

淮安地区高压配电网目标网架规划研究

陈恩泽, 黄建波, 叶雪峰, 刘刚
(国网淮安供电公司, 江苏淮安 223001)

摘要:合理的网架规划对于城市配电网建设具有重要意义。文中首先对现有的接线模式进行分析比较,从可靠性、经济性、适应性3个角度进行研究。可靠性研究电源情况、线路故障影响及操作灵活性,经济性研究建设经济性、运行经济性 & 单位负荷年费用,适应性研究组网灵活性和资源占用情况。通过分析比较得出各种接线模式的优劣和适用范围,并对淮安地区高压配电网的现状进行分析,指出其存在的问题,结合典型接线模式的分析结果,提出淮安地区高压配电网的目标网架将由过渡网架演变为同杆架异路由双电源辐射式接线。

关键词:高压配电网;网架规划;接线模式

中图分类号:TM715

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2016)04-0076-04

电网的网架结构是城市电网规划^[1-5]与改造工作中的一个重点。接线模式^[6,7]是网架结构的基本反映,它不仅牵涉到电网建设的经济性和可靠性,而且对于整个电力工业发展具有重要意义。高压配电网是指电压等级在35 kV及以上的配电网,对于地市公司而言就是35 kV和110 kV 2个电压等级。淮安市高压配电网具有多种接线模式,随着城市经济的快速发展和大规模的城市建设,电力需求将大幅增长,配网的建设也将随之快速发展,规范化、标准化的建设将解决淮安地区配电网的运行管理及设备管理困难、线路负荷分配不合理、通道走廊解决困难等一系列问题。在不同负荷密度、负荷分布、电源点分布等情况下,基于可靠性、经济性等科学系统的定量计算,对高压配电网的各种典型接线模式进行分析比较,并结合淮安市具体情况进行选优分析,在此基础上提出高压配电网网架结构等方面的标准化、系列化建议,从而为淮安市配电网的建设提供科学、合理、可靠的依据。

1 高压配电网典型接线模式理论研究

根据国家电网公司《配电网规划设计技术导则》,将高压配电网的基本供电接线模式分为辐射接线、T型接线、链式接线、T链(ΠT)混合接线、T辐射混合接线5种典型接线模式。比较接线模式需要考虑诸多因素^[8-11],如可靠性、经济性可以用定量结果对比,而适应性则不完全能够通过定量对比,需要定性来分析。为了充分对比所选择的接线模式,选择合理的对比方法,需要进行如下工作:(1)尽可能将可比因素找出;(2)将可比因素进行归类,分为定性对比因素和定量对比因素;(3)研究各因素的对比方法;(4)给出各因素对比后的普遍性结论。最终确定进行高压配电网典型接线模式优劣性的判断条件。分析过程如图1所示。

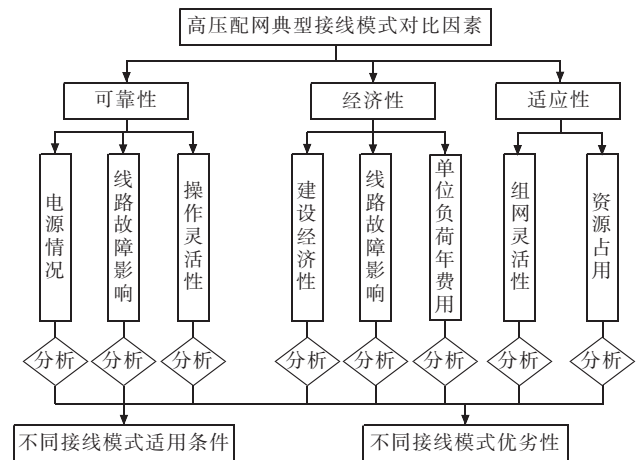


图1 高压配电网典型接线模式对比分析过程

1.1 可靠性分析

可靠性主要进行定性分析,分别从电源情况、线路故障影响和操作灵活性3方面进行比较。定性分析主要包括3部分:

- (1) 电源情况分别以单侧电源和双侧电源来进行区分;
- (2) 线路故障影响主要根据单回或者双回线路发生故障时是否会造成主变停电来进行比较;
- (3) 操作灵活性通过倒负荷需要操作的断路器数来进行比较。

通过比较分析,得出各种典型接线模式的可靠性分析结果,如表1所示。

1.2 经济性分析

将变电站和高压线路的综合投资、中压线路的投资按等年值法折算到年值,再加上运行费用,计算得出单位负荷年费用,然后比较不同接线模式的投资大小。

上述分析虽然考虑的是理想情况,但是由于配电系统技术经济分析一般都具有统计性规律,因而由此得到的结论同样适用于实际配电系统。在变电站(220 kV变电站、高压配电变电站)容量一定的情况下,确定

表 1 各种典型接线模式可靠性分析结果

| 分类 | 电源情况 | 单回线路故障影响 | | | | | | |
|------|----------|------------|-----|--------|--------------|------|---|---|
| | | 故障线路所带主变停电 | 不停电 | 操作设备组数 | | | | |
| 辐射接线 | 单幅射 | 线变组 | 单电源 | — | 停电 | — | — | |
| | 双幅射 | 线变组 | — | 双电源 | 停电 | — | — | |
| | | 内桥 | — | 双电源 | — | 不停电 | 2 | |
| | | 外桥 | — | 双电源 | 停电 | — | — | |
| 环网接线 | 单环网 | 单母分段 | — | 双电源 | — | 不停电 | 2 | |
| | | 桥接 | 单电源 | — | — | 不停电 | 2 | |
| | 单侧电源 T | 单母线 | 单电源 | — | — | 不停电 | 2 | |
| | | 线变组 | 单电源 | — | 停电 | — | — | |
| 链式接线 | 双侧电源 T | 桥接 | 单电源 | — | — | 不停电 | 2 | |
| | | 单母分段 | — | 双电源 | — | 不停电 | 2 | |
| | | 线变组 | — | 双电源 | 停电 | — | 2 | |
| | 单链式接线 | 桥接 | — | 双电源 | — | 不停电 | 2 | |
| | | 单母线 | — | 双电源 | — | 不停电 | 1 | |
| | T 链混合接线 | 线变组 | — | 双电源 | 带 1 台主变的线路故障 | 停电 | — | — |
| | | — | — | 双电源 | 带 2 台主变的线路故障 | 部分停电 | — | — |
| | T 辐射混合接线 | 线变组 | — | 双电源 | 停电 | — | — | |
| 内桥 | | — | 双电源 | — | 不停电 | 2 | | |
| 单母分段 | | — | 双电源 | — | 不停电 | 2 | | |

不同负荷密度下高压配电变电站的供电区域,在这一区域内,针对高压配电网不同接线模式模型考虑其电源进线,对不同的接线模式进行比较。考虑到对于一定的区域,不同接线模式有单侧电源和双侧电源的区别,为了在相同条件下对不同接线模式进行比较,计算中不再考虑 220 kV 变电站和线路的投资,对高压配电变电站及以下部分电网进行综合考虑,确定不同负荷密度下最优的接线模式,从而确定典型接线模式比较的定量判断条件,具体过程如图 2 所示。

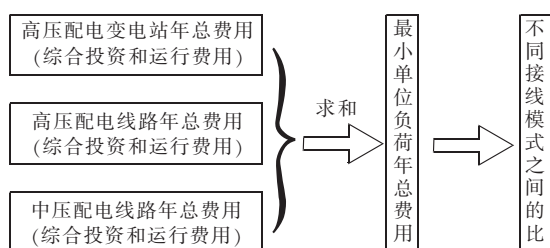


图 2 110 kV 电压等级建设条件研究的经济性分析方法

通过对不同接线模式高压配电网的网架经济性的 3 种指标(建设费用、运行费用、单位负荷年费用)分别进行计算分析,可以得到以下结论:

(1) 相同变电站容量时,各种接线模式的建设费用、运行费用、单位负荷年费用都随负荷密度的增大而减少,差距都随负荷密度的增大而减小。

(2) 相同负荷密度时,变电站容量增加,不同接线模式的建设费用、运行费用及单位负荷年费用且随之增大。

(3) 相同负荷密度下,架空线路和电缆线路各种接线模式的建设费用、运行费用、单位负荷年费用由高到低的顺序都为:T 链混合接线 > 双电源 T 接 > T 辐射混合接线 > 单电源 T 接 > 双电源辐射 > 双侧电源单链接线 > 单环网结构 > 单电源辐射。

(4) 电缆线路的建设费用、运行费用、单位负荷年费用比架空线路高。

(5) 同接线模式下的线变组费用最低,外桥、内桥接线其次,单母分段最高。

(6) 由于单位造价差距较大,电缆线路的经济性不如架空线路。

1.3 适应性分析

(1) 组网灵活性。组网灵活性及电网过渡性,根据不同接线模式为适应负荷水平而发展成另一种接线模式的难易程度进行比较。

(2) 资源占用。对不同接线模式考虑资源因素,通过不同接线模式对土地资源的占用情况来比较其优劣性,包括变电站占地和通道走廊利用情况。

通过比较,得出典型接线模式的适应性分析结果,如表 2 所示。

2 淮安市高压配电网分析研究

淮安高压配电网城市区域以 110 kV 电网为主,35 kV 电网基本退出运行,农村以 35 kV 电网为主,正加快向 110 kV 电网转变升级。截至 2015 年底,淮安共有

表 2 高压配网典型接线模式适应性分析结果

| 分类 | 组网灵活性 | 资源占用 |
|------|----------|-------|
| 辐射接线 | 单辐射 | 好 较多 |
| | 双辐射 1 | 一般 较多 |
| 环网结构 | 单环网 | 一般 较少 |
| | 双环网 | 一般 较多 |
| | 单侧电源 T | 一般 较少 |
| | 双侧电源 T | 一般 较少 |
| 链式接线 | 链式接线 | 一般 较少 |
| | T 链混合接线 | 较差 较少 |
| | T 辐射混合接线 | 一般 较少 |

110 kV 线路 141 条,结构主要有单链、单环网、双辐射、单辐射 4 种,其中链式结构 70 条,环网 22 条,辐射网 49 条。淮安共有 35 kV 线路 157 条,结构主要有单链、单环网、双辐射和单辐射 4 种,其中单链式结构 77 条,双辐射结构 61 条,单环网结构 19 条。

2.1 淮安市高压配电网网架结构存在的问题

淮安市区 110 kV 网络形成了以新御变、关城变、清河变、水渡变、淮阴变、黄岗变、武黄变七座 220 kV 变电站为电源,向中心辐射的网络结构,基本以 110 kV 变电站供电为主,110 kV 网络结构以“两线一站”为主,基本全部实现 N-1,但在淮阴和淮安两区农村片区仍以 35 kV 变电站供电为主,在淮安渠南片区 35 kV 变电站相互串供现象还比较突出。涟水东部地区 110 kV 网络结构以涟水变为中心,向周围辐射供电,西部地区则由 220 kV 变电站通过配出 110 kV 线路相向供电。35 kV 变电站之间以 110 kV 和 220 kV 变电站为中心,环网运行。洪泽目前由 2 座 220 kV 变电站为该区域供电,洪泽 110 kV 网络结构以“两线一站”为主,网架较为坚强,35 kV 变电站数量较少,网络比较完善。

盱眙目前形成以 2 座 220 kV 变电站为电源点,110 kV 电网结构以“两线一站”、链式结构为主,T 接方式为辅的网络布局,35 kV 网络比较完善,基本实现由不同电源给其供电,供电网络较为坚强。金湖目前只有 1 座 220 kV 双龙站为该区域提供电源支撑,从地理位置来看,以淮河入江水道为界,可将其电网分为东西部电网,西部地区 110 kV 网络较为坚强,110 kV 网络形成了“两线一站”、“三线两站”的结构布局。东部地区以 35 kV 变电站供电为主,变电站之间相互串供现象较为严重。

2.2 淮安市高压配电网目标网架规划

根据国内各城市以及淮安市当地高压配电网接线模式实际应用情况进行分析比较,得到如下构想:

(1) 城市中心区域。为保证供电可靠性,目标网架优先选取双侧电源辐射接线,考虑到城区通道资源紧

张,通常采取同杆架设方式,将目标网架优化成同杆架异路由双电源辐射式接线。如图 3 所示。

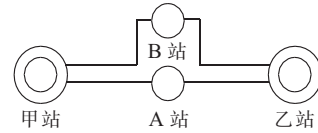


图 3 同杆架异路由双电源辐射接线

(2) 城市一般区域。通过上述各方面综合分析,对于城市一般区域过渡网架选取 T 辐射混合接线,如图 4 所示,最终到目标年演变为同杆架异路由双电源辐射式接线。

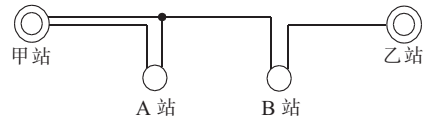


图 4 T 辐射混合接线

(3) 农村区域。通过上述各方面综合分析,对于农村区域过渡网架选取单链式接线,如图 5 所示,最终目标网架演变为同杆架异路由双电源辐射式接线。

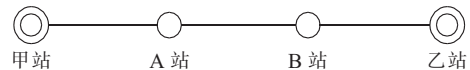


图 5 单链式接线

各个区域演变流程图如图 6 所示。

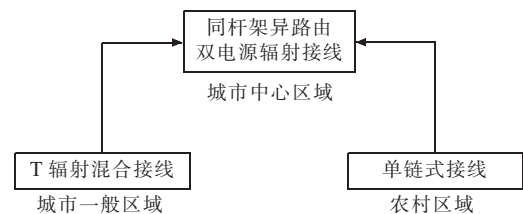


图 6 目标网架演变流程图

由图 6 可知,淮安市目标网架的选择是采用递进、逐渐演变的方式,随着经济的发展,城市一般区域和农村区域的接线模式将逐渐过渡为最终目标网架同杆架异路由双电源辐射接线模式。

3 结束语

本文从可靠性、经济性、适应性 3 方面对典型接线模式进行了分析比较,对淮安高压配电网进行了问题梳理,结合区域特点及现状网架对淮安高压配电网过渡网架和目标网架提出了合理建议:

(1) 对于城市中心区域,为考虑供电可靠性,目标网架优先选取双侧电源辐射接线;

(2) 对于城市一般区域,过渡网架选取了 T 辐射混合接线,目标网架为同杆架异路由双电源辐射式的接线;

(3) 对于农村区域,过渡网架选取为单链式接线,目标网架为同杆架异路由双电源辐射式接线。

参考文献:

- [1] 黄映. 基于改进混合差分进化算法的输电网规划研究[J]. 江苏电机工程, 2015, 34(4): 36-43.
- [2] 闫安心, 裴昌盛, 查申森, 等. 江苏配电自动化规划分析[J]. 江苏电机工程, 2015, 34(3): 1-4.
- [3] 姬源, 黄育松. 智能电网综合评价模型与方法综述[J]. 江苏电机工程, 2015, 34(3): 81-84.
- [4] 周建华, 孙蓉, 陈久林, 等. 基于改进 PSO 算法的含风电场电力系统网架扩展规划研究[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(5): 28-31.
- [5] 季晓明, 成乐祥. 基于突变理论的配电网规划方案综合评估[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(5): 51-54.
- [6] 于金镒, 刘健, 徐立, 等. 大型城市核心区配电网高可靠性接线模式及故障处理策略[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(20): 74-80.
- [7] 黄伟军, 钱远驰, 吕志来. 闭环运行方式城市配电网接线模式的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(24): 123-127.
- [8] 葛少云, 郭寅昌, 刘洪, 等. 基于供电能力计算的高压配电网接线模式分析[J]. 电网技术, 2014, 38(2): 405-411.
- [9] 谢晓文, 刘洪. 中压配电网接线模式综合比较[J]. 电力系统及其自动化学报, 2009, 21(4): 94-99.
- [10] 戴仲覆, 高强, 谢敏, 等. 城市中压配电网典型接线模式的综合评估[J]. 南方电网技术, 2011, 05(1): 57-60.
- [11] 范宏, 丁会凯, 周利俊, 等. 城市电网中 110 kV 电网接线模式的经济性比较[J]. 华东电力, 2013, 41(4): 689-693.

作者简介:

陈恩泽(1986), 男, 江苏淮安人, 博士, 研究方向为电力系统运行与控制、配电网规划;
 黄建波(1969), 男, 江苏淮安人, 工程师, 研究方向为配电网规划;
 叶雪峰(1977), 男, 江苏淮安人, 工程师, 研究方向为配电网规划;
 刘刚(1981), 男, 江苏淮安人, 工程师, 研究方向为配电网规划。

Research on Huaian high voltage distribution network planning

CHEN Enze, HUANG Jianbo, YE Xuefeng, LIU Gang

(State Grid Huaian Power Supply Company, Huaian 223001, China)

Abstract: Reasonable network planning is important to urban distribution network construction. Existing connection modes are compared in terms of reliability, adaptability and economy. Reliability includes power supply, line failure and operational flexibility. Economy includes construction economy, operating economy and annual cost per unit. Adaptability includes network flexibility and resource consumption. The merits and scope of various connection modes are obtained through analyzing and comparing. The Huaian high voltage distribution network is analyzed, and then the problems existed in the network are pointed out. According to the results, the Huaian high voltage distribution network planning scheme is proposed.

Key words: high voltage distribution network; network planning; connection mode

(上接第 35 页)

- [8] 徐敏骅, 吴晓春, 陆振华. GIS 局部放电检测与定位技术的现场应用[J]. 华东电力, 2009, 37(7): 1086-1089.
- [9] 钱勇, 黄成军, 江秀臣, 等. 基于超高频法的 GIS 局部放电在线监测研究现状及展望[J]. 电网技术, 2005, 29(1): 40-43.
- [10] 刘君华, 王江, 钱勇, 等. GIS 中电磁波传播特性的仿真研究[J]. 高电压技术, 2007, 33(8): 139-142.
- [11] 颜湘莲, 王承玉, 季严松, 等. 开关设备中 SF₆ 产物检测的应用[J]. 电网技术, 2010, 34(9): 160-165.

作者简介:

赵科(1985), 男, 江苏江阴人, 工程师, 从事高压电器设备现场

试验工作;

腾云(1987), 男, 辽宁抚顺人, 工程师, 从事高压电器设备现场试验工作;
 贾勇勇(1986), 男, 江西九江人, 工程师, 从事高压电器设备现场试验工作;
 陶风波(1982), 男, 江苏常州人, 高级工程师, 从事高压电器设备现场试验工作;
 周志成(1977), 男, 湖南株洲人, 高级工程师, 从事高压电器设备现场试验工作;
 邵新苍(1989), 男, 江苏宜兴人, 工程师, 从事高压电器设备现场试验工作。

Over-voltage Withstand Testing Technology of HUV GIL

ZHAO Ke¹, TENG Yun¹, JIA Yongyong¹, TAO Fengbo¹, ZHOU Zhicheng¹, SHAO Xincang²

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China;

2. State Grid Jiangsu Electric Power Company Maintenance Branch, Nanjing 211102, China)

Abstract: According to the State Grid's plan, a 6 km long 1100 kV GIL equipment will be adopted in Sutong GIL utility tunnel in 1000 kV "Huainan-Nanjing-Shanghai" UHV AC transmission lines project. This paper gives a detailed introduction to the necessity and effectiveness of UHV GIL over-voltage withstand testing and analyzes some common fault types. The electric field of free metal particles, the spikes in GIL equipment and the GIL over-voltage withstand testing are implemented. Finally, the suggestions to UHV GIL over-voltage withstand testing are proposed.

Key words: 1100 kV GIL; field AC over-voltage withstand testing; defect simulation; over-voltage simulation