend cable system at present, and some views about this system are put forward in this article. Static analysis about the steel pulling cable system is processed and assumptions are presented. This article analysed several factors influencing resisting wind property, such as the form of structure, the cross section of the cable, and the prestress. The function of the prestress influencing resisting wind property in different steel cable systems is firstly raised. At the same time the method of separating prestress from the tress as a result of strain is spoken. The experiment of real elements of the stainless steel cable truss shows that the tested figures are just confined with the calculated ones.

**Key words:** steel pulling cable; points supporting glass curtain wall; prestress; single suspend cable system; cable truss

---

( 上接第 67 页 )

## LSC Study on Local Power Network

SUO Zhi-young, LI Ri-long

(Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

**Abstract:** This paper discusses Load Supplying Capacity (LSC). With an example of local power network, it educes the LSC value and presents the three factors influencing the LSC: network structure, distributing proportion of load, power supply configuration. Based on the theory of LSC, during the reliability calculation, the weak segment of power system is found, and the basis for the design project is provided, so as to satisfy optimal operation and planning.

**Key words:** load supplying capacity (LSC); reliability; power network operation; power network planning