

# 无锡太湖新城 110 kV 电网网络结构模式探讨

周维<sup>1</sup>, 倪俊<sup>2</sup>

(1.上海交通大学, 上海 200030; 2.无锡供电公司, 江苏 无锡 214061)

**摘要:** 110 kV 电网网络结构模式选择的合理与否对于电网的整体可靠性具有重要的影响。通过科学的评价指标体系, 运用多方案比较、定量分析的方法, 对无锡太湖新城适宜采用的 110 kV 网络结构模式进行论证探讨, 提出建议方案。

**关键词:** 太湖新城; 110 kV 电网; 网络结构模式

中图分类号: TM727.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2010)03-0050-04

## 1 无锡太湖新城城市规划简况

无锡太湖新城作为无锡正在规划建设的新城区, 目前其城市电网正处于规划和起步建设阶段。在电网规划阶段, 探讨采用何种合理的 110 kV 电网网络结构模式, 对于该区域今后的电网发展乃至城市发展都具有重要的现实意义。

无锡市规划建设的太湖新城, 其总用地面积约 150 km<sup>2</sup>, 规划常住人口约 100 万。根据无锡城市规划, 太湖新城今后将是无锡新的城市中心, 将是整个无锡地区主要的金融商业、高新技术集聚区。根据负荷预测专题研究结果, 太湖新城远景负荷为 2 900~3 000 MW, 规划负荷密度水平接近 30 MW/km<sup>2</sup>, 基本与上海中心城区的负荷发展水平相当。同时, 由于太湖新城规划作为新的无锡中心城区, 其供电可靠性、电能质量具有较高的要求。

## 2 无锡太湖新城电网规划概况

目前无锡市区 110 kV 电网主要作为高压配电网, 其网络结构以辐射型、馈供结构为主。同时在部分 220 kV 变电站之间建立 110 kV 联络线, 以确保电网可靠性。现有太湖新城区域内的 110 kV 电网基本为农网标准, 其 110 kV 电网结构为标准的辐射、馈供式, 结构较为简单、薄弱。

根据无锡太湖新城远景负荷以及社会经济发展的实际情况, 无锡太湖新城地区将规划形成以 500 kV 锡南变电站、望亭电厂为电源, 并依托其建立由 8 座 220 kV 变电站组成的 2 个 220 kV 环形供电网络。同时, 还规划建设约 26 座 110 kV 变电站。

由于无锡太湖新城具有较高的供电可靠性和电能质量要求, 其 110 kV 电网结构是沿用现有简单的辐射、馈供式结构, 还是采用其他较为复杂可靠的电网结构, 无论对于电网满足终端用户要求, 还是今后建设、运行的经济性要求都具有重要意义。

## 3 无锡太湖新城 110 kV 电网结构模式多方案比较

### 3.1 110 kV 电网网络结构模式选型种类

一般而言在给定的一个城网规划中, 选择一个与待规划区域相适应的网络结构需考虑多方面因素, 如供电可靠性、经济性及规划区域的远景目标、地理环境等。同时为实现电网的安全、经济运行, 在可能的条件下一般尽量选择标准化的网络结构模式<sup>[1]</sup>。

考虑到无锡太湖新城 110 kV 变电站远景规划采用 3 台大容量主变, 以满足高负荷密度的需求。本文选取分析了在国内应用较多, 且具有典型意义的几种高压接线模式<sup>[2]</sup>, 分别是: 全放射状接线、具有中介点的放射状接线(即单侧电源三“T”电缆接线)和双侧电源三“T”接线模式, 并通过分层评价指标体系对无锡 110 kV 高压配电网各种接线模式进行技术经济性计算分析, 最终得出最优 110 kV 高压配电网网络结构模式。具体各类网络结构模式如图 1—3 所示。

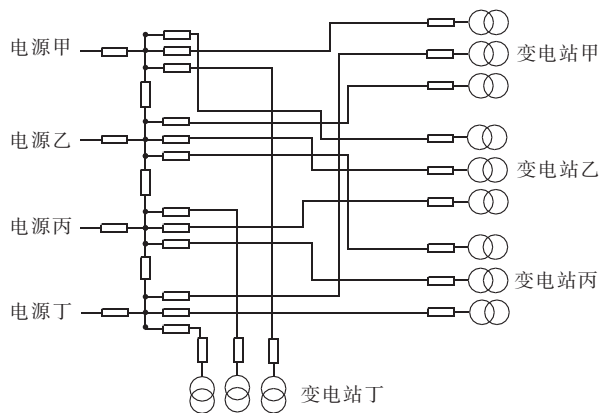


图 1 全放射状接线

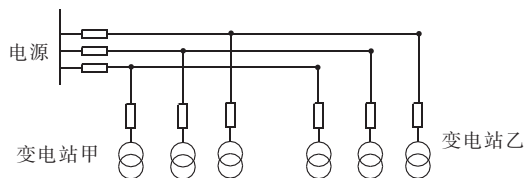


图 2 单侧电源三“T”接线

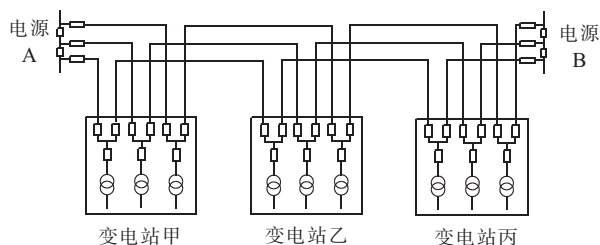


图 3 双侧电源三“T”手拉手接线

### 3.2 110 kV 电网网络结构模式评价指标体系

通过对 110 kV 高压配电网可靠性、经济性、电压质量、运行特性等因素进行归类和分析,确立分层评价体系和评价指标<sup>[3]</sup>。其中一级指标分别为:运行特性、可靠性评价、电压质量和经济性评价指标;在一级指标的基础上进一步细分为最大短路电流、系统平均供电可靠率、系统平均停电持续时间、最大电压降落、电压偏移率和单位负荷年费用这 6 个二级指标,指标结构<sup>[4]</sup>如图 4 所示。

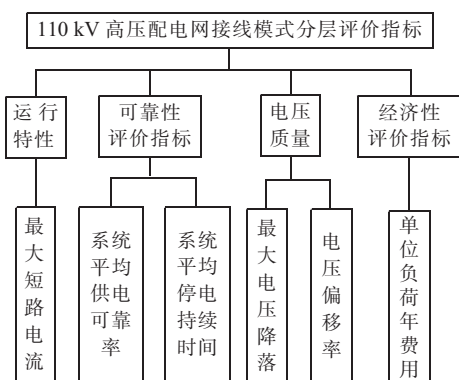


图 4 无锡市 110 kV 高压配电网接线模式分层评价指标体系

#### 3.2.1 运行特性

短路电流和短路容量:短路容量等于短路电流有效值同短路处的正常工作电压的乘积。即:

$$S_t = \sqrt{3} V_{av} I_t \quad (1)$$

#### 3.2.2 可靠性指标<sup>[5]</sup>

配电网平均停电持续时间指标 SAIDI 是指每个由配电网供电的用户在一年中所遭受的平均停电持续时间,可以通过一年中用户遭受的停电持续时间总和除以该年中由系统供电的用户总数来估计。

$$SAIDI = \frac{\text{用户停电持续时间总和}}{\text{总用户数}} = \frac{\sum N_i U_i}{\sum N_i} \quad (2)$$

式中:SAIDI 为系统平均停电持续时间指标, min/(用户·年)或 h/(用户·年); $U_i$  为负荷点  $i$  的等值年平均停电时间; $N_i$  为负荷点  $i$  的用户数。

平均供电可用率指标 ASAI:

$$ASAI = \frac{\text{用户总供电小时数}}{\text{用户要求供电总小时数}}$$

$$\frac{\sum N_i \times 8760 - \sum N_i U_i}{\sum N_i \times 8760} \quad (3)$$

式中:ASAI 为平均供电可用率指标;8760 为 1 年的小时数, h。

#### 3.2.3 电压质量

电压降落百分数的计算公式为:

$$\Delta U\% = (PR + QX) / U_N^2 \times 100 \quad (4)$$

式中: $\Delta U\%$  为电压降落百分数; $U_N$  为线路额定电压; $P, Q$  为线路上的有功和无功潮流; $R, X$  为线路等效的电阻和电抗。

节点电压偏移率=

$$\frac{|\text{节点电压额定值} - \text{潮流计算节点电压值}|}{\text{节点电压额定值}} \times 100\% \quad (5)$$

#### 3.2.4 经济性指标

由于不同典型用户的负荷总量可能不相同,可采用单位负荷年费用作为经济性指标来进行方案的经济性比较。

配电网年费用由 110 kV 线路年费用、110 kV 变电站年费用和 20 kV 线路年费用组成。

计算公式为:

$$C = C_{n1} + n \times (C_s + C_{m1}) \quad (6)$$

式中: $C$  为配网总年费用; $C_{n1}$  为 110 kV 线路年费用; $C_s$  为 1 座 110 kV 变电站年费用; $C_{m1}$  为 1 座 110 kV 变电站 20 kV 出线年费用; $n$  为 110 kV 变电站总数。

### 3.3 110 kV 电网网络结构模式技术经济性论证

#### 3.3.1 各类网络模式相关投资计算

依据上述无锡太湖新城的负荷密度及最大负荷数据,在该区域进行接线模式论证比较时,变电站采用  $3 \times 80 \text{ MV} \cdot \text{A}$  的主变容量,线路分 2 种情况分类讨论。若采用电缆,则采用的导线截面为  $1000 \text{ mm}^2$ ;若采用架空线路,则导线截面采用  $300 \text{ mm}^2$ 。高压 110 kV 变电站及线路长度及投资计算结果如表 1—3 所示。

表 1 高压 110 kV 变电站投资

设备名称	数量/座	单价/(万元·座 <sup>-1</sup> )	总费用/万元
110 kV 变电站 ( $3 \times 80 \text{ MV} \cdot \text{A}$ )	33	8 000	264 000

表 2 高压 110 kV 电缆投资

接线模式	长度/km	单价/ (万元·km <sup>-1</sup> )	总费用/ 万元
全放射状接线	72.2	130	9 386
单侧电源三“T”接线	111.9	130	14 547
双侧电源三“T”接线模式	118.7	130	15 431

表 3 高压 110 kV 架空线投资

接线模式	长度 /km	单价 / (万元·km <sup>-1</sup> )	总费用 / 万元
全放射状接线	72.2	10.5	758
单侧电源三“T”接线	111.9	10.5	1 175
双侧电源三“T”接线模式	118.7	10.5	1 246

根据上一节中的网络拓扑接线图,分别计算各类网络结构模式下电缆及架空线的技术经济性参数,如表 4,5 所示。

根据计算得到的结果,对各类网络结构模式的优劣程度进行比较总结,如表 6,7 所示。

通过分析比较表 6,7 各类网络结构模式下的指标可得出以下结论。

### 3.3.2 技术经济性论证

表 4 无锡太湖新城 110 kV 电网各类接线模式(电缆)指标计算值

接线方式	可靠性		运行特性	电压质量		经济性
	ASAI/%	SAIDI/(h·a <sup>-1</sup> )	短路电流 /kA	电压偏移率 /%	电压降落 /%	单位负荷费用 /((元·km <sup>-1</sup> ))
全放射状 电缆接线	99.994 974	0.307 502	6.756 771	5.870 408	5.017 256	949
具有中介点的 放射状电缆接 线(单侧电源三 “T”电缆接线)	99.996 950	0.267 138	6.761 863	5.223 545	5.553 491	967
双侧电源三“T” 电缆接线	99.998 342	0.202 813	6.748 735	2.067 338	2.432 078	970

表 5 无锡太湖新城 110 kV 电网各类接线模式(架空线)指标计算值

接线方式	可靠性		运行特性	电压质量		经济性
	ASAI/%	SAIDI/(h·a <sup>-1</sup> )	短路电流 /kA	电压偏移率 /%	电压降落 /%	单位负荷费用 /((元·km <sup>-1</sup> ))
全放射状 电缆接线	99.998 103	0.131 140	6.754 852	1.508 369	1.565 735	919
具有中介点的 放射状电缆接 线(单侧电源三 “T”电缆接线)	99.997 955	0.179 117	6.757 981	2.691 809	2.537 251	920
双侧电源三“T” 电缆接线	99.998 172	0.160 168	6.760 029	1.909 500	1.560 708	921

表 6 无锡太湖新城 110 kV 电网各类网络结构模式(电缆)相互比较

接线方式	可靠性		运行特性	电压质量		经济性
	ASAI/%	SAIDI/(h·a <sup>-1</sup> )	短路电流 /kA	电压偏移率 /%	电压降落 /%	单位负荷费用 /((元·km <sup>-1</sup> ))
全放射状 电缆接线	较好	较好	达到标准	一般	一般	很好
具有中介点的 放射状电缆接 线(单侧电源三 “T”电缆接线)	较好	较好	达到标准	一般	一般	很好
双侧电源三“T” 电缆接线	很好	很好	达到标准	很好	很好	很好

表 7 无锡太湖新城 110 kV 电网各类网络结构模式(架空线)比较

接线方式	可靠性		运行特性	电压质量		经济性
	ASAI/%	SAIDI/(h·a <sup>-1</sup> )	短路电流 /kA	电压偏移率 /%	电压降落 /%	单位负荷费用 /((元·km <sup>-1</sup> ))
全放射状 电缆接线	很好	很好	达到标准	很好	很好	很好
具有中介点的 放射状电缆接 线(单侧电源三 “T”电缆接线)	很好	很好	达到标准	较好	较好	较好
双侧电源三“T” 电缆接线	很好	很好	达到标准	很好	很好	很好

在采用电缆接线情况下,双侧电源三“T”网络结构模式技术性指标优越,经济性表现也较好。因此在负荷密度较大、供电要求较高的地区,推荐使用双侧电源三“T”网络结构模式以满足供电需要。

在采用架空线接线的情况下,3种网络结构模式经济性指标非常接近,而全放射状架空网络结构模式在技术性指标上具有一定的优势,可靠性和电能质量与另外2种网络结构模式相比均较优。因此在选用架空线接线的地区,采用全放射状架空网络结构模式较有优势。

#### 4 结束语

为了将无锡太湖新城 110 kV 电网网络结构尽量标准化,有利于运行。根据技术经济性计算结果及网络结构模式相互比较分析,对无锡太湖新城 110 kV 高压配电网网络结构模式推荐如下:为满足较高的可靠性及电能质量要求,同时考虑网络结构模式的统一和标准,利于今后的运行。因此建议该地区 110 kV 高压电网全部采用双侧电源三“T”网

络结构模式,线路根据城市规划要求采用电缆导线或部分采用架空线。

采用以上 110 kV 电网网络结构情况下各项技术指标均满足城市电网要求,且可靠性和电能质量有一定优势。

#### 参考文献:

- [1] 国家电网公司. 城市电力网规划设计导则[S]. 2006.
- [2] 陈章潮,程浩忠. 城市电网规划与改造(第二版)[M].北京:中国电力出版社,2007.
- [3] 卞学海,张 炜,徐 奇. 我国电网目标网架初探[J].电网技术,2000(02).
- [4] 程浩忠,张 焰. 电力网络规划的方法与应用[M].上海:上海科学技术出版社,2002.
- [5] 陈文高. 配电系统可靠性实用基础[M].北京:中国电力出版社,1998.

#### 作者简介:

周 维(1976-),女,江苏无锡人,工程师,主要从事变电检修计划管理工作;

倪 俊(1973-),男,上海人,工程师,主要从事电网规划及项目管理工作。

## A Probe into 110 kV Network Structure Patterns in Tai Lake New Town of Wuxi

ZHOU Wei<sup>1</sup>, NI Jun<sup>2</sup>

(1. Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China; 2. Wuxi Power Supply Company, Wuxi 214061, China)

**Abstract:** Whether the selection of 110 kV network structure patterns is reasonable has great effect on the reliability of the whole power grid. Through exploring the scientific and rational assessment index system, the methods of comparison of multi-schemes and quantitative analysis, this paper discusses and demonstrates 110 kV network structures patterns which are suitable for Tai Lake New Town of Wuxi, at last puts forward the proposals.

**Key words:** Tai Lake New Town; 110 kV network; network structure pattern

(上接第 49 页)

## Analysis on Testing Results of the Calibration Capability of Second-Class Standard Mercury Thermometer

DENG Yan-qin<sup>1</sup>, YIN Ming<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Electric Power Research Institute Co. Ltd., Nanjing 211103, China;  
2. Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** The implementation process of the scheme of Calibration Capability Verification of Second-Class Standard Mercury Thermometer organized by the National Accreditation Board is introduced in the paper, and the testing results are analyzed. Reasonable proposals are also provided in the paper to reduce the impact of errors. The proposals are useful to the improvement of the calibration capacity of standard mercury thermometer.

**Key words:** second-class standard mercury thermometer; standard;  $E_n$  value

## 让参观者过把“触电”的瘾

如今,电就像水和空气一样不可或缺。谁都离不开电,但谁也没“遇见”过电——只因为电能伤人,所以,虽然满心好奇,但还是不能亲身“触电”。这次,国家电网上海世博企业馆将请参观者和“电”来一次“亲密接触”!

原来,在展馆中央飞起来的悬浮“能量之盒”下方,是专为世博会园区和场馆供电的高新技术地下变电站,被誉为上海世博会的“能量之心”。设计者通过巧妙的设计,使地下的变电站和地上的展馆融为一个有机的建筑整体,更为参观者提供了一个近距离了解电网设施的机会。即使是好奇的孩子,也可以尽情解剖变电站的秘密,可谓是最近距离、最安全的“触电”教育了。