

城市中心区配电网网格目标接线负荷转供策略研究

针对城市中心区配电网网格化特点，建立城市中心区配电网网格化目标典型接线模式，并建立相应的负荷转供策略分析模型。基于典型接线模式、负荷转供条件及验证方法，从路径的生成、负荷转供线路负载率计算及多电源重要用户可靠性分析验证，系统地分析负荷转供路径，选择最优负荷转供方案。

沈健¹ 盛佳蓉¹ 张麟¹ 李红英²/1.国网上海市电力公司浦东供电公司
2.上海合泽电力工程设计咨询有限公司



沈健/工程师

关键词/Keywords

配电网 ·
网格 ·
负荷转供 ·

0 引言

随着人们生活质量的提高，传统配电网规划逐渐暴露出一些新的问题：城市中心区变电站趋于饱和；设备负载水平偏高；线路转供能力差；现状站点布局混乱；电力管道拥堵；配电自动化发展滞后等。基于上述问题，提出配电网网格化规划理念。即对配电网以网格为单位进行管理，包括配电网的规划、建设和运行维护等。这种管理方法能为配电网业扩接入，项目储备，可靠性管理、线损管理、基础台账管理及运行维护管理等方面提供决策依据及参考。

目前网格化规划已在某些城市配电网规划中广泛应用，但由于城市配电网网架结构较一般地区更加复杂，为满足重要用户的供电容量以及可靠性的要求，不同电源间的联络增多。随着联络线增多，调控员和运方分析制定转供方案的时间相应增长，在事故处理的情况下必然延长停电时间；转供路径增多造成转供方案分析的工作量剧增，容易导致调控员和运方人员方案制定出现错误以及负载率计算失误，这就给系统的正常运行增加了风险。

本文通过分析城市配电网网格化接线形式，建立城市配电网网格化目标接线模式，并建立相应的目标接线负荷转供策略分析模型，选择最优负荷转供方案，为调控员简化工作量，并对转供自动化研究奠定一定的基础。

1 城市配电网网格化目标接线模型

配电网网格化是指中低压配电网发展到一定阶段以后，将某一供电区域在地理上划分成若干个相对独立的、供电范围不重叠的片区（供电网格）。

根据《配电网规划设计技术导则》将中压配电网典型接线方式分为四种：电缆网接线包括单环式、双环式，架空网接线包括辐射式和分段适度联络式。

根据城市中心区配电网网格负荷特点，采用配电网“网格化”的规划思路，中心区网格目标接线模式建议：中心区网格新建 10 kV 线路均为电缆，主干网接线模式主推 10 kV 开关站如图 1 所示。现有电缆环网，今后将逐步拆分为小环网接入开关站，过渡阶段可采用单环网和双环网接线模式如图 2 和图 3 所示；现有架空线，原则上根据市政项目将逐步落地，过渡阶段可采用架空线四分段三联络接线模式如图 4 所示，具体说明如下。

1) 10 kV 开关站每段母线预留一个联络专线仓位，与邻近开关站形成两个专用联络线，开环运行，形成两主两备。每座开关站失去双路上级电源情况下，可由邻近开关站供电，实现横向备用，满足检修方式下“N-1”

标准，如图 1 所示。

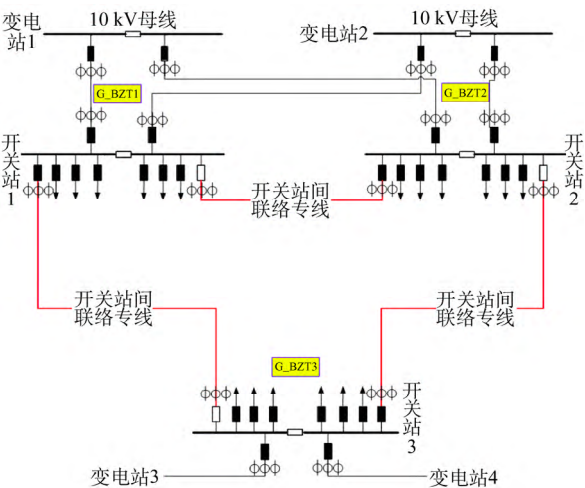


图 1 开关站四电源两主两备接线模式示意图

2) 电缆环网今后将逐步拆分为小环网接入开关站，分为单环网与双环网。单环网过度阶段采用接线模式采用单环网三电源（两主一备）如图 2 所示，主要是在单环网重要负荷节点增设专线，与邻近单环网联络，正常状态开断运行，联络线的线径与主干线相同。一个区段故障，拉开相应区段开关、闭合联络开关，将负荷转供到相邻馈线，完成转供。双环网过度阶段采用双环网四电源，为两个变电站的不同段母线各引出一回路或同一变电站的不同段母线各引出一回路，一般同路径敷设，构成双环式接线方式。双环网共计四路电源，邻近环网节点之间均有联络，如图 3 所示。

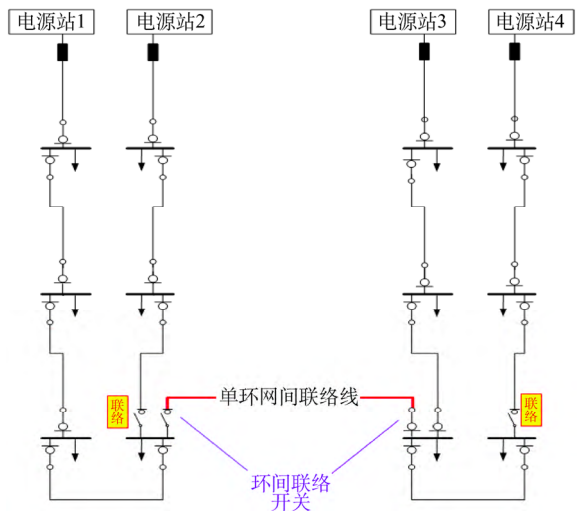


图 2 单环网三电源两主一备接线模式示意图

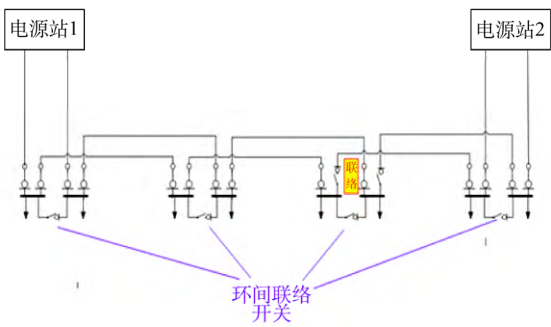


图 3 双环网四电源接线模式示意图

3) 现状架空线在入地之前的过渡阶段接线模式如图 4 所示。10 kV 架空网架形成环网布置开环运行的架空配电网，按最终多分段三联络接线模式规划，电源由变电站直供。

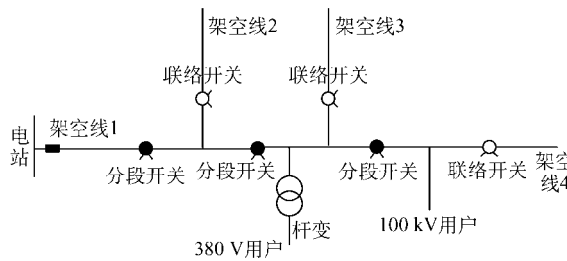


图 4 架空线四分段三联络接线模式示意图

2 城市配电网网格目标接线负荷转供策略

基于典型城市配电网网格目标接线模型，从负荷转供路径条件及负荷转供路径校验两方面着手考虑，建立城市配电网网格目标接线负荷转供策略分析模型，选择最优负荷转供方案，确保重要用户用电可靠性。

2.1 负荷转供条件

选择负荷转供路径时，为了转供路径最优化，负荷转供策略需满足以下条件。

- 1) 进行策略分析时考虑转供合闸开关的可操作性，对于操作开关挂有不可控标志牌的方案予以排除。
- 2) 考虑转供电源的负载率，若转供方案对侧电源负载率均大于 100%时，考虑负荷拆分；若有低于 100%的方案可供选择，优先选择此方案；若有多种低于 100%的方案可供选择，则进一步考虑条件 3) 和 4)。
- 3) 考虑重要用户的供电可靠性，优先选择

确保重要用户供电可靠性的方案（35 kV 变电站不同主变压器>35 kV 同一主变压器不同 10 kV 母线>同一 10 kV 母线不同 10 kV 出线>同一 10 kV 出线）。

4) 考虑操作开关数，操作开关数最少（应支持多断开点转供）。

2.2 负荷转供策略分析模型

负荷转供策略主要是针对城市中心区配电网网格的目标接线，在发生事故或者停电检修时，分析其影响负荷，并将受影响负荷安全转至新电源点，提出包括转供路径、转供容量在内的负荷转供操作方案。为了确定负荷转供路径是否准确及可靠性较高，需要进一步校验，优选转供方案。负荷转供方案分析模型如图 5 所示。

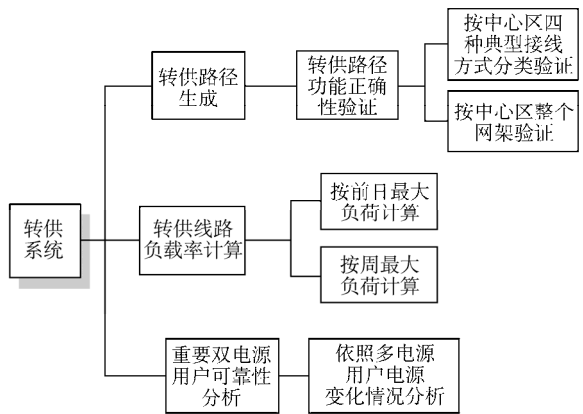


图 5 负荷转供策略分析模型图

转供路径生成分析：结合城市中心区配电网网格四种典型目标接线模式，根据故障处理时设备隔离情况或者日常检修时操作任务涉及的目标设备分析影响范围负荷，进而分析转供路径。按照中心区四种目标接线方式进行验证。

转供线路负载计算分析：由于转供发生的时刻不一定是负荷高峰，故要求能够对负荷进行一定的预测，这需要采用日负荷最大值的历史数据作为预测值参与计算。最常用有两种方式，采用前日的最大负荷电流；采用一周内的最大负荷电流。随机抽取了某城市中心区五条线路一个月的负荷数据进行调查，发现使用一周内最大负荷更不容易出现实际值超过预测值的情况，后者在减少过载的效果上要明显优于前者，所以选择后者为转供路径的校验方法。

转供线路的负载率计算公式如下

$$R_{\text{source-L}} = \frac{P_{\text{trans}} + P_{\text{source-L}}}{P_{\text{source-Lmax}}}$$

式中， $R_{\text{source-L}}$ 为转供线路的负载率； P_{trans} 为所转移负荷的一周内日负荷最大值； $P_{\text{source-L}}$ 为转供线路一周内日负荷最大值； $P_{\text{source-Lmax}}$ 为转供线路的线路限额。

过负荷的判定规则为：当 $R_{\text{source-L}}$ 计算结果大于 100%，则转供路径不通过。

重要用户可靠性分析：统计每个转供路径方案中的重要多电源用户的可靠性，这主要取决于这些用户的供电电源发生的变化，比如由 10 kV 不同出线供电变成同一出线供电，必然导致用户的可靠性降低。因此系统要能够分析出重要多电源用户的供电电源情况并作出统计和评定。

综上三种分析，结合负荷转供优先级原则：有过载的情况下，过载放在最后；对没有过载的方案，不判负载量，而是要保证双电源重要用户的转供电源和现有电源不是来自与同一个变电站；都没有重要用户，不看负载量，直接看操作步骤；步骤数都一样，再安负载量从低到高排列。建立负荷转供策略分析流程图，如图 6 所示。

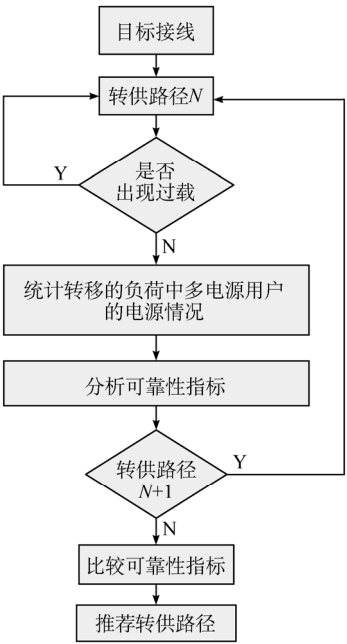


图 6 负荷转供策略分析流程图

3 实例分析

3.1 网格接线模式

以某中心区一个网格内的标准接线为例进

行分析。接线模型如图 7 所示。接线方式为单环网三电源两主一备接线，为网格化城市配电网典

型接线模式之一。三个电源分别来自 35 kV 国际站、35 kV 万国站以及 35 kV 花园站。

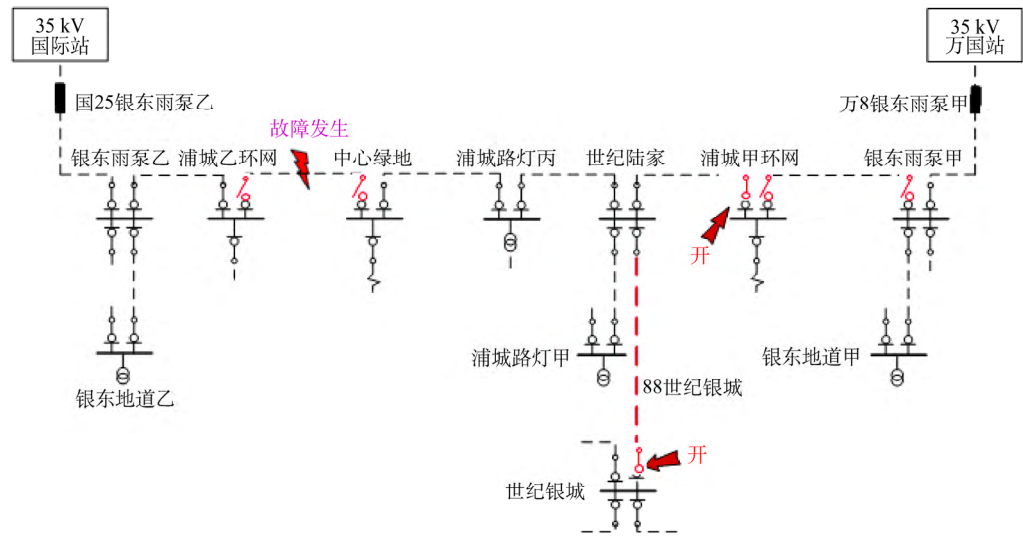


图 7 某中心区一网格接线模型

每个环网站点配置配电自动化终端及通信设备，组成环形光纤工业以太网；每个“手拉手”单环网配置分布式馈线自动化，独立处理本环网单点故障；单环网多点故障或其他原因导致两端失电时，主站分析拓扑和潮流后生成策略，遥控操作环网联络线开关，恢复供电。

3.2 负荷转供分析

典型单环网接线模型，主要是在单环网重要负荷节点增设专线，与邻近单环网联络，正常状态开断运行，联络线的线径与主干线相同。一个区段故障，拉开相应区段开关、闭合联络开关，将负荷转供到相邻馈线，完成转供。

参考单环网接线模型，该组接线发生故障时，负荷转供故障处理方法为：故障发生—国际站出口开关跳闸—故障定位—故障隔离（ S_1 、 S_2 断开）—联络开关（ S_3 闭合）转供负荷，负荷转供电源来自万国站。

据负载率计算结果，转供线路的负载率 $R_{source-L}$ 约为 80% 小于 100%，所以转供路径合理，可满足重要用户的可靠供电。

此模型提高了工作人员选择供电路径的效率，简化了工作量，也为未来的工作奠定了基础。

4 结束语

本文根据城市中心区配电网网格负荷特点，

采用配电网“网格化”的规划思路，给出城市中心区配电网网格化四种典型的目标接线模式。基于四种典型接线模式，通过负载率、重要用户可靠性指标，研究分析了城市配电网网格目标接线负荷转供策略，建立优选负荷转供方案模型。

本文通过实例验证此模型具有科学性及其实用性，并希望得到广泛的应用，为转供自动化奠定结实的基础。

参考文献

[1] 姚刚，仲立军，张代红．复杂城市配电网网格化供电组网方式优化研究及实践[J]．电网技术，2014，38（5）：1297-1301．
[2] 袁龙．电力系统负荷转供负荷研究[D]．天津大学，2012．
[3] 梁超友．10kV 配电网“网格化”规划研究[J]．山东工业技术，2014（19）．
[4] 朱志杰．深圳市龙华新区 10 千伏配电网接线模式研究[D]．广州：华南理工大学，2013．

作者简介

沈健（1981-），男，本科，工程师，主要研究方向为电力调度。

（收稿日期：2015-12-10） EA

（编辑：杨帆）