

淮安地区高压配电网目标网架规划研究

陈恩泽, 黄建波

(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。本文首先对现有的接线模式进行分析比较, 从可靠性、经济性、适应性三个角度进行研究。可靠性主要考虑电源情况、线路故障影响、操作灵活性, 经济性主要考虑建设经济性、运行经济性、单位负荷年费用, 适应性主要考虑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

0 引言

电网的网架结构是城市电网规划与改造工作中的一个重点^[1-6]。接线模式^[7-10]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。

淮安市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。

由于淮安市不同区域之间建设条件存在较大的差异, 因此本文在进行典型接线模式研究的基础上, 根据其各自区域的实际特点选择配电网接线模式, 以指导淮安市配电网的建设。

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了科学、合理、可靠的依据。

1 高压配电网接线模式分析

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(ⅡT)混合接

线、T 辐射混合接线五种典型接线模式。

1.1 辐射接线

(1) 单辐射接线

该接线模式适用于 110(35) kV 主变为两台及以下, 每条高压线路接入变电站小于两座, 其电源进线应来自同一电源变的不同母线, 一般当负荷密度较低, 负荷距一个电源较近及条件允许时作为过渡接线模式应用。单辐射接线节约通道, 但可靠性及灵活性均较低。

(2) 双(多)辐射接线

该接线模式可以分为同电源不同母线双辐射接线和双侧电源辐射接线两种模式, 此类接线模式可靠性相对较高, 但是投资成本也随之增加。根据变电站主接线形式不同, 同电源不同母线双辐射接线可分为线变组接线、桥型接线、单母分段接线三类; 双侧电源辐射接线可以分为线变组接线和桥型接线两类。

1.2 T 型接线

(1) 同电源不同母线双 T 接线

该接线模式的主要优点是简单, 投资省, 有较高的可靠性。110(35) kV 变电站通常采用桥型接线或线变组, 线路和变压器之间可以用断路器和隔离开关。此类接线模式可靠性与同电源不同母线双辐射接线模式相近, 区别在于高压线路的长度可能不一样, 每条高压线路宜接入两台或三台主变。此类接线模式可以节约通道资源, 可靠性较高、灵活性较好。

(2) 同电源不同母线三 T 接线

该接线模式特点和同电源不同母线双 T 接线类似，110（35）kV 变电站的三条进路来自同一高压变电站的三段不同母线，高压侧通常采用线变组的形式，运行简单、可靠，每条高压线路宜接入 2~3 台主变。

1.3 链式接线

链式接线模式稍显复杂，设备投资较大，但是灵活性较好，可靠性较高，适合于一次建成区，两座 220kV 变电站间接入 2~3 座 110（35）kV 变电站。正常运行时联络线两侧的开关断开，当一条运行线路发生故障时，相应的联络线投入从而不会造成长时间断电，停电的时间主要是由倒闸操作时间决定。由于增设了联络线，其故障率也是影响系统可靠性的因素之一。

(1) 单链式

接线模式比较简单，来自不同电源的高压线路串接 2~3 座变电站，同一座变电站两台主变共用一条高压线，可靠性较低。

(2) 双链式

双链式接线适用于两台主变的情形，110（35）kV 变电站内不同主变来自不同方向电源，可靠性较高。

(3) 三回链式

三链式接线适用于三台主变的情形，110（35）kV 变电站内不同主变来自不同方向电源，可靠性较高。

1.4 T 链（[]T）混合接线

这种接线模式为两座 220kV 变电站间串入 3~4 座 110（35）kV 变电站，其中两侧的 110（35）kV 变电站采用 T 接方式，而中间的 110（35）kV 变电站采用[]接方式，该接线模式的可靠性较高。

1.5 T 辐射混合接线

该接线模式中，A 站的一条进线是从 B 站的一条进线“T”接出来的，从而节省了部分线路投资。与辐射接线类似，当变电站采用线变组接线时，可靠性较低，一条线路故障，对应的变压器必须停电；一般情况下推荐采用内桥或单母分段接线，任何一段线路出现故障时，可以保证 A 站和 B 站处于一线带两变压器的状况，可以满足“N-1”要求。

比较接线模式需要考虑诸多因素，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。

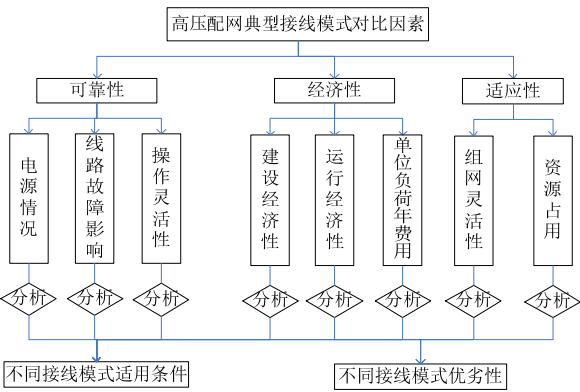


图 1 高压配网典型接线模式对比分析过程

2.1 可靠性分析

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		
		单电源	双电源	故障线路所带主变停电	不操作停电	设备组数
辐射接线	单幅射线变组	√	--	√	--	--
	线变组	--	√	√	--	--
	内桥	--	√	--	√	2
	外桥	--	√	√	--	--
环网接线	单母分段	--	√	--	√	2
	桥接	√	--	--	√	2
	单母线	√	--	--	√	2
	桥接	√	--	√	--	--
电源 T 接线	桥接	√	--	--	√	2
	单母分段	√	--	--	√	2
	线变组	--	√	√	--	--
	桥接	--	√	--	√	2
链式接线	单母分段	--	√	--	√	2
	桥接	--	√	--	√	2
	单母线	--	√	--	√	1
	桥接	--	√	带一台主变的线路故障	√	--
T 链混合接线	线变组	--	--	带两台主变的线路故障	√-部分	2
	桥接	--	√	√	--	--
	内桥	--	√	--	√	2
	单母分段	--	√	--	√	2

2 高压配电网典型接线模式理论研究

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三方面进行比较。

定性分析主要包括三部分：

(1) 电源情况分别以单侧电源和双侧电源进行区分；

(2) 线路故障影响主要根据单回或者双回路发生故障时是否会造成主变停电进行比较；

(3) 操作灵活性通过倒负荷需要操作的断路器数进行比较。

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。

2.2 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（220kV 变电站、高压配电变电站）容量一定的情况下，确定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 220kV 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，具体考虑过程如图 2 所示。

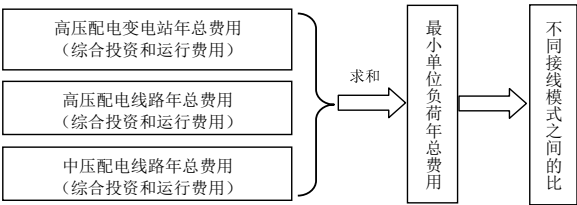


图 2 110kV 电压等级建设条件研究的经济性分析方法

通过对不同接线模式的高压配电网的网架的经济性的三种指标：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、单位负荷年费用随之增大。

(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。

2.3 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。

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
链式接线	单侧电源 T	一般	较少
	双侧电源 T	一般	较少
	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

3 淮安市高压配电网分析研究

截至 2014 年底，淮安共有 110kV 线路 140 条，网架结构主要有双辐射、单链、单辐射、双 T 等 4 种，其中以双辐射、单链为主，具体为双辐射线路 67 条、单链线路 47 条、单辐射线路 5 条、双 T 线路 10 条。淮安共有 35kV 线路 171 条，网架结

构主要有双辐射、单链、单辐射、双 T 等 4 种，其中以单链为主，具体为单链线路 115 条、双辐射线路 12 条、单辐射线路 44 条。

3.1 淮安市高压配电网网架结构存在的问题

淮安市区 110kV 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 220kV 变电站为电源，向中心辐射的网络结构，基本以 110kV 变电站供电为主，110kV 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 35kV 变电站供电为主，在淮安渠南片区 35kV 变电站相互串供现象还比较突出。

涟水目前有 2 座 220kV 变电站为该区域提供电源支撑，其中涟水变主供东部区域，旗杰变主供西部区域，受其地理环境影响，东部地区 110kV 网络结构以涟水变为中心，向周围辐射供电，西部地区则由两座 220kV 变电站通过配出 110kV 线路相向供电。35kV 变电站之间以 110kV 和 220kV 变电站为中心，环网运行。

洪泽目前由 2 座 220kV 变电站为该区域供电，洪泽 110kV 网络结构以“两线一站”为主，网架较为坚强，35kV 变电站数量较少，网络比较完善。

盱眙目前形成以 2 座 220kV 变电站为电源点，110kV 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，35kV 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 220kV 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 110kV 网络较为坚强，110kV 网络形成了“两线一站”、“三线两站”的结构布局。东部地区以 35kV 变电站供电为主，变电站之间相互串供现象较为严重。

3.2 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。

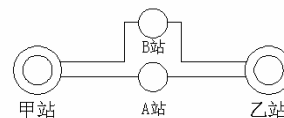


图 3 同杆架异路由双电源辐射接线

(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。

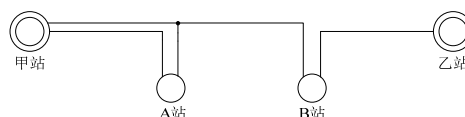


图 4 T 辐射混合接线

(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为单链式接线，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。

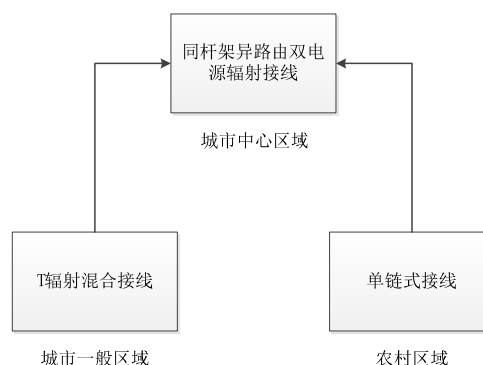


图 6 目标网架演变流程图

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。

4 结论

通过上述理论分析,结合淮安市现状,对于淮安市目标网架提出提供了有力的基础,经过淮安市的发展,淮安各个区域逐渐形成一个循环过渡的结构,为后续发展和电力建设提供了良好的基础和条件。

参考文献:

- [1] 林韩,陈彬,吴涵,等.面向远景目标网架的中压配电网供电模型[J].电力系统及其自动化学报,2011,23(6):116-120.
- [2] 史雨春,曾亮.110kV 电网目标网架结构适应性分析[J].湖北电力,2010,34(4):40-41.
- [3] 何智祥.配电网目标网架实施策略研究[D].广州:华南理工大学,2014.
- [4] 王帆.保定中心城区电网目标网架规划设计[D].保定:华北电力大学,2014.
- [5] 王同文,许文格,管霖.电力网的网架结构优化规划方法[J].电力系统保护与控制,2005,33(21):58-64.
- [6] 孔涛,程浩忠,王建民,等.城市电网网架结构与分区方式的两层多目标联合规划[J].中国电机工程学报,2009(10):59-66.
- [7] 王成山,王赛一,葛少云,等.中压配电网不同接线模式经济性和可靠性分析[J].电力系统自动化,2002,26(24):34-39.
- [8] 陈庭记,程浩忠,何明,等.城市中压配电网接线模式研究[J].电网技术,2000,24(9):35-38.
- [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] 葛少云,郭明星,王成山,等.城市高压配电网接线模式比较研究[J].电力系统自动化设备,2004,24(2):33-37.

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。