

基于 PSASP 的配网合环潮流计算

张竞帆 车亮

国网西安供电公司 陕西西安 710032

【摘要】配电网合环调整运行方式对于提高用电可靠性、提升供电服务质效具有重要意义。本文基于PSASP开展配网合环潮流计算，在主网潮流计算结果的基础上，明确主配网潮流计算边界条件，搭建配网潮流计算简化模型，提出合环允许条件，通过合环后稳态潮流结果研判合环风险。针对西安局部配电网的典型实例，对其合环前后的电流潮流进行计算，并将计算结果与实测结果进行比较，验证了本文方法的准确性和实用性。根据长期计算经验，提出批量合环流程、远程合环方法、降低合环电流等方案，具有推广性。

【关键词】配网；合环；潮流计算；PSASP

中图分类号：TM744

Load Flow Calculation for Loop Closing in Distribution Networks Using PSASP

Zhang Jingfan Che Liang

State Grid Xi'an Power Supply Company Shaanxi Xi'an 710032

【Abstract】The uninterrupted adjustment operation mode of distribution networks is significant for enhancing power supply reliability and improving the quality and efficiency of power supply services. This paper conducts loop closing load flow calculations for distribution networks based on PSASP (Power System Analysis Software Package). On the basis of the load flow calculation results from the main grid, it clarifies the boundary conditions for the load flow calculations of the integrated main and distribution networks, builds a simplified model for distribution network load flow calculations, and proposes allowable conditions for loop closing. It assesses the risks associated with loop closing through steady-state load flow results post-looping. Targeting a typical case study of a partial distribution network in Xi'an, it calculates the current flows before and after loop closing and compares these calculated results with actual measurements to verify the accuracy and practicality of the proposed method. Based on extensive computational experience, batch loop closing procedures, remote loop closing methods, and schemes to reduce loop closing currents are proposed, which are generalizable.

【Key words】 distribution networks; loop closing; load flow calculations; PSASP

引言

西安城市 10 千伏配电网以“闭环接线、开环运行”方式运行。随着城市居民对用电可靠性要求的不断提高，10 千伏配电网方式调整时，需采取合环方式来减少居民停电感知，压降工单。但在合环过程中，由于合环点两侧母线存在负荷、电压幅值、电压相位等差异，合环后可因电流过大引起保护误动，进而扩大停电范围；此外，过大的电流甚至存在烧毁运行设备的风险^[1-3]。为此，需要通过开展仿真计算，研判合环后电流大小，杜绝合环期间电网设备事故发生，提

高电网运行的安全性和可靠性。

1 配电网简化潮流模型

配电网典型接线方式如图 1 所示(本文仅以架空线路为示意)。配网潮流计算中需要的数据为配电网线路参数及负荷数据。配网线路参数方面，采用线路保护整定理论参数，即以架空或电缆线路长度乘以理论参数。负荷数据方面，随着配电网自动化水平的不断提高，变电站侧 10 千伏出线开关的潮流数据、线路分段及分支开关潮流数据均可实时监测并

获取。

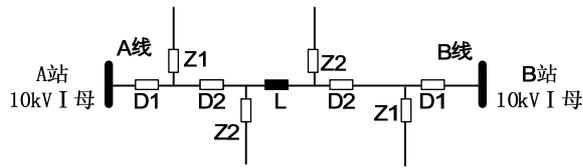


图 1 10 千伏实际运行图

非合环路径的线路不流经合环电流,对合环潮流分布影响较小,且相关负荷数据均在上级分段开关中予以体现,故将其省略,如图 2 所示。

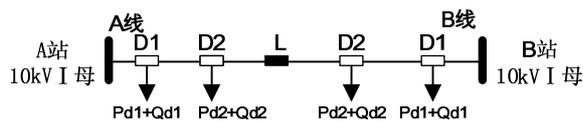


图 2 10 千伏简化模型 1

区域电网中主网网架结构较为简单,配电网往往更加复杂,分支线路多、非标接线量大,若在建模计算中开展全量建模,工作量庞大,不利于日常工作开展。为此采取如下简化方案:

1、简化模型一:省略合环路径分段开关建模,将全线负荷放置于变电站出线侧,如图 3 所示。结合线路多分段等建模难度大、自动化覆盖率不高的线路现状,该模型可为大面积潮流计算提供支撑。

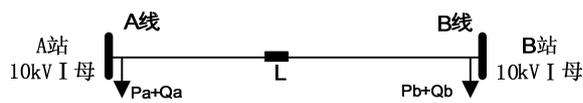


图 3 10 千伏简化模型 2

2、简化模型二:省略非合环路径线路建模,将全线负荷放置于联络开关侧,如图 4 所示。同简化模型二建模原因。

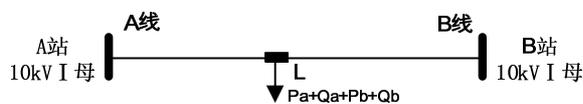


图 4 10 千伏简化模型 3

2 基于 PSASP 的配网潮流计算

西安地区主网潮流计算范围延伸至 10 千伏母线,故在计算过程中,以 10 千伏母线作为主配网潮流计算的边界,配网潮流计算在主网计算收敛结果的基础上开展。

2.1 计算数据收集

拓扑数据:因西安地区 110 千伏变电站 10 千伏母线为分裂运行方式,借助西安调度的 D5000 系统,直接导出 10 千伏线路与 110 千伏变电站 10 千伏母线对应拓扑关系。同时,收集每一条线路变电站至合环开关的线路长度。

潮流数据:由西安调度 D5000 系统直接导出所有变电站 10 千伏出线负荷数据。

2.2 PSASP 建模

对于简化模型一,在 PSASP 中新设对应图 3 的节点 A、B 并挂接两条线路负荷,线路由节点 A 至节点 B,命名为 AB 线,线路参数为两条线路合环路径线路参数的相加。

对于简化模型二,在 PSASP 中新设公共节点 L 并挂接两侧负荷总加,线路 A、B 分别为两条线路的两侧母线至公共节点 L,参数分别为各自合环路径参数。

2.3 批量建模

采用 PSASP 自带的 EXCEL 与 PSASP 数据库转换软件,可方便开展大批量的配网潮流计算建模。将主网潮流计算软件中的基础数据库导出,在 EXCEL 中打开,结合前期 D5000 导出的拓扑关系和各类潮流数据、线路参数等,直接在基础数据 EXCEL 中添加和编辑,完成批量建模。

2.4 主配网计算边界条件

PSASP 潮流计算中,无法详细模拟全网在某一时刻的整体负荷情况。为确保主配网潮流计算基于同一边界条件下开展,主网侧潮流计算选取全网负荷为 500 万千瓦,配网侧则选取全网负荷 500 万千瓦下的潮流数据。

2.5 合环判据

配网合环中,因合环点两侧电压、相位等不同,容易产生较大的合环电流,进而损伤设备。根据潮流计算理论,合环过程中,变电站侧开关合环电流最大。实际运行中,线路保护整定计算最大允许电流以 CT 变比、电缆或架空线路最大载流量、保护逐级配合计算结果为依据并选取最小值。为确保合环过程中,线路设备不会发生误跳闸或烧毁,选取线路保护整定计算结果为依据,并预留 10%裕度。西安地区变电站出线 CT 变比最大为 600/5,线路保护整定中允许最大电流也多为 600A,故以潮流计算结果中合环电流小于 540A 时为允许合环条件。

3 西安电网实际合环计算验证

对西安高新地区电网的 10 千伏永二十六与大三十九线开展实际合环与潮流计算结果验证。10 千伏永二十六线属于 110 千伏永阳变 10 千伏出线，大三十九线属于 110 千伏大安变，两个 110 千伏变电站分属于不同的 330 千伏供电区。

合环计算结果如表 1 所示。

表 1 10 千伏永二十六与大三十九线合环结果对比表

线路名称	合环前	合环后		
	建模数据	简化模型 1	简化模型 2	实际数据
	电流/A	电流/A	电流/A	电流/A
永二十六	0.0	260	248	228
大三十九	83	229	212	188

可以看出，对于合环后两条线路变电站侧电流而言，简化模型 1 与实际潮流结果分别相差 5%、9%，简化模型 2 与实际潮流结果分别相差 9%、13%，且简化模型计算结果较实际均偏大，表明简化模型计算结果具备应用条件。

4 合环工作建议

4.1 批量潮流计算

与主网方式不同，配电网运行方式灵活性高，调整频次大，需采取更加简单便捷的方式开展合环潮流计算。基于本文研究结果，建议在实际执行过程中，一次性经 D5000 系统倒出全网配网拓扑并完成线路参数填写，形成配网潮流计算基础数据库 EXCEL。每月由上级调度发布一次主网潮流计算模型，并将配网潮流计算 EXCEL 导入，方便开展合环

计算。

4.2 合环操作方法

实际操作中，由于相序错误等问题，容易引发设备烧毁等风险，运行人员往往不愿意采取合环方式开展操作^[4]。为此，对于自动化覆盖率高的地区，可以采取配电自动化系统远程遥控开关完成操作，对于自动化覆盖率较低的区域，可以采用机械合环助手开展操作。该助手通过电动机械臂转动开关把手完成操作，操作人员可远离设备 5 米，安全性较大。

4.3 降低合环电流方案

根据戴维南等效法，线路合环电流的大小主要取决于合环开关两侧的电压差，包括幅值和相角^[5]。经过对西安电网合环工作开展情况与长期潮流计算研究的总结，实际合环过程中，可以通过在全网负荷低谷合环、调整变电站两侧主变档位或投退无功补偿装置降低电压差等手段减少合环电流。

5 结论

本文提出了一种适用于批量建模的配网合环潮流计算方法。通过两种配电网的简化模型，实现了基于 PSASP 的主配网潮流计算，为降低合环期间人身设备风险提供坚强依据。此外，通过对西安高新地区两条 10 千伏线路合环数据验证模型的有效性与可推广性。基于计算结果，提出了实际批量计算流程、提升合环安全性方案、降低合环电流方法等建议。本文所采用的建模计算方案实用简洁，仿真算法快速，所得结论对实际电网合环操作具有指导意义。

参考文献

- [1]熊吟龙, 曾晓丹, 彭程, 等. 10kV 配网线路长期合环风险辨识及检测方法 [J]. 电气技术与经济, 2023, (10): 181-183.
- [2]葛亮, 屈田. 基于稳态、暂态分析的 10 kV 配网合环转电操作研究 [J]. 机电信息, 2023, (22): 24-27.
- [3]宁炳文. 跨 500kV 大区的 10 (20) kV 配网馈线合环转电的难点和提升方法探索 [J]. 电工技术, 2023, (06): 209-212.
- [4]杨立刚. 10 kV 配网线路合环转电操作条件及风险评估分析 [J]. 科技创新与应用, 2022, 12 (25): 149-152.
- [5]吉宇菲. 10kV 配网电缆线路合环倒路研究分析与实践 [J]. 风能, 2022, (03): 80-84.

作者简介: 张竞帆 (1993), 男, 陕西大荔人, 硕士研究生, 中级工程师, 先后从事调度运行、配网运检等工作, 研究方向涉及电网调控、配电网运行等。