

# 中山电网 10 kV 线路合环转供电操作原则研究

欧昌岑

(中山供电局 广东 中山 528400)

**摘要:** 10 kV 线路合环转供电可提高供电的延续性,但由于线路的负荷、合环开关两侧存在电压差、相角差等原因,合环时产生的环流容易导致操作失败。在仿真软件计算的基础上,结合实际操作经验,总结出中山电网 10 kV 线路合环转供电的操作原则,对降低合环操作的电网风险和供电可靠性具有重要意义。

**关键词:** 配电网;合环操作;合环电流;冲击电流

**Abstract:** Switching the power supply in a closed loop of 10 kV lines can improve the continuity of power supply. However, the operation may fail due to the ring current arising in the closed loop, as a result of the difference of voltages and phases between the two sides of the closed-loop switches and loads. Based on the calculation of simulation software and practical operating experiences, the operating principles of switching the power supply in a closed loop of 10 kV lines in Zhongshan Power Grid are summarized, which plays an important role in reducing the grid risk during closed-loop operation and improving the reliability of power supply.

**Key words:** distribution network; closed-loop operation; closed-loop current; surge current

中图分类号:TM732 文献标志码:A 文章编号:1003-6954(2012)02-0041-03

## 0 引言

随着国民经济的发展,配电网一般采用闭环设计、开环运行的供电方式,不同片区间的 10 kV 线路合环操作普遍采用“先断后通”方式,操作过程中需短时停电,降低了供电连续性。若采用合环转电方式,合环时的电网潮流分布受系统运行影响较大,目前调度人员进行合环转供电操作时,只能依靠以往经验,没有系统的操作原则,调度人员难把握,存在操作风险。一般进行合环操作时,受电网运行方式和电网参数影响,将可能出现因合环潮流过大而引起设备过载、继电保护误动、电磁环网引起事故扩大等风险,影响电网安全。

## 1 国内外现状

国外对配电网合环转供电研究较早,理论也较成熟,在配电网规划、建设时也按配电网合环转供电要求来规划、建设。因此在实际运行中,配电网合环转供电操作较顺利,整个配电网供电可靠性很高。早在 1998 年,英国的中压配电网供电可靠性已达 99.988%,美国达 99.984%,法国达 99.991%,日本东京电力公司达 99.999%。

中国原有电力设施建设落后,但近几十年各级电网建设都取得了长足的进步。配电网合环转供电研究也在近 10 年如火如荼地开展,部分地区供电局已逐步实施了 10 kV 合环转供电,但仍没有明确的配电网合环操作原则。随着配电网规划、建设的发展及进一步提高供电可靠性的要求,制订并明确 10 kV 线路合环转供电操作原则日益迫切。

## 2 合环操作的相关规定

根据《广东电网电力系统调度规程》的有关规定:合环操作必须相位相同,应保证合环后各环节潮流的变化不超过继电保护、系统稳定和设备容量等方面的限额。合环前应将合环点两端电压幅值差调整至最小,220 kV 系统一般允许在 20%,最大不超过 30%,负荷相角差一般不超过 30°,500 kV 系统一般不超过 10%,最大不超过 20%,负荷相角差不超过 20°。

核相工作是中山供电局(中山局,下同) 10 kV 线路形成环网的必备条件,目前中山局在运的 10 kV 环网相位正确率为 100%。上述规程没有明确 10 kV 系统合环允许的电压差及相角差,而且对于配电网 10 kV 系统,合环点(包括变电站内的 10 kV 馈线开关、线路上负荷开关)单侧或两侧没有安装 TV、TA,

表1 几种典型网络接线下的计算数据与实测数据对比

| 网络分析                                   | 序号  | 线路  | 编号     | 所属变电站及母线 | 变电站出线开关电流/A |         |     |     | 合环是否成功   |
|--|-----|-----|--------|----------|-------------|---------|-----|-----|----------|
|  |     |     |        |          | 计算值         |         | 实测  |     |          |
|  |     |     |        |          | 合环时         |         | 合环前 | 合环时 |          |
|  |     |     |        |          | 冲击          | 稳态      | 稳态  | 稳态  |          |
| 同一<br>220 kV<br>网络                     | 1   | 水厂线 | 713    | 中山站 2M   | -1 329      | 371     | 36  | 455 | 是        |
|  |     | 教育线 | 717    | 博爱站 2M   | 1 383       | 338     | 108 | 373 |          |
|  | 2   | 松苑线 | 711    | 库充站 1M   | -91         | 40      | 79  | 94  | 是        |
|  |     | 竹苑线 | 716    | 富豪站 2M   | 227         | 102     | 70  | 46  |          |
|  | 3   | 新武线 | 729    | 库充站 3M   | -340        | 165     | 77  | 190 | 是        |
|  |     | 交警线 | 703    | 库充站 1M   | 437         | 94      | 58  | 178 |          |
|  | 4   | 莲峰线 | 719    | 库充站 2M   | 318         | 77      | 55  | 108 | 是        |
|  |     | 柏桠线 | 710    | 莲塘站 1M   | -283        | 82      | 18  | 113 |          |
|  | 5   | 长江线 | 713    | 博爱站 2M   | 866         | 227     | 168 | 274 | 是        |
|  |     | 水库线 | 715    | 凯茵站 2M   | 866         | 227     | 58  | 380 |          |
|  | 6   | 中塑线 | 702    | 中山站 1M   | -914        | 313     | 89  | 590 | 是        |
| 鳌新线                                    |     | 701 | 博爱站 1M | 1 051    | 242         | 95      | 471 |     |          |
| 7                                      | 中塑线 | 702 | 中山站 1M | -475     | 197         | 92      | 259 | 是   |          |
|  | 荣厦线 | 722 | 富豪站 2M | 583      | 145         | 23      | 185 |     |          |
| 不同<br>500 kV<br>电源                     | 8   | 长泰线 | 720    | 茂辉站 2M   | 110 000     | 710.548 |     |     | 不采用合环转供电 |
|  |     | 金星线 | 704    | 横栏站 1M   | -110 000    | 329.947 |     |     |          |
|  | 9   | 名杜线 | 706    | 海洲站 1M   | 121 000     | 820     |     |     |          |
| 同一<br>500 kV<br>电源 不<br>同 220 kV<br>网络 | 10  | 宝厂线 | 716    | 西岸站 2M   | -121 000    | 310     |     |     | 不采用合环转供电 |
|  |     | 富山线 | 703    | 裕丰站 1M   | 1 177.053   | 603.534 |     |     |          |
|  | 11  | 前进线 | 733    | 东风站 2M   | -1 177.053  | 615.133 |     |     |          |
|  |     | 平板线 | 712    | 裕丰站 1M   | 448.047     | 227.998 |     |     | 是        |
|  |     | 玉峰线 | 716    | 裕丰站 2M   | -81.672     | 481.171 |     |     |          |

规程上允许同期合环的电压差、相角差无法实时直观获得。而且 10 kV 合环的开关没有安装同期合闸保护检测,在不考虑合环后电流增大可能引起过流保护动作的情况下,电压差、相角差不影响 10 kV 开关成功合环。

但合环开关两侧的电压差、相角差会产生环流,环流与线路上的负荷电流叠加后所产生的暂态冲击电流及稳态电流有可能造成 10 kV 过流 I 段或 II 段动作而导致变电站的 10 kV 馈线开关跳闸。

因此,10 kV 线路合环转供电成功的关键在于合环后的冲击电流及稳态电流值是否能躲过变电站 10 kV 馈线过流 I 段及过流 II 段的定值。

### 3 合环操作原则分析

按目前中山电网继保整定原则,以 TA 为 600/1 的 10 kV 馈线开关为例,合环瞬间如冲击电流达到 2 160 A 时,将会造成 10 kV 馈线过流 I 段动作跳闸;稳态电流如达到 780 A,持续时间超过 0.5 s,过流 II

段将会动作跳闸。

按目前中山电网 10 kV 过流 I 段最小动作定值 2 160 A 整定及取可靠系数 1.3 倍考虑,中山局明确 10 kV 线路合环后的冲击电流须不得超过 1 600 A。

按目前中山电网 10 kV 过流 II 段最小动作定值 780 A 整定及取可靠系数 1.3 倍考虑,合环后的稳态电流实测值不得大于 660 A。同时根据《广东电网公司 12 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备选型标准》文件要求(10 kV 开关柜合环运行开关电流不得大于 630 A),中山局明确合环后的稳态电流实测值不得大于 630 A。

也就是说,实际操作时暂态冲击电流及稳态电流数值如果满足上述条件可确保 10 kV 线路合环成功。

### 4 利用合环辅助决策支持系统对合环操作仿真

在明确了 10 kV 线路合环的原则后,下一步的关键在于需对合环工作进行风险预控。为此,中山局与南瑞科技在配电网自动化系统(OPEN3200)上开发

了配电网合环辅助决策支持系统。通过实时读取网络和状态数据,识别网络环路状态,分析当前合环操作的安全性,对合环后产生的冲击电流及稳态电流进行预判,严格按照“先计算,再合环”方法,若具备合环条件时,10 kV 环网线路转供电可采用不停电的方式进行。

鉴于目前该模块的误差,结合中山局开展配电网合环课题研究以来的理论计算值与实测值的经验,中山局明确了10 kV 线路允许合环的稳态电流理论计算值不得大于450 A,暂态冲击电流理论计算值不得大于1 400 A。

### 5 实践校验

中山局自2010年开展10 kV 线路合环转供电课题研究,根据上述合环原则,共开展1 800次合环转供电工作,成功1 800次,失败0次,表1为几种典型网络接线下的计算数据与实测数据对比。

根据表1数据,中山局总结10 kV 线路合环转供电规律如下。

(1) 涉及合环线路如属于同一220 kV 网络(如图1),理论计算稳态电流值均小于450 A,冲击电流均小于1 600 A,实测电流均小于630 A,合环操作全部成功。

(2) 涉及合环线路如属于不同500 kV 电源(如图2),理论计算稳态电流值超过450 A,实测电流将会超过630 A,有可能造成10 kV 馈线开关保护动作跳闸,不建议进行合环操作。

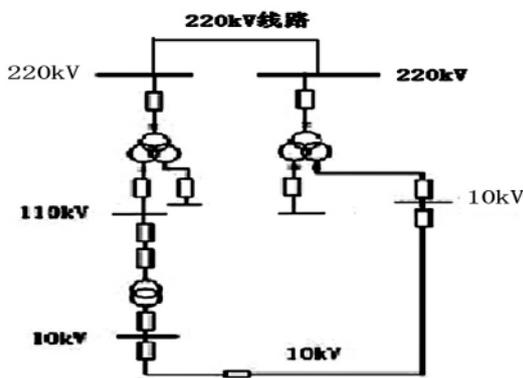


图1 合环线路属于同一 220 kV 网络

(3) 涉及合环线路如属于同一500 kV 电源,不同220 kV 网络(如图3),理论计算稳态电流值有可能大于450 A,也有可能小于450 A。应严格执行“先

计算,再合环”规定,只允许合环稳态电流理论计算小于450 A 的线路进行合环。

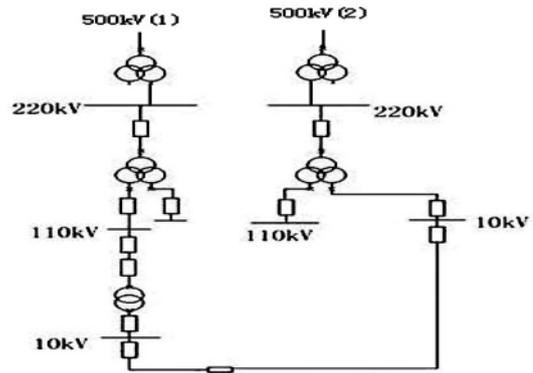


图2 合环线路属于不同 500 kV 电源

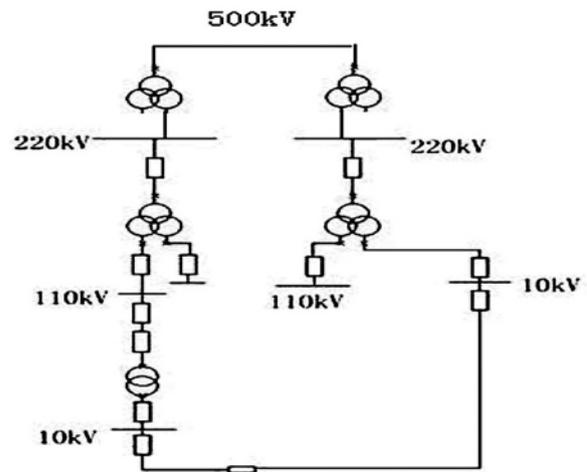


图3 合环线路属于同一 500 kV 电源,不同 220 kV 网络

### 6 结 语

10 kV 线路合环转供电操作原则有效指导了中山局配电网合环工作,减少了停电次数,提高了供电的延续性,不仅给居民带来了生活上的方便,也使工厂企业避免了因停电中断而带来的或多或少的经济损失,更重要地也使供电企业得到了实际的经济收益和社会效益,自2010年开始共进行合环转供电1 200条次,每条次线路合环减少停电时间15 min、每条线路平均负荷3 MW 计算,这些合环直接产生的电量就是90 000 kWh。

希望所做的研究及分析能对国内其他地市局开展10 kV 线路合环课题研究提供新的参考与指引。

作者简介:

欧昌岑(1979),男,硕士学位,电气工程师,研究方向为电力系统分析。  
(收稿日期:2011-12-21)