

配电网闭环运行模式分析

姚德泉

(国电南瑞科技股份有限公司,江苏南京 211106)

摘要:国内配电网一般采用闭环设计,开环运行的供电方式,城市 10 kV 配电网已形成了“手拉手”的环行供电网络,通过解合环操作可减少停电时间,供电可靠性也得到一定的提高,但依然存在短时停电问题,随着我国社会经济的快速发展,负荷需求增长迅速,尤其是重要敏感用户对供电可靠性的要求越来越高,迫切需要进一步提供配网供电可靠性。文中对 10 kV 配电网闭环运行模式进行研究分析,并提出一种可行的网架结构优化方案。

关键词:配电网;供电可靠性;闭环设计;开环运行;网架优化

中图分类号: TM711

文献标志码: A

文章编号: 1009-0665(2016)02-0016-03

供电可靠性是指供电系统对用户持续供电的能力,配电网可靠性则是配电网对配电对象持续供电的能力。供电可靠性直接反映了供电系统对用户的供电能力和服务质量,而配电网作为供电系统实现对用户供电中极其重要和复杂的一环,是目前提高供电系统可靠性最关键的环节,正受到更多的重视。随着社会经济的不断发展,对电网高可靠性的要求越来越高,而配电网一次网架对可靠性影响占到很大的比重,本文通过对国内和新加坡的配电网进行分析比较,提出改进配网一次网架的方案,并对其影响进行研究分析。

1 国内外现状分析

1.1 新加坡配电网现状

1.1.1 网架结构

新加坡的配网以 22 kV 网架为主,分布在城市各分区,以闭环“N-2”规则运行。变电站每两回 22 kV 馈线构成环网形成花瓣结构称之为梅花状供电模型^[1]。新加坡的“梅花”接线如图 1 所示。不同电源变电站的每 2 个环网中间又相互连接,组成花瓣式相切的形状,其网络接线实际上是由变电站间单联络和变电站内单联络组合而成,2 个环网之间的联络处为最重要的负荷所在。由一个变电站的一段母线引出的一条出线环接多个配电站后,再回到本站的另一条母线,由此构成一个花瓣,多条出线便构成多个花瓣,多个花瓣构成以变电站为中心的一朵花,每个变电站就是一朵梅花。原则上不跨区供电,通过花瓣相切的方式满足故障时的负荷转供,构成多朵梅花供电的城市整体网架,显示了良好的可扩展性。

1.1.2 运行方式

正常运行时,环网线路中站间联络线路以开环运行为主,站内联络部分采用闭环运行方式。故障情况

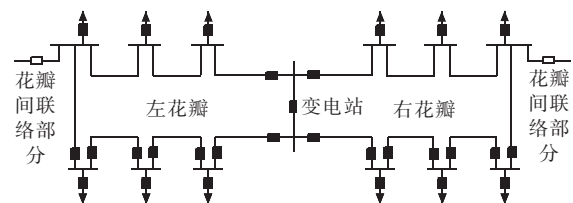


图 1 新加坡的“梅花”接线

时,对于主干线路采用纵差保护实现故障快速隔离,可靠性高,能够实现单一线路故障时不停电。

馈线自动化方面采用纵差保护的 FA 与主站集中的 FA 相结合,基于建模式和规则式 2 种混合型的诊断原理对电网拓扑结构和故障警告信息进行分析,获得故障原因,事故定位以及恢复供电的一系列开关倒闸操作报告。

1.1.3 监控系统

为达到高可靠性高质量供电的配网建设目标,新加坡能源公司现以大规模建设使用的有 2 套自动化系统,分别是配网 SCADA 和电能质量监测系统 (PQMS)。

新加坡从 1987 年到 1989 年建设并投运 22 kV 配网 SCADA 系统,同时从 2007 年开始拓广到 6.6 kV 共建设有主控中心和副控中心 2 套主站系统。3 个区域中心(中部区域中心,北部区域中心,东部区域中心,南部区域中心以及西部区域中心)和 1 个应急指挥中心。主副控制中心以及区域中心之间的数据交换全部采用广域网(WAN)来进行。

1.2 国内配电网现状

1.2.1 网架结构

国内配网以 10 kV 网架为主,采用闭环设计、开环运行方式。环网接线大多是由不同变电站或同一变电站不同母线出线组成。国内大部分城市配网电缆线路接线方式以单环网、双环网为主,如图 2 所示。

1.2.2 运行方式

正常运行时,联络线路以闭环设计、开环运行为

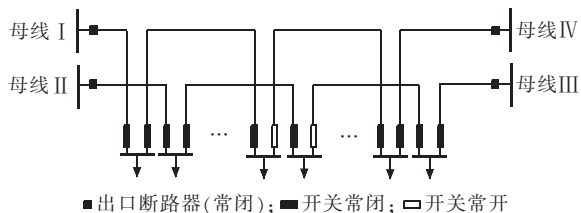


图2 电缆双环网接线示意图

主。线路故障情况时,由变电站出线开关保护动作,实现故障的隔离,但停电范围较大,无法精确隔离故障点,造成非故障区域设备停电。

在配电自动化已实施的地区,馈线自动化方面采用主要采用主站集中式FA,基于建模式的诊断原理对电网拓扑结构和故障警告信息进行分析,获得故障原因,事故定位以及恢复供电的一系列开关刀闸倒闸操作报告。

1.2.3 监控系统

为了提高配电网供电可靠性,国内从2009年开始实施配电自动化建设。目前针对配电网的自动化系统,分别有EMS、DMS和用电信息采集系统(含配变监测)。EMS系统主要实现35kV及以上变电站设备的信息采集和监视。DMS具备了配网设备运行监控、馈线自动化(FA)、高级应用等功能,能够实施监控配电设备运行情况,实现故障隔离和非故障区恢复供电,从而提高故障预防和快速恢复能力。

1.3 分析与结论

经对比分析新加坡和国内配电网,可以得出以下结论:

(1) 电气一次网架的接线方式不同,配网网架结构可靠性与新加坡存在差距。

(2) 监控系统。目前国内配电自动化系统投入运行时间较短,且终端的覆盖范围较小^[2],还无法像新加坡那样实时全面掌握配网的运行情况。

(3) 运行方式不同。国内配电网采用闭环设计、开环运行方式;在保护配置方面,只能依靠变电站10kV出线保护切除线路故障,停电范围大,造成非故障区域短时停电。

因此,为提升整个配电网的供电可靠性,需从以上3个方面进行改善。目前国内城市配电网一次网架结构合理,自动化系统已投入使用,只需做少量的改造就可以接近新加坡电网的结构。所以改造配电网网架,调整运行方式,由开环运行转变为闭环运行方式是提高城市配网供电可靠性的主要途径。

2 闭环运行模式的研究

结合国内城市配电网现状,本文选取由双侧220kV变电站单链供电、站内使用内桥接线方式的双主变110kV变电站为研究分析对象。合环运行的两回配网

线路可以选择不同变电站、同一变电站2台变压器及同一变压器供电的线路。下面将结合2种不同电网结构情况分别研究2种合环运行方式下的优缺点。

2.1 同一变电站不同母线的10kV线路

同一变电站不同母线运行方式接线如图3所示。

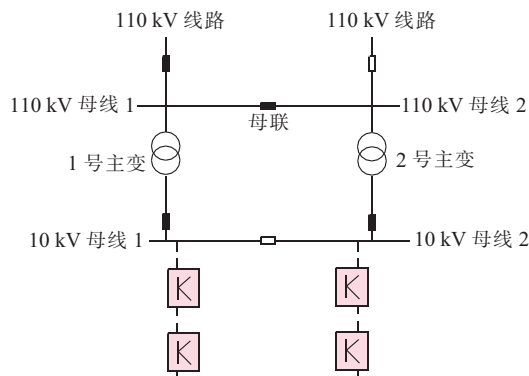


图3 同一变电站不同母线运行方式接线图

此种方式下,为避免出现220kV-110kV-10kV的“电磁环网”,需将运行方式作如下调整:

(1) 合上110kV母联开关,断开一回110kV线路,用另一回110kV电源线路对整个变电站供电,变电站需改为进线备投方式;

(2) 变电站内的110kV、10kV母联开关均合上,2台变压器并列运行,出现110kV-10kV电磁环网;

(3) 变压器并列运行应考虑各类参数配合。

2.2 运行方式调整带来的影响

(1) 对110kV电网的影响。110kV改为进线备自投后,一回110kV线路有可能重载,同时另一回线路无负荷,造成110kV线路的轻重载问题。主变容量及参数不匹配,存在较大环流^[3],变压器负荷分配不均,增加变压器损耗^[4]及保护整定难度(新加坡66kV变电站内的主变采用配对建设的方式,主变参数及建设时序同步加以规避);

(2) 主变故障分析。内桥接线方式的变电站,供电线路侧的变压器故障会导致全站停电,单母线分段接线方式不存在此问题。新加坡66kV侧电网采用环网运行方式,不存在此类问题。主变N-1时,合环线路不失电,供电可靠性有所提高。

(3) 10kV母线故障分析。10kV母线故障时,2台主变低后备I时段同时动作跳10kV母联开关,合环线路需加装方向过流保护来隔离故障点,增加了故障存在的时间,存在设备风险。

(4) 10kV备自投调整。当1台变压器失电时,10kV母线不停电,合环线路不失电,10kV备自投且无需调整。

(5) 合环线路保护方式。主干线需按分段装设光纤差动及后备保护,实现故障点的精确隔离。馈线装设过流保护。

2.3 同一变电站同主变双分支不同 10 kV 线路

同一变电站同主变双分支运行方式接线图如图 4 所示。

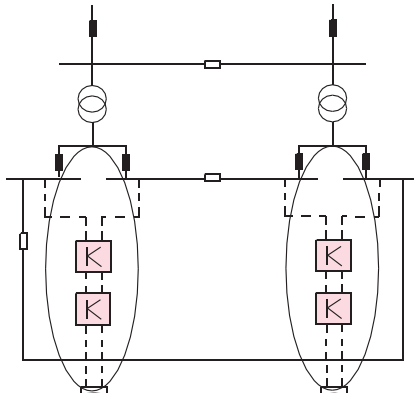


图 4 同一变电站同主变双分支运行方式接线图

(1) 对 110 kV 电网的影响。选择 1 台变压器所带两段分支母线上的两回线路进行合环，无需进行高压侧运方调整，不会出现电磁环网，不需要考虑变压器之间的参数配合。110 kV 进线负荷较均衡。

(2) 主变故障分析。供电变压器故障情况下，需依靠 10 kV 备自投动作实现继续供电，如变电站存在 3 台变压器情况下可能将两段由同一台变压器供电 10 kV 母线改为不同电源，因此备自投动作时需跳开相应母线上合环线路开关，同时两侧备自投需进行配合。

(3) 10 kV 母线故障分析。10 kV 母线故障时，相应主变低后备跳开主变低压侧开关时应联跳合环线路开关，保证合环线路解环仍可继续运行。

(4) 10 kV 备自投调整。双主变变电站无需调整 10 kV 备自投。

(5) 合环线路保护方式。主干线需按分段装设光纤差动及后备保护，实现故障点的精确隔离。馈线装设过流保护。

2.4 分析比较

对 2 种闭环运行供电模式，具体比较情况如表 1 所示。

经过以上分析比较，同主变双分支闭环模式对现有运行方式及保护配置等改造量较小，安全风险低，可靠性高，具备较强的可复制推广性。

表 1 2 种闭环运行模式对比

类型	不同变压器合环	同一变压器合环
对 110 kV 电网的影响	需要进行运方调整,110 kV 备自投方式需改变,可能造成主变及线路轻重载问题,上级保护定值需调整	无需进行调整
主变故障风险	供电线路侧变压器故障将造成变电站全停主变 N-1 合环线路不失电	不增加风险主变 N-1 需依靠备自投动作保持供电
10 kV 母线故障风险	合环线路需加装方向过流保护来隔离故障点,增加了故障存在的时间,存在设备风险	需增加主变后备保护联跳合环开关回路合环线路可解环运行
10 kV 备自投调整	无需调整	双主变变电站无需调整
合环线路保护方式	主干线需按分段装设光纤差动及后备保护,馈线装设过流保护	主干线需按分段装设光纤差动及后备保护,馈线装设过流保护

3 结束语

通过分析可知，除了加大配电自动化的覆盖范围外，对于对供电可靠性要求很高的区域（城市核心区、高新技术开发区等），建议变电站建设时可考虑采用双主变、双分支及 10 kV 母线环式结构，从同一主变双分支 10 kV 配对出线，合环运行，并与相邻变电站合环线路形成梅花相切供电模式。目前此种模式已在江苏苏州配网得到试点应用，据测算其供电可靠率可达 99.999 5% 以上，真正实现不间断供电。

参考文献：

- [1] 吴 涵,林 韩,温步瀛,等. 巴黎、新加坡中亚配电网供电模型启示[J]. 电力与电工,2010,30(2):4-7.
- [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] 戴 晖,孙 波. 新型实用合环潮流算法在配电网中的应用[J]. 江苏电机工程,2015,34(1):47-49.
- [4] 林裕新. 配电网合环操作中电压差问题探讨[J]. 农村电气化,2009(11):44-45.

作者简介：

姚德泉(1982),男,江苏连云港人,工程师,从事国内外配电自动化技术支持工作。

Analysis on Closed Loop Operation Mode of Distribution Network

YAO Dequan

(NARI Technology Development Co. Ltd., Nanjing 211106, China)

Abstract: The distribution grids in China are commonly in the way of closed-loop design and opened-loop operation. The distribution grids in cities has formed a "hand-in-hand" structure. Through opened/closed loop operation, power supply reliability has been improved. However, customers are still likely to suffer short-time outages. Currently, improving power supply reliability becomes an urgent demand. This paper proposes a solution for grid structure optimization based on the analysis of closed-loop operation mood of 10 kV feeder.

Key words: distribution; power supply reliability; closed-loop design; opened loop-operation; network optimization