

# 基于配电自动化系统的 110kV 单线单变自愈功能模块研究与应用

周晓锋, 鲍有理, 宗绍磊

(国网无锡供电公司, 江苏 无锡 214000)

**摘 要:** 单线单变自愈功能模块是针对 110kV 单线单变变电站开发的基于配电自动化系统的 10kV 网络自动、快速恢复功能模块。在电网发生故障导致 110kV 单线单变变电站 10kV 母线全停时, 自愈功能模块能自动判别、启动, 根据 10kV 线路联络情况自动并智能选择最优转供方案, 通过配电自动化系统以全自动或人工干预方式快速恢复失电负荷。

**关键词:** 配电自动化; 单线单变; 自愈

## 0 引言

目前, 国内电网 500kV 与 220kV 电网网架多为电磁环网运行, 110kV 及以下网架为辐射型线路开环运行。在 110kV 层面电网建设发展的过程中, 不可避免的会出现单线单变变电站的情况 (即某个变电站由单条线路供电且仅有一台变压器), 考虑到负荷增长速度与投资效益的因素, 此种变电站可能在短时间内不进行 110kV 层面的扩建, 而由 10kV 电网层面的加强完善来弥补其 110kV 结构的不足。本文所述 110kV 单线单变自愈功能模块 (下简称自愈功能模块), 是针对 110kV 单线单变变电站接线方式开发的基于配电自动化系统的 10kV 网络自动、快速恢复功能模块, 在电网发生故障导致 110kV 单线单变 10kV 母线全停时, 自愈功能模块能自动判别、启动, 根据 10kV 线路联络情况自动并智能选择最优转供方案, 通过配电自动化系统以全自动或人工干预方式快速恢复失电负荷。

## 1 模块功能研究

### 1.1 总体功能

当发生 110kV 单线单变变电站的 110kV 电源线路 (或其上级电源系统) 故障或失电, 110kV 主变故障或失电, 10kV 母线故障或失电, 10kV 线路故障越级跳主变次总开关等情况, 均会造成 110kV 单线单变变电站的 10kV 母线失电。

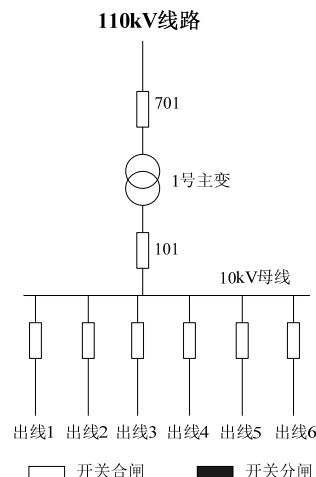


图 1 110kV 单线单变变电站典型接线方式示意图

自愈功能模块的研发以北京四方公司 CSGS-3000 配网自动化主站系统为平台, 以主站高级应用模块“序列控制”<sup>1</sup>为基础, 当系统发生故障造成变电站内 10kV 母线失电, 模块检测电流、电压判据满足条件后启动, 通过所供线路的联络点将负荷自动转移至其联络线路。

### 1.2 具体功能

模块的启动应同时满足相应的电流、电压判据, 避免低负荷、母线压变熔丝熔断等情况引起模块误动。

模块启动后, 自动生成负荷转供方案, 通过配电自动化系统对相应开关进行遥控操作, 将负荷转

<sup>1</sup> “序列控制”功能能实现多项、按序操作步骤的一键控制, 即按设定的操作步骤逐步执行遥控开关动作。

移至对侧联络线路，需注意以下几项：

1) 遵循调度事故处理先拉后合的顺序，即先拉开变电站出线开关、再合上联络开关，避免对可能存在的故障点送电。

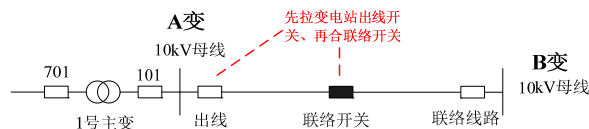


图2 调度事故处理拉合开关顺序示意图

2) 当本线路与联络线路实时负荷总加超过联络线路限值时，进行转供会引起联络线路过载，增加设备运行风险，此时应考虑不进行转供，待后续人工处置。同理，当对侧联络线路的上级主变负荷较重，转供本线路可能引起对侧主变过载，应不考虑转供。

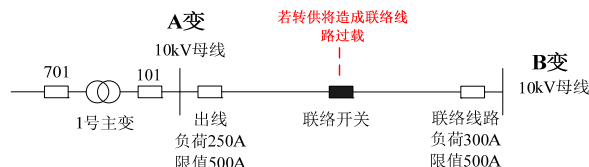


图3 线路负荷总结超过联络线路限值示意图

3) 当某条线路整线或线路后段（后段开关与联络开关之间）有检修工作时，合上联络开关即对检修区域送电，对检修人员人身安全带来风险，并可能引起联络线路跳闸，此时应考虑不进行转供。

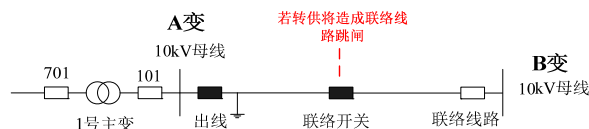


图4 线路有检修工作示意图

4) 考虑某条线路故障而保护或开关拒动，导致上级主变低后备保护越级跳闸的情况，此种情况应不考虑转供，避免对故障点送电引起联络线路跳闸。

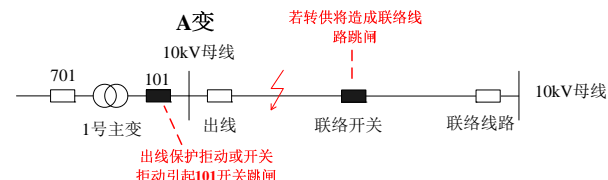


图5 保护或开关拒动引起越级跳闸示意图

5) 当某条线路有两个及以上联络点（与多条线路联络），模块应能智能选择最优转供方案，即考虑用负荷裕度最大的联络线路进行转供，避免线路重过载。

路重过载。

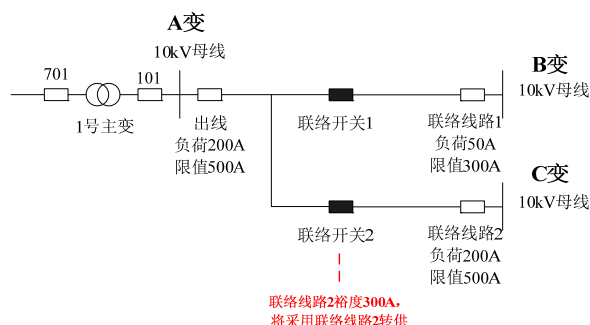


图6 选择裕度最大的联络线路进行转供示意图

### 1.3 现场设备改造及运行方式调整

对每条线路的联络点进行配电自动化改造，实现“三遥”功能。

若某条线路有两个及以上联络点（与多条线路联络），所有联络点均应实现“三遥”功能，以便模块智能选择转供方案。

若联络点在配电站所内（开关站、环网柜等）的分段开关，应根据联络点接线方式进行适当的配电自动化改造，同时对运行方式进行调整。

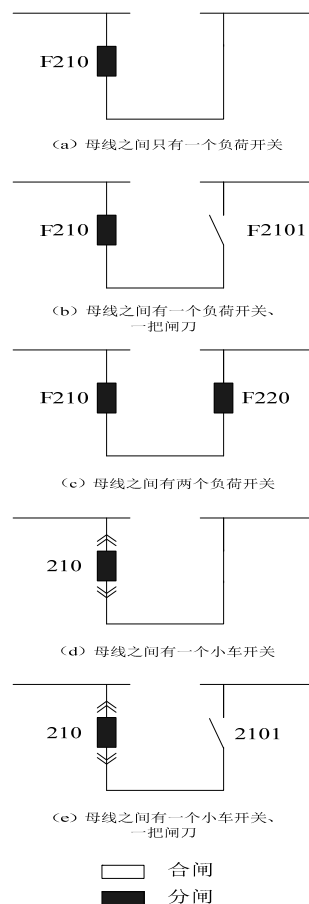


图7 配电站所典型接线方式示意图

对图 7 中 (a)、(d) 接线, 要求分段开关实现“三遥”; (c) 接线要求两个分段开关均实现“三遥”, 若其中一个无法实现, 则将该开关正常运行方式改为运行; (b)、(e) 接线要求分段开关实现“三遥”, 同时将分段闸刀正常运行方式改为合闸。

2 模块策略研究

2.1 启动条件

为避免低负荷情况及母线压变异常引起模块误动, 模块启动应同时满足以下条件:

- 1) 10kV 所有线路开关的电流都小于 5A;
- 2) 主变 10kV 侧开关电流都小于 5A;
- 3) 10kV 母线三相电压  $U_a$ 、 $U_b$ 、 $U_c$  都小于 0.5kV。

模块启动后, 延时 20 秒, 再召测一次电流、电压值, 确定满足判据后, 经模块逻辑判断生成负荷转供方案如图 8 所示。

方案			
	组号	开关	操作
1	方案1	10kV洪山113开关	拉开
2	方案1	10kV友红线118-油村102008	合上
3	方案2	10kV华王112开关	拉开
4	方案2	10kV西仓线138-西佳101215	合上
5	方案3	10kV角更111开关	拉开
6	方案3	10kV荆心线111-荆桥101213	合上
7	方案4	10kV浩荡121开关	拉开
8	方案4	10kV机光线114-10KV鸿泰苑13#站-分段F210	合上
9	方案5	10kV马桥116开关	拉开
10	方案5	10kV鸿泰线122-鸿后100479	合上
11	方案6	10kV伯溪115开关	拉开
12	方案6	10kV九介线121-宅湾100589	合上
13	方案7	10kV青荡114开关	拉开
14	方案7	10kV新红线121-青舍101910	合上

图 8 模块启动后生成的转供方案示意图

生成的转供方案以 10kV 出线条数为数量, 以组为单位, 有 N 条出线就有 N 组转供方案; 每组转供方案对应一条线路的转供操作, 分别为拉开变电站出线开关、合上联络开关。

2.2 转供方案的闭锁条件

若线路存在检修、负荷较重、保护动作等情况, 模块自动闭锁该条线路的转供方案并给出提示。线路转供方案闭锁条件实现以下几项:

- 1) 如某条出线开关为分闸状态, 即认为该线路在备用状态或检修状态, 闭锁该线路转供方案。

模块通过检测出线开关遥信位置进行判断。

- 2) 如某条线路有“检修”挂牌, 即认为该线路在检修状态, 闭锁该线路转供方案。模块通过检测出线上是否挂有“检修”标识牌进行判断。

- 3) 如某条线路有“保护动作信号”上传, 即认为该线路存在故障点, 乃开关拒动导致越级跳闸, 闭锁该线路转供方案。模块通过检测出线是否有“保护动作”发信信号进行判断。

- 4) 如联络开关已合上, 即认为该线路已由联络线路带供 (后段部分负荷), 闭锁该线路转供方案。模块通过联络开关遥信位置进行判断。

- 5) 如该线路与其联络线路负荷总加超过联络线路限值, 或该线路与对侧联络线路上级主变负荷总加超过对侧主变限值, 即认为转供操作会引起线路或主变过载, 闭锁该线路转供方案。模块通过出线开关电流与对侧联络线路开关电流或主变所供所有线路开关电流进行判断。

模块启动后, 按“逐条逐项”的原则对所有出线的的所有闭锁条件进行筛选, 满足任一闭锁条件给出对应提示, 如图 9 所示。

方案					
	组号	开关	操作	操作状态	单步执行
1	方案1	10kV华王112开关	拉开	未执行	执行
2	方案1	10kV西仓线138-西佳101215	合上	未执行	执行
3	方案2	10kV马桥116开关	拉开	未执行	执行
4	方案2	10kV鸿泰线122-鸿后100479	合上	未执行	执行
5	方案3	10kV洪山113开关	拉开	未执行	执行
6	方案3	110kV藕口变1号主变容量不足			
7	方案4	10kV浩荡121开关	拉开	未执行	执行
8	方案4	10kV浩荡线121有挂牌			
9	方案5	10kV伯溪115开关	拉开	未执行	执行
10	方案5	10kV九介121开关容量不足			
11	方案6	10kV青荡114开关	拉开	未执行	执行
12	方案6	10kV青荡114开关有保护信号动作			

图 9 转供方案闭锁条件示意图

2.3 方案自动选择

一对一联络的线路, 即一条线路仅可由一条联络线路转供, 转供方案只选择对侧联络线路。

一对多联络的线路, 即一条线路可由多条联络线路转供, 模块自动根据当前联络线路负荷情况, 选择负荷裕度最大的联络线路生成转供方案。

多对一联络的线路, 即多条线路仅可由一条联络线路转供, 模块按每条线路一对一的规则生成转供方案, 如执行某个方案后联络线路负荷增加、

无法再转供后续的方案，则模块闭锁后续转供方案，如图 10 所示。

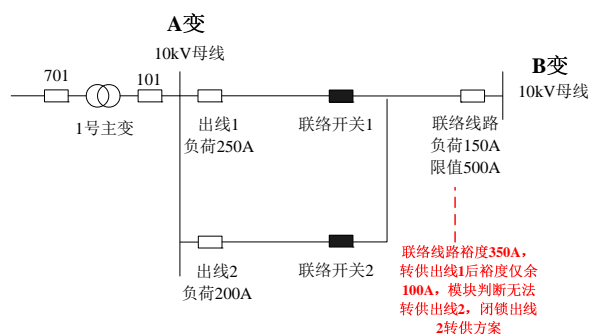


图 10 多对一联络线路转供方案闭锁条件示意图

## 2.4 转供方案的执行

模块可选择转供方案执行模式。

1) 自动模式：转供方案生成后，直接通过配电自动化系统出口遥控全部需操作的开关。此模式优点为执行速度快，能快速恢复失电负荷，缺点为不经人工审核，存在模块失误的风险，且执行后无法停止。

2) 半自动模式：转供方案生成后，经人工审核并执行，通过一键操作出口遥控全部需操作的开关。此模式优点为经人工审核且能实现一键操作多步遥控，缺点为失电负荷恢复速度下降，执行后无法停止。

3) 手动模式：转供方案生成后，经人工审核并执行，按步骤操作出口遥控开关，一次仅操作一台开关。此模式优点为经人工审核且操作步骤可以停止，缺点为操作速度慢。

转供方案执行过程中如遇某个开关遥控失败，则自动跳过该组方案，继续执行下一组转供方案。

## 3 应用效果与提升

在模块开发完成后，开发组对模块进行了功能实测，逻辑功能测试均正确，启动条件、闭锁条件均正确。

据测算，模块应用后，在事故情况下单线单变所有 10kV 负荷整体恢复时间大大缩短，具体为：模块响应启动时间约 50s，生成转供方案 10s，自动执行转供方案 7 组约 5min（主要受现场开关遥控返回时间影响），整体恢复时间为 7min 以内，大大小于原有人工处置方式的时间。

测试过程中发现了以下问题，已采取相应的措施：

1) 模块响应速度方面，由于变电站电流、电压为调度自动化系统转配电自动化系统，响应速度较慢，经自动化专业处理后速度提升至 30s。

2) 现场开关遥控返回时间较慢，经现场核查为 FTU 装置某板块质量问题，在遥控合闸时，合闸电流将回路烧坏，由厂家重新设计安装。

## 4 结束语

作为配电自动化系统的高级辅助决策功能，单线单变自愈功能模块综合了调度事故处理、故障范围与保护动作情况判别、转供电能力等电网运行操作的规则逻辑，切实提高了变电站全停情况下的处置效率，有效提升了 110kV 单线单变变电站的供电可靠性。在模块应用过程中，还需注意线路割接导致联络点变更、线路容量开放与负荷增长导致转供能力下降、模块异常处理等情况，这些问题涉及规划、设计、运检等部门单位，需要一定的管理措施作为支撑，以明确模块运行管理的各部门职责，确保模块的有效长久应用。

### 参考文献：

- [1] 北京四方继保自动化股份有限公司.CSGC-3000/DMS 配网自动化主站系统使用说明书[Z].北京:北京四方继保自动化股份有限公司,2012.
- [2] 江苏省电力公司.江苏电力系统调度规程[Z].南京:江苏省电力调度控制中心,2012.

### 作者简介：

周晓锋（1983—），男，福建福清人，工程师、技师，电网运行方式管理；

鲍有理（1966—），男，安徽安庆人，高级工程师，高级技师，继电保护专业技术管理；

宗绍磊（1981—），男，山东平度人，工程师、高级技师，电网运行方式管理。