

# 城市中压配电网接线方式及配电自动化探讨

但刚<sup>1</sup>, 赵云龙<sup>2</sup>

(1. 西北电力设计院, 陕西西安 710032; 2. 华陆工程科技有限责任公司, 陕西西安 710054)

**摘要:** 从现实角度出发, 探讨了几种适合我国实际的配电网架接线方式及它们的优缺点, 在此基础上着重介绍了如何实施配电网自动化。

**关键词:** 电力系统; 城市配电网; 接线方式; 配电网自动化

**中图分类号:** TM 711, TM 727. 2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-9171(2007)01-0018-04

## Study on Connection Modes of Urban Middle Voltage Distribution Network and Distribution Automation

Dan gang<sup>1</sup>, Zhao Yun-long<sup>2</sup>

(1. North West Electric Power Design Institute, Xian 710032, China;

2. Hualu Engineering & Technology Co. Ltd., Xian 710054, China)

**Abstract:** The paper introduces some connection modes which are suit to our country and their advantages and disadvantages, then emphatically introduces how to implement the distribution automation.

**Key words:** power system; urban distribution network; connection modes; distribution automation

配电网位于电力系统的末端, 直接与用户相连, 整个电力系统对用户的供电能力和供电质量最终都必须通过它来实现和保障。中压配电网的规划、改造和建设已成为电力发展的一项十分重要的基础工程, 其中电网接线方式的选择是一个十分重要的问题。不同的城市电网, 负荷密度、地理环境、配电变电站的保护方式、配电网的接地方式等是不同的, 因此配电网的接线方式及自动化的实施应因地制宜、各具特点。本文介绍了配电网的接线设计原则和配电自动化的实施原则, 并针对几种典型接线方式探讨了配电自动化的实施。

### 1 配电网接线方式设计原则

目前正在进行的城市电网建设改造工程和即将实施的配电系统自动化建设工程都要求对配电网的接线方式进行规划设计, 特别是配电系统自动化对一次系统接线方式的依赖性很强, 它决定了配电系统自动化的故障处理方式。因此, 配电网的接线方式必须和配电系统自动化规划紧密结合, 一次系统接线方式必须满足配电系统自动化的要求。配电网接线方式设计应遵循以下原则:

(1) 便于运行及维护检修;

- (2) 优化网架结构, 降低线损;
- (3) 保证经济、安全运行;
- (4) 节约设备和材料, 投资合理;
- (5) 适应配电自动化的需要;
- (6) 有利于提高供电可靠性和电压质量;
- (7) 灵活地适应系统各种可能的运行方式。

### 2 配电自动化的实施原则

(1) 注重投入产出。首先是先进性与实用性的综合考虑。先进: 功能先进, 设备满足使用要求, 符合发展趋势, 不落后; 实用: 对做好工作有较大帮助, 对提高管理水平有较大意义, 不搞“花架子”。此外还要注意不同的地区要采用不同的模式, 如负荷密集程度、负荷重要性、经济发达程度、发展趋势、售电收入等。

(2) 合理的网架基础。它包括多供电途径的环状网(或网格状网)开环运行, 合理的设备容量和采用可靠的开关设备, 灵活的运行方式, 恰当分段、恰当联络, 负荷密集区和重要区域设开闭所以及合理的控制和管理权限划分。

(3) 统一规划, 分步实施。系统规模较大, 必须认真规划, 盲目上马会导致“推倒重来”的风险,

规划负荷发展趋势,规划体现高的投入产出,规划反映不同地区的差异,首先实施网架基础好,经济、社会效益明显的区域,首先实施条件成熟,经济、社会效益明显的功能。

### 3 配电网接线方式比较和自动化的实施

#### 3.1 架空线路的接线方式

##### 3.1.1 单电源辐射式接线

单电源辐射网是一种接线简单清晰,运行方便,建设投资省的配电网,当线路或设备故障检修时,用户停电范围大,系统供电可靠性较差。单电源辐射网主干线路一般要求分3~4段,每段线路配变装接容量应控制在2.5~3MVA,供电半径宜为3~5km(见图1)。由于辐射网络不存在线路故障后的负荷转移,可以不考虑线路的备用容量,每条线路可满载运行,即正常最大供电负荷不超过该线路安全载流量。

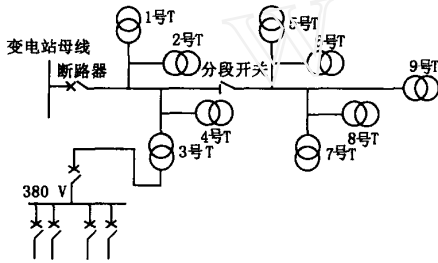


图1 单电源辐射式接线

这种接线方式在实施配电自动化时可采用重合器、分段器(见图2),达到自动隔离和恢复供电要求,故障段指示器需接入重合器经变电站RTU系统,传至调度端,可判断故障段。

图2中DL为变电站开关,L为配电室环网负荷开关,对于这种辐射网络结构可在变电站出线断路器基础上,增装一台重合器(提供二次重合功能)与多台分段器配合的方式,线路故障时由重合器切断短路电流,既可解决重合器与分段器的配合需要,同时减少近区短路对主变的冲击次数,缩短开关检修周期。由于该系统存在一次故障全部跳闸无故障段的供电可靠性差的缺点,而且恢复非故障线路的时间较长,因此主要在市郊使用。

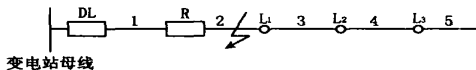


图2 重合器和分段器配合辐射网供电

##### 3.1.2 “手拉手”环网接线

“手拉手”环网是目前城市(镇)配电网中普遍使用的一种接线方式,通过主干线路末端之间的直接联络,实行环网接线,开环运行,从而大大提高了供电可靠性(见图3)。这种接线具有运行方便、结线简单、投资省、建设快等特点,但该接线方式要求每条线路具有50%的备供能力,即正常最大供电负荷只能达到该线路安全载流量的1/2,以满足配电网N-1安全准则要求;一般每条线路配变装接容量不超过10MVA。

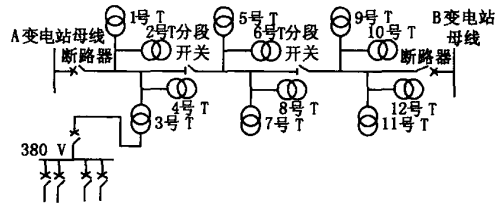


图3 “手拉手”环网接线

在负荷密度不够集中,投资资金有限的条件下,对环网架空线路可采用重合器和电流式分段器配合实现配网线路环网自动化供电(见图4),能迅速可靠隔离故障和转移负荷,操作简单,运行稳定,是提高电网供电可靠性的经济有效的技术手段。如图4所示,假设:

- (1)  $ST_1$ 、 $ST_2$ 重合一次,重合间隔为 $T_1$ 。
- (2)  $S_1$ 检测双侧电压,任一侧失压,延时为 $T_2$ 合闸,不重合,其过电流动作比 $ST_1$ 、 $ST_2$ 快。
- (3)  $L_1$ 、 $L_2$ 测到电流越限,由电流过零计数1次分闸,或检测到电源侧失压,延时 $T_3$ ( $T_1 < T_3 < T_2$ )分闸,不重合。

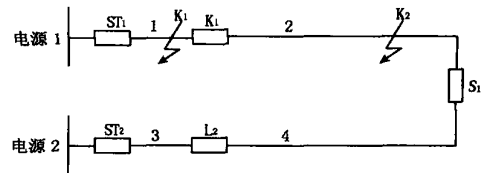


图4 重合器、分段器配合环网供电

当故障发生在 $K_1$ 处:出线断路器 $ST_1$ 检测到故障电流断开,如果是瞬时性故障, $ST_1$ 重合成功,线路恢复供电;如果是永久性故障, $ST_1$ 重合不成功再次开断闭锁, $L_1$ 检测到失压 $T_3$ 分闸,故障被隔离;联络重合器 $S_1$ 检测到失压 $T_2$ 后合闸,转移供电成功。

当故障发生在 $K_2$ 处:出线断路器检测到故障电流断开, $L_1$ 检测到电流越限,在电流过零时计

数1次分闸,  $ST_1$ 重合成功。 $S_1$ 检测到失压后延时 $T_2$ 合闸,如果是瞬时性故障, $S_1$ 合闸成功,如果是永久性故障, $S_1$ 检测到故障电流,开断动作较 $ST_2$ 快, $S_1$ 断开, $ST_2$ 不动作; $L_2$ 同样检测到越限电流,但随后电流未过零,不计数,所以不分闸。

### 3.2 电缆的接线方式

#### 3.2.1 电缆单环网

电缆单环网与架空线路“手拉手”环网接线方式一样,都通过末端线路之间的直接连接,实现环网接线,开环运行(见图5)。其主要特点是接线简单、清晰,运行方便、灵活,当环网线路中任一段电缆线路或环网单元故障时,单元供电,大大提高了配电网供电可靠性。为了满足 $N-1$ 安全准则要求,当环网线路中可通过短时间的分段开关切换,很快恢复环网的一回进线出现故障时,另一回进线应承担全部用电负荷,正常运行时,每条线路应留有50%备用容量,电缆线路负载率较低。

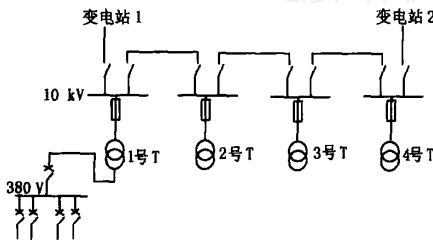


图5 电缆单环网

电缆单环网接线简单、运行灵活,有利于配电网扩展和配网自动化建设。适用于供电可靠性要求高、负荷密度较低、用电增长速度快的城市(镇)配电网。

#### 3.2.2 电缆双环网

电缆双环网是电缆单环网的组合,利用二回电缆线路,可解决单环网供电方式中因电缆、变压器及低压设备故障造成的较大面积停电问题(见图6),1号变压器和2号变压器在正常情况下各带50%的负荷,且分别接在两个不同的电源系统中。这种接线具有很高的运行灵活性和供电可靠性,能最大限度地确保向用户连续供电,满足重要用户双电源供电要求。在双环网线路中,当任一段电缆线路或环网单元故障、检修时,低压母联合上,可保障用户不间断供电。

电缆双环网具有接线完善、运行灵活、供电可靠性高,但投资比单环网增加一倍,一般适用在城市(镇)市中心区繁华地段、双电源供电的重要用户或供电可靠性要求较高的配电网。

#### 3.2.3 双电源双T形接线

此接线方式10kV系统运行灵活,操作简单(见图7)。由于双电源是通过断路器而不是刀开关接至变压器高压侧,单个分配电站的运行方式改变,不会影响整个10kV线路的运行。10kV系统因是两个电源,有备用线路,能够保证不间断供电。但变压器及低压系统无备用电源,不能保障供电的可靠性。此种接线方式可以减少电缆的使用量,降低投资。

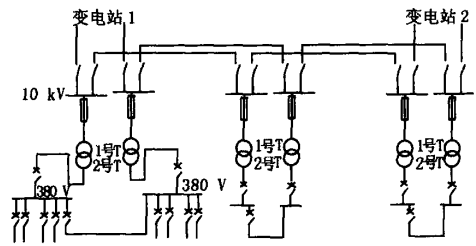


图6 电缆双环网

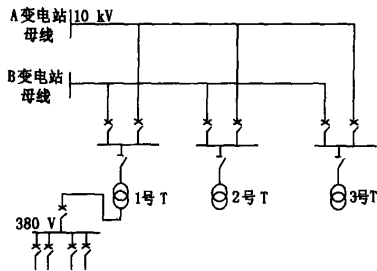


图7 双电源双T形接线

#### 3.2.4 双电源双T形两变压器接线

这种接线方式既有T形接线的优点,节省电力电缆的用量,运行方式灵活,又可使变压器和低压配电系统有备用,是一种高可靠性的接线方式(见图8)。

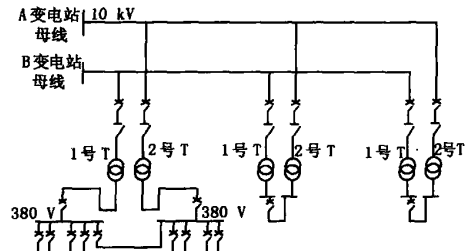


图8 双电源双T形两变压器接线

#### 3.2.5 上述几种电缆接线方式配电网自动化实施方案

针对上述几种电缆接线方式有2种较好的实

## 施配电网自动化方案。

(1) 环网电缆配电网中采用重合器、配合环网柜实现配电网自动化。它以分散的环网柜结合箱变构成环形电缆配电网, 替代了建设集中的配电站, 节省了占地面积。但要注意箱变的高压熔丝保护和环网柜的限流熔断器必须相互配合。这种方案适合旧城区的改造, 可以尽可能地利用原有的线路和设备。

(2) 配电网中利用环网柜加装 FTU, 并设置配电网自动化系统, 环网柜可以是户外式也可以是户内式。环网柜一般有 2 路出线和 2 路进线分别接入环网柜两侧, 数个环网柜连成 1 个供电环网。在各个环网的 FTU 通过通道 (一般是光纤) 与配电网自动化系统相连, 网络出现故障时, 主站系统根据 FTU 送来的信息通过软件运算, 遥控环网柜的负荷开关, 达到故障定位、隔离和恢复供电的目的。能在很短的时间内隔离、恢复非故障段的供电。这种方案适合新城区的规划。

### 3.2.6 方案(1)与传统开闭所环网结构的比较分析

10 kV 环网柜组成的电缆环网结构 (见图 9), 传统开闭所环网结构 (见图 10)。从图 9、10 可以看出, 由环网柜组成的电缆环网与传统开闭所组成的电缆环网在城市电网改造, 实施配电网自动化方面有许多优点:

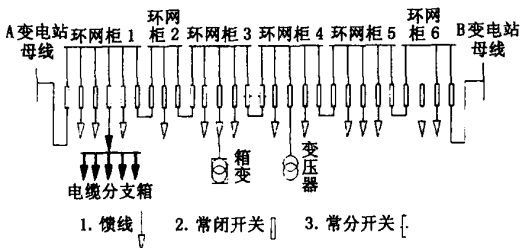


图9 环网柜组成的环网结构

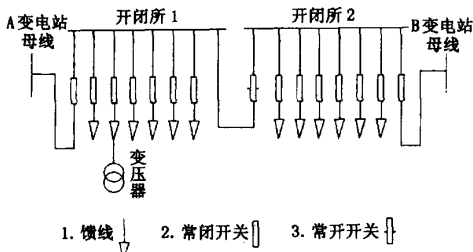


图10 传统开闭所环网结构

(1) 由图 9、10 可以看出, 两路电源正常方式各供给 3 个环网柜, 其出线可达到 6~24 回, 相当于两个传统开闭所 (一个传统开闭所出线在 12 回左右)。两路电源构成“手拉手”环网完全满足开闭所专供负荷的功能, 而且出线更加分散, 至用户的电缆长度大大缩短。

(2) 如图 9、10 所示, 环网柜每个区段控制 1~4 路出线, 停电几率小; 开闭所每个区段控制 7 路, 停电几率大; 同时因环网柜分布分散, 故障时停电面积小从而查找故障快, 检修时间短, 故停电时用户较少, 提高了供电可靠性。

(3) 环网柜构成的电缆环网接线方式灵活, 可根据用户发展的需要随时插入环网柜, 而且可以灵活地接入电源, 而传统的开闭所受建设规模限制, 不易扩建。

## 4 结论

本文针对配电网的典型接线方式探讨了实用的配电网自动化实施方案。不同的配电网结构, 配电网的接线方式是不同的, 相应的配电网自动化的实施也是不同的, 要建设好配电网自动化, 首先应规划好网络结构, 在此基础上选择实用的配电网自动化模式, 这样才会提高配电网供电可靠性和配电网运行管理水平, 收到好的效果。

## 参考文献

- [1] 能源部, 建设部 城市电力网规划设计导则 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1993.
  - [2] DL/T 599—1996, 城市中低压配电网改造技术导则 [S].
  - [3] 刘健, 等 城乡电网建设与改造 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
  - [4] 刘健 配电网自动化系统 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
  - [5] 李仁俊 配电网自动化系统的研发与应用实践 全国配电网自动化高级论坛, 2000: 80~90.
  - [6] 张继忠, 施飞, 许伟玲 带重合器的电缆环网 供用电 [J], 1998, (5).
  - [7] 楼玲俊 城市(镇)中压配电网典型接线分析 电网建设 [J], 2005, (6).
- 收稿日期: 2006-08-02  
作者简介: 但刚 (1974—), 男, 本科, 研究方向为电力系统及其自动化, 主要从事变电站设计工作。