

文章编号:1671-6833(2017)03-0054-04

不同类型供电区域间典型供电模式过渡方案研究

杨卓¹, 王利利¹, 杨博², 关朝杰¹, 程子霞³

(1. 国网河南省电力公司经济技术研究院, 河南 郑州 450052; 2. 三门峡电力设计有限责任公司 河南 三门峡 472000; 3. 郑州大学 电气工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要: 结合不同类型供电区域(A+、A、B、C、D、E)典型供电模式的组成特点, 根据供电区域未来的发展定位, 研究配电网供电模式的建设改造问题. 首先提出改进的“最小单位负荷年费用法”——规划年最小费用法, 制定不同类型供电区域间典型供电模式升级的过渡方案; 然后利用改进的计算方法对过渡方案进行经济性比较, 并综合分析各种方案; 最后计算得到最佳过渡路径.

关键词: 典型供电模式; 供电区域; 过渡路径; 经济性

中图分类号: TM 726 **文献标志码:** A **doi:**10.13705/j.issn.1671-6833.2016.06.008

0 引言

配电网是电网的重要组成部分, 长期以来国内对配电网的研究和实践主要集中在接线模式方面. 文献[1-5]对几种常见的接线模式进行可靠性、供电能力的比较, 探讨配电网接线模式的安全性、可靠性、经济性等因素, 对不同接线模式进行评估. 这些研究为配电网的优化、经济运行及规划提供了有益的参考. 但接线模式仅体现了本级线路间的联络关系, 无法体现电网在不同区域和不同负荷密度^[6-7]条件下配电网的供电结构. 目前, 随着负荷密度的增加及便于智能化管理的需要, 采用标准化的供电模式来构筑高水平的配电网^[8-9]. 构建适合我国特点的标准化供电模式以指导配电网的规划和改造, 具有重要的现实意义.

目前已有大量研究供电模式的文章, 文献[10-11]用“最小单位负荷费用法”对各种供电模式进行经济性比较, 介绍中压配电网供电模式过渡的基本思路 and 原则. 文献[12]提出根据变电站的新增站点扩展不同网架结构的方法, 给出供电模式的扩展方式. 上述文献对供电模式的优劣性进行经济性比较, 也考虑供电模式的过渡问题, 但未对过渡问题深入分析和讨论.

笔者根据供电区域未来的发展定位, 考虑配电网向高可靠性和高设备利用率升级过渡的特

点, 研究供电模式最佳过渡方案. 以我国某地区配电网为例, 利用改进的“最小单位负荷年费用法”——规划年最小费用法进行过渡方案经济性比较, 综合分析各种方案, 从中选出最佳过渡路线. 以此指导配网规划, 减少电力建设投资浪费.

1 过渡方案研究

1.1 供电模式电网结构发展方向

电网建设一般可分为初期、过渡期和完善期三个阶段, 不同阶段划分的主要依据是地区负荷密度、负荷增长速度、以及网架情况. 图1, 2为110~35 kV、10 kV电网结构过渡示意图. 在电网建设的过程中, 可依据图1、图2在规划中设计好的电网

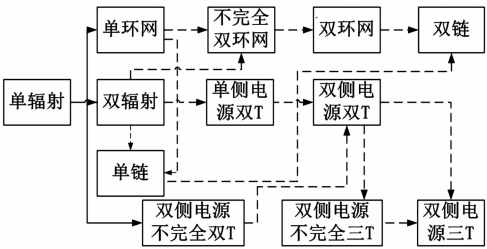


图1 110~35 kV 电网结构过渡
Fig.1 110~35 kV power grid structure transition

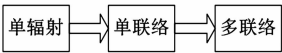


图2 10 kV 电网结构过渡
Fig.2 10 kV power grid structure transition

收稿日期:2016-05-30; 修订日期:2016-07-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51407163)

通信作者:程子霞(1974—), 女, 河南焦作人, 郑州大学讲师, 博士, 主要从事高电压绝缘方面的研究和教学工作, E-mail: chzx@zzu.edu.cn.

结构发展方向,研究供电模式过渡方案.

1.2 典型供电模式的过渡

随着供电区域内用户对供电可靠性要求的提高和负荷增长,当该供电区域内的供电模式不适应用户需求时,需要对供电模式进行升级改造,通过不断升级改造使其达到该地区的目标供电模式.

供电模式升级的方向是,较低级供电区域的配电网供电模式经过负荷的不断发展过渡到更高级的供电区域典型供电模式,如图 3 所示.

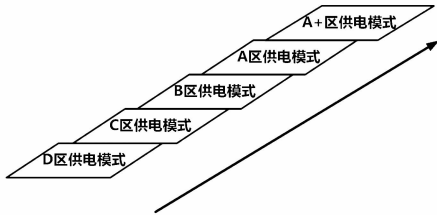


图 3 供电模式低级向高级升级示意图
Fig.3 Power supply mode upgrade schematic

不同类型供电区域间供电模式的过渡有:相邻级别的过渡、跨级别的过渡.在实际配电网建设时,考虑到变电站土建、线路走廊等一次性建成的条件限制,跨两级及以上级别的过渡方案理论上是不可能出现的.相邻级别的过渡只需各电压等级的网架结构符合过渡方向即可直接过渡,不存在需要比较过渡方案来寻找最佳过渡路径的问题,所以跨一个级别的最佳过渡方案研究最具有实际意义.

2 供电模式经济性分析

2.1 计算方法

供电方案经济性计算的基本方法是对供电模式的各种过渡方案利用“最小单位负荷年费用法”判定其经济性好坏^[2-3].

通过对某供电区域多种过渡方案的比较,研究其由现状模式发展到目标供电模式的最佳过渡方案.由于针对的是同一地区,所以比较时不需要考虑负荷密度的问题;且在配电网规划建设时,现状模式发展到目标供电模式是随着负荷需求的增长而过渡的,是一个过程.因此,提出采用改进的“最小单位负荷年费用法”——规划年最小费用法,对过渡方案进行经济性计算.此方法利用不同过渡方案都是针对同一供电区域发展的这一特点,避免了供电模式发展中负荷密度不断变化这一复杂问题的计算,使计算思路更清晰明确.

计算时首先需要对确定的供电区域计算出高

压变电站、高压线路和中压线路的投资费用,同时考虑线路损耗和变压器损耗等运行费用,然后按“现值转年值”法,转化为高压变电站年费用值、高压线路和中压线路年费用值,三者相加乘以规划年就可以得到配电网规划年的总费用值,如图 4 所示.

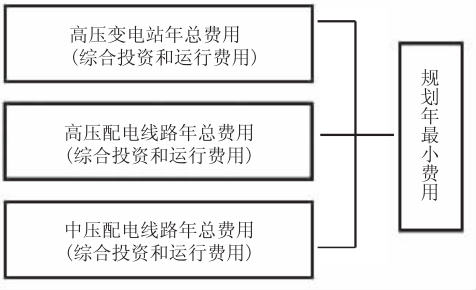


图 4 供电方案经济性计算方法
Fig.4 Power supply mode economy method

2.2 计算公式

计算中引用的主要计算模型如下:

$$C = (SZU + LHZU + LZU) \cdot N. \tag{1}$$

式中: C 为规划年最小年费用; N 为规划年; SZU 为高压变电站年总费用,且有

$$SZU = SZ \cdot \frac{r_0 (1 + r_0)^n}{(1 + r_0)^n - 1} + SU; \tag{2}$$

$LHZU$ 为高压线路年总费用,且有

$$LHZU = LHZ \cdot \frac{r_0 (1 + r_0)^n}{(1 + r_0)^n - 1} + LHU; \tag{3}$$

LZU 为中压线路年总费用,且有

$$LZU = LZ \cdot \frac{r_0 (1 + r_0)^n}{(1 + r_0)^n - 1} + LU. \tag{4}$$

式中: SZ 、 LHZ 、 LZ 分别为高压变电站、高压线路、中压线路综合投资费用; SU 、 LHU 、 LU 分别为高压变电站、高压线路、中压线路运行费用.

注意:当各项费用值不是十分明确时,年运行费用可按综合投资的百分率进行计算:

$$SU = \beta \cdot SZ \cdot \frac{r_0 (1 + r_0)^n}{(1 + r_0)^n - 1}. \tag{5}$$

$$LHU = \beta \cdot LHZ \cdot \frac{r_0 (1 + r_0)^n}{(1 + r_0)^n - 1}. \tag{6}$$

$$LU = \beta \cdot LZ \cdot \frac{r_0 (1 + r_0)^n}{(1 + r_0)^n - 1}. \tag{7}$$

式中: β 为年运行费用占综合投资的百分率,%.

3 案例分析

3.1 不同类型供电区域间的最佳过渡路径

本案例给出适合我国某地区发展的 3 种类型

供电区域的典型供电模式 B-3、A-3 和 A+ -4,假设 B-3 是该地区的现状典型供电模式,A+ -4 是该地区的目标典型供电模式. 每种典型供电模式的基础数据在国网发展策划部编制的《配电网典型供电模式》报告中均可找到.

比较 3 种典型供电模式,高压 110 kV 的网架都为单链结构,符合 110 ~ 35 kV 电网结构过渡;中压网架也同样符合网架过渡方向. 案例又为跨级过渡,这种情况下的过渡可分为直接过渡和逐步过渡两种方案如表 1 所示.

表 1 过渡方案

Tab.1 Transition scheme

方案号	过渡路径	
1	直接过渡	B-3→A+ -4
2	逐步过渡	B-3→A-3→A+ -4

采用规划年最小费用法对过渡方案进行经济性计算时,所需设备造价和技术参数,以及计算公式中的基础数据,如表 2 所示.

表 2 线路综合投资造价

Tab.2 Lines cost

线路	线型/mm ²	综合投资/(万元·公里 ⁻¹)
110 kV	电缆 630 mm ²	190
	LGJ-240	70
	YJV22—8.7/15 3*400	105
10 kV	YJV22—8.7/15 3*300	95
	JKLYJ—240	42

3.2 经济性比较结果与分析

通过比较供电模式的数据参数,可知高压变电站和高压配电网设备参数都相同,在过渡方案经济性计算时只需考虑中压配电网即可. 对于确定的供电区域,利用规划年最小费用法计算线路单位长度综合投资费用. 计算每种供电模式中压配电网单位综合造价结果,如表 3 所示.

考虑到不同供电设施的经济使用年限不同,采用“等年值法”,将费用现值折算为使用年限内的年费用.

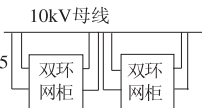
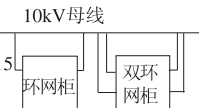

表 4 过渡方案经济性比较结果

Tab.4 Transition economy comparison results

过渡方式		过渡单位综合投资/万元	现值折算综合单位造价/万元	单位年运行费用/万元	最小年费用/万元	到规划年最小费用/万元
直接过渡	B-3→A+ -4	840	85.898	8.590	94.488	3 779.520
间接过渡	B-3→A-3	630	64.449	6.445	70.894	x 年
	A-3→A+ -4	210	21.483	2.148	23.631	$(N-x)$ 年

表 3 供电模式中压配电网单位综合造价

Tab.3 Power supply mode of medium voltage distribution network unit costs

供电模式	中压配电网接线示意图	单位综合造价/(万元·km ⁻¹)
A+ -4		840
A-3		630
B-3		548

$$C_t = Z \cdot \frac{r_0 (1 + r_0)^n}{(1 + r_0)^n - 1}$$

(8)

式中: C_t 为平均分布在 n 年内的年费用; Z 为投资费用; n 为设备的经济使用年限; r_0 为折现率,现阶段取 0.1; β 取 10%.

查表可知电缆线路经济使用年限 40 a、架空线路 30 a,由此计算各自的折算率 η .

$$\eta = \frac{r_0 (1 + r_0)^n}{(1 + r_0)^n - 1}$$

(9)

当 $n = 40, \eta = 0.1023$; $n = 30, \eta = 0.1061$.

根据折算率,利用现值折算公式即可计算现值折算综合单位造价,如表 4 所示.

再采用规划年最小费用法计算各过渡方案的规划年最小费用. 假设规划年 $N = 40$ a, x 表示 B-3 升级到 A-3 后运行 x 年后,再升级到 A+ -4 运行 $N - x$ 年,该地区的负荷密度与升级后的典型供电模式相匹配. 按照 2.2 中的计算公式,结果如图 5 所示.

由图 5 可知,B-3 升级到 A-3 后运行 x 年中的 x 取不同的值,在规划年内所需的最小费用也不同. 只有当 $x = 0$ 时,这时方案 2 与方案 1 相同,方案 2 所需的最小费用最大. 对于方案 2 来

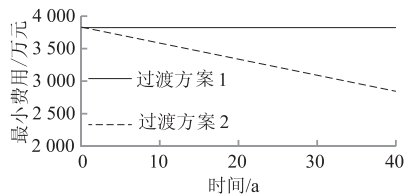


图 5 $N=40$ a, x 取不同值时两种方案的最小费用

Fig. 5 $N=40$ a , minimum cost of different schemes according to the value of x

说, x 必须大于 0, 且随着 x 的增大过渡方案 2 的费用不断减小. 据此可推测, 对于其他地区的典型供电模式过渡, 当需计算变压器和高压线路的费用时, 也遵循随着 x 的增大而所需最小费用不断减小的规律. 所以可以得出, 对于跨一个级别的过渡研究来说, 最佳的过渡路线是逐步过渡.

4 结论

笔者研究的跨级过渡只针对跨一个级别的过渡方案. 通过案例分析可知, 最佳的过渡路线是逐步过渡; 规划年最小费用法避开了负荷密度不断变化这一复杂问题的计算, 使计算思路更清晰明确. 此研究不仅是指导我国配电网建设改造工程的重要依据, 还是减少电力建设投资造成巨大浪费的重要前提.

参考文献:

[1] 程一鸣, 赵志辉, 王天华. 城市 110kV 高压配电网接线方式研究[J]. 电网技术, 2008, 32(2):113-115.

[2] 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]. 电力自动化设备, 2004, 24(2):33-37.

[3] 潘锋, 周敏, 汪利华. 城市高、中压配电网接线模式的综合评价方法[J]. 华东电力, 2009, 37(1):129-131.

[4] 姚莉娜, 张军利, 刘华, 等. 城市中压配电网典型接线方式分析[J]. 电力自动化设备, 2006, 26(7):26-29.

[5] 王巍. 城市配电网接线模式的技术经济分析研究[D]. 北京: 华北电力大学电气与电子工程学院, 2008.

[6] 蒋建东, 张豪杰, 王静. 基于 HHT 的电力负荷组合预测模型研究与应用[J]. 郑州大学学报(工学版), 2015, 36(4):1-5.

[7] 赵国生, 牛贞贞, 刘永光, 等. 基于自适应模糊 C 均值聚类算法的电力负荷特性分类[J]. 郑州大学学报(工学版), 2015, 36(6):56-60.

[8] KHATOR S K, LEUNG L C. Power distribution planning: A review of models and issues[J]. IEEE trans on power systems, 1997, 12(3):1151-1159.

[9] LIN W M, YANG C D, TSAY M T. Distribution system planning with evolutionary programming and a reliability cost model[J]. IEEE proceedings online, 2000(7):336-341.

[10] 傅颖. 基于接线模式的高中压配电网供电模式的研究[D]. 天津: 天津大学电气与自动化工程学院, 2009.

[11] 熊振东, 程鹏. 中压配电网供电方案经济性分析[J]. 电力系统及其自动化学报, 2010, 22(1):150-155.

[12] 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.

Research on Power Supply Scheme of the Typical Power Supply Mode in Different Types Power Supply Areas

YANG Zhuo¹, WANG Lili¹, YANG Bo², GUAN Chaojie¹, CHENG Zixia³

(1. Electric Power Economic Research Institute of State Grid Henan Electric Power Company, Zhengzhou 450052, China; 2. Sanmenxia Electric Power Design Co., Ltd., Sanmenxia 472000, China; 3 School of Electric Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The construction and transformation of power supply modes were exploned researched according to the composition of the typical power supply mode in different power supply area (A + , A, B, C, D, E) as well as future development orientation. The smallest unit of planning year adapted from “smallest unit of load method”, was proposed at first, to make the transition program for the updating of typical power supply mode in different power supply area. Then transition schemes were economically compared and comprehensively analyzed using modified method of calculation. At last, the optimal transition path was selected to determine its development course of power supply mode by calculating.

Key words: the typical power supply mode; power supply area; the optimal transition path; economy