

一键顺控应用于事故处理的研发

林思豪 林杰

国网福建省电力有限公司厦门供电公司, 福建 厦门 361000

[摘要]事故的处理中要涉及的设备范围较大, 需要操作的开关也更多, 现场人员需要与调度人员配合, 检查并确认一二次设备是否正常并满足送电条件, 这导致事故处理中倒闸操作时间远远大于其正常停送电操作的时间, 大大延缓了事故恢复的时间。建立“厦门地区一键顺控事故处理库”, 将一键顺控引入事故处理, 有效回避因人员经验不足等影响事故处理效率及成功率, 同步提升了操作过程的安全性、准确性。

[关键词]一键顺控; 事故处理; 对策

DOI: 10.33142/aem.v3i11.5117

中图分类号: U4

文献标识码: A

Research and Development of one Key Sequence Control Applied to Accident Handling

LIN Sihao, LIN Jie

Xiamen Power Supply Company of State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd., Xiamen, Fujian, 361000, China

Abstract: The scope of equipment involved in the accident handling is large, and more switches need to be operated. The on-site personnel need to cooperate with the dispatcher to check and confirm whether the primary and secondary equipment is normal and meets the power transmission conditions, which leads to the switching operation time in the accident handling is much longer than the normal power transmission operation time, which greatly delays the time of accident recovery. The "one key sequence control accident handling library in Xiamen" was established to introduce one key sequence control into accident handling, effectively avoid the impact of insufficient personnel experience on accident handling efficiency and success rate, and synchronously improve the safety and accuracy of the operation process.

Keywords: one key sequence control; accident handling; countermeasure

1 提出方案并确定最佳方案

1.1 总体方案的确定

小组成员采用头脑风暴法对此问题进行了激烈讨论, 经整理汇总形成三种可供选择的总体方案, 分别是: 一键顺控、调度遥控、现场操作。

其实现思路如表 1-2 所示。

表 1 方案实现思路对比表

处理方法 \ 方案	一键顺控	调度遥控	现场操作
事故信号分析	智能分析	人工分析	人工分析
消除过载越限	一键顺控	调度遥控	现场操作
失压设备复电	一键顺控	调度遥控	现场操作

表 2 方案功能及成本预判表

项目 \ 方案	一键顺控	调度遥控	现场操作
自动化程度	高, 不需要现场人员配合	中等, 需要调度员操作	低, 需要现场人员配合调度员处理
研发难度	困难	中等	简单
处理效率	操作速度极快	操作速度适中	操作速度慢

小组利用价值工程法对三种方案进行对比分析。

为了得到恰当的功能重要系数, 小组成员调查了调控中心主网调度班的 25 名值班人员对于自动化程度、研发难度、处理效率三个功能的评分, 如表 3 所示, 计算出相应的平均值作为功能重要系数。

由小组成员对三种方案的各个功能进行评价打分（10 分制），最终得到 10 位人员对三种方案的评分平均值如表 4 所示。

表 3 功能重要系数统计表 日

“自动化程度”功能重要系数统计									
0.6	0.4	0.8	0.6	0.6	0.7	0.5	0.5	0.6	0.6
0.5	0.6	0.5	0.7	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7	0.5
0.6	0.7	0.4	0.8	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6
0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5
0.7	0.7	0.5	0.8	0.6	0.5	0.4	0.7	0.7	0.7
“研发难度”功能重要系数统计									
0.2	0.3	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1
0.2	0.1	0.2	0.05	0.05	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
0.1	0.1	0.3	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.1
0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
0.1	0.2	0.1	0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
“处理效率”功能重要系数统计									
0.2	0.3	0.15	0.3	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3
0.3	0.3	0.3	0.25	0.15	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
0.3	0.2	0.3	0.15	0.5	0.3	0.2	0.2	0.25	0.3
0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.4
0.2	0.1	0.4	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2

表 4 方案评价表

方案功能	方案功能得分（平均值）			功能重要系数
	一键顺控	调度遥控	现场操作	
自动化程度	10	7.4	5.5	0.608
研发难度	4.2	7.8	9.1	0.133
处理效率	10	8.2	4.2	0.259

表 5 功能评价系数表

方案 功能系数	一键顺控	调度遥控	现场操作
功能得分	$10 \times 0.608 + 4.2 \times 0.133 + 10 \times 0.259$	$7.4 \times 0.608 + 7.8 \times 0.133 + 8.2 \times 0.259$	$5.5 \times 0.608 + 9.1 \times 0.133 + 4.2 \times 0.259$
功能系数	9.23	7.66	5.64

经过比较，一键顺控功能系数最高；调度遥控及现场操作无论在自动化水平上还是在处理效率上都比一键顺控相去甚远。所以小组确定了方案：研发一套将一键顺控应用于事故处理的机制。

1.2 总体方案的分解

方案选定，小组已 220kV 变电站全停来模拟事故处理过程，从消除备自投成功子站设备过载、断开相关失压开关、恢复 220kV 变电站 110 系统三个方面对方案进行了细化。

（1）消除过载的方案选择

对于消除过载，小组共提出了 2 种可实现的方案，不成票顺控和成票顺控。6

为了得到恰当的功能重要系数，小组成员调查了调控中心主网调度班的 25 名值班人员对于实现难度、安全系数、转电速度三个功能的评分，如表 6 所示，计算出相应的平均值作为功能重要系数。

由小组成员对三种方案的各个项目进行评价打分（10 分制），最终得到 10 位人员对三种方案的评分平均值如表 6 所示。

表6 功能重要系数统计表 日

“实现难度”重要系数统计									
0.6	0.4	0.8	0.6	0.6	0.7	0.5	0.5	0.6	0.6
0.5	0.6	0.5	0.7	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7	0.5
0.6	0.7	0.4	0.8	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6
0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5
0.7	0.7	0.5	0.8	0.6	0.5	0.4	0.7	0.7	0.7
“安全系数”重要系数统计									
0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5
0.7	0.7	0.5	0.8	0.6	0.5	0.4	0.7	0.7	0.7
0.6	0.7	0.4	0.8	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6
0.7	0.7	0.5	0.8	0.6	0.5	0.4	0.7	0.7	0.7
0.6	0.7	0.4	0.8	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6
“转电速度”重要系数统计									
0.3	0.4	0.25	0.4	0.4	0.3	0.5	0.3	0.2	0.3
0.4	0.4	0.4	0.35	0.25	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4
0.4	0.3	0.4	0.25	0.4	0.4	0.3	0.3	0.35	0.4
0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5
0.3	0.2	0.5	0.3	0.3	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3

表7 方案评价表

方案功能	方案功能得分（平均值）		
	不成票顺控	成票顺控	系数
实现难度	9.2	7.2	0.407
安全系数	6	9.1	0.371
转电速度	9.4	8.3	0.222

表8 功能评价系数表

方案	不成票顺控	成票顺控
功能得分	9.2*0.407+6*0.371+9.4*0.222	6.2*0.407+8.1*0.371+7.3*0.222
功能系数	8.06	7.15

表9 消除过载方案对比分析表

项目	不成票智能顺控	成票顺控
实现难度	根据设备的过载信号，及变电站接线运行方式，自动生成转电路径，难度较低	难度与不成票相近，多了成票和审票的过程，较为繁琐
	不成票更优	
安全系数	虽然少了审票步骤，但仍保持转电路径审批的流程，安全性可靠	具备完善的转电操作流程，安全性略高于不成票
	成票更优	
转电速度	智能生成转电路径，一经审核立即执行，转电速度快	需要值班人员审核顺控票，转电速度慢于不成票
	不成票更优	
结论	不成票实现机制更容易，在满足安全系数的情况下，转电消除过载速度比成票顺控更快，因此消除过载采取不成票机制。	

(2) 断开失压开关的方案选择

对于断开失压开关，小组共提出了一键顺控和调度遥控两种方案。

为了得到恰当的功能重要系数,小组成员调查了调控中心主网调度班的 25 名值班人员对于考虑因素、操作速度、工作兼容三个功能的评分,如表 10 所示,计算出相应的平均值作为功能重要系数。

由小组成员对三种方案的各个项目进行评价打分(10 分制),最终得到 10 位人员对三种方案的评分平均值如表 10 所示。

表 10 功能重要系数统计表

“考虑因素”重要系数统计									
0.6	0.4	0.8	0.6	0.6	0.7	0.5	0.5	0.6	0.6
0.5	0.6	0.5	0.7	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7	0.5
0.6	0.7	0.4	0.8	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6
0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5
0.7	0.7	0.5	0.8	0.6	0.5	0.4	0.7	0.7	0.7
“操作速度”重要系数统计									
0.3	0.4	0.15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.2
0.3	0.2	0.3	0.15	0.15	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3
0.2	0.2	0.4	0.15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.2
0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2
“工作兼容”重要系数统计									
0.2	0.3	0.15	0.3	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3
0.3	0.3	0.3	0.25	0.15	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
0.3	0.2	0.3	0.15	0.5	0.3	0.2	0.2	0.25	0.3
0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.4
0.2	0.1	0.4	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2

表 11 方案评价表

方案功能	方案功能得分(平均值)		
	不成票顺控	成票顺控	系数
考虑因素	8.2	8.4	0.521
操作速度	6.5	8.8	0.215
工作兼容	7.1	9.2	0.264

表 12 功能评价系数表

方案	一键顺控	调度遥控
功能得分	8.2*0.521+6.5*0.215+7.1*0.264	8.4*0.521+8.8*0.215+9.2*0.264
功能系数	7.54	8.69

表 3 断开失压开关方案对比分析表

项目	一键顺控	调度遥控
考虑因素	全站失压 110kV 子站,用户变的优先复电,其失压开关可保留一个,为防止主变励磁涌流跳闸,不得同时充 4 台主变	全站失压 110kV 子站,用户变的优先复电,其失压开关可保留一个,为防止主变励磁涌流跳闸,不得同时充 4 台主变
	两者都能够满足要求	
操作速度	需要审核顺控票	可由一人断开开关,
	调度遥控更优	
工作兼容	延长了整体顺控操作时间	遥控断开失压开关,另一人可以审核一键顺控复电票
	调度遥控更优	
结论	在能同时保证优先恢复重要用户及全失压变电站,消除重过载设备的前提下,调度遥控不会造成人力资源冗余,因此采用调度遥控。	

(3) 恢复 110kV 系统送电的方案选择

110kV 系统复电方案是利用 110kV 联络线对失压 110kV 母线送电。小组选取了成票顺控和不成票顺控进行对比选择。

为了得到恰当的功能重要系数，小组成员调查了调控中心主网调度班的 25 名值班人员对于安全性、复电速度两个功能的评分，如表 14 所示，计算出相应的平均值作为功能重要系数。

由小组成员对三种方案的各个项目进行评价打分（10 分制），最终得到 10 位人员对三种方案的评分平均值如表 14 所示。

表 14 功能重要系数统计表

“安全性”重要系数统计									
0.6	0.7	0.4	0.8	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6
0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5
0.6	0.7	0.4	0.8	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6
0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5
0.7	0.7	0.5	0.8	0.6	0.5	0.4	0.7	0.7	0.7
“复电速度”重要系数统计									
0.2	0.3	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1
0.2	0.1	0.2	0.05	0.05	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
0.1	0.1	0.3	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.1
0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
0.1	0.2	0.1	0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1

表 15 方案评价表

方案功能	方案功能得分（平均值）		
	不成票顺控	成票顺控	系数
安全性	9.2	7.4	0.721
复电速度	8.2	6.8	0.279

表 16 功能评价系数表

功能系数	方案	不成票顺控	成票顺控
功能得分		9.2*0.721+8.2*0.279	7.4*0.721+6.8*0.279
功能系数		8.921	7.23

表 17 110kV 系统送电方案分析表

项目	方案	一键顺控（成票）	调度遥控
安全性		具备完善的复电顺控票机制，并经人员审核，模拟校验，安全性高	调度遥控可能忽略周围 220kV 变电站的负载情况，110kV 联络线过载情况等
		一键顺控更优	
复电速度		在断开开关时完成顺控票审核，操作速度快于遥控	调度遥控过程每执行一部需要审核一次，速度慢于顺控操作
		一键顺控更优	
结论		结合安全性和速率分析，一键顺控（成票）更优。	

2 制定对策

QC 小组成员召开会议，根据最佳方案和“5W1H”原则，制定了对策表，并将实施方案报送部门，经部门批准进行了分步实施。

表 18 对策表

序号	对策	目标	措施
1	绘制整体设计图	以 220kV 变电站全停事故模拟一键顺控处理的总流程	分析全停事故处理的要点，结合方案设计总流程

序号	对策	目标	措施
2	设计分布流程	制定消除过载的事故处理流程	研究全停事故容易发生主变过载及潮流越限的要点, 和转电逻辑, 编程实现
3	设计送电流程	制定 110 系统恢复送电一键顺控逻辑	分析故障范围及可送电范围, 梳理送电逻辑, 通过编程实现
4	总体测试	记录结果, 是否达到目标	1. 部署环境, 设置故障; 2. 实际模拟测试

3 对策实施

设计整体设计结构图

表 19 框架制作实施

实施项目	实施情况
绘制整体设计图	
制定消除过载逻辑	<p>110kV 主变过载 线变组接线, 若两台主变运行其中#2 主变过载, 可考虑使用 10kV 备自投消除过载, 若一台主变过载严重可考虑通知配调转移负荷或者限电。 外桥接线, 备自投动作则造成#2 主变过载, 处理方法参考 1。</p> <p>220kV 主变过载 考虑转移所带 110kV 子站的负荷给邻近 220kV 站内有足够容量的主变, 消除主变过载。</p> <p>110kV 线路过载 1、考虑调整 110kV 子站运行方式, 消除线路过载。</p>
制定送电一键顺控逻辑	<p>拉开 220kV 主变中低压侧开关, 及 110kV 母线失压开关, 保留 110kV 联络线开关及全失压子站开关 (一个就好), 重要用户变及存在严重过载的子站中失压主变线路侧开关 (直充主变开关控制在 3 个以内)。</p> <p>选择 220kV 主变容量富裕的 110kV 联络线进行倒送电。 在负荷允许情况下, 先恢复过载的 110kV 子站, 再恢复其余子站正常运行方式。</p>

[参考文献]

- [1] 王争, 徐佳. 变电站一键顺控技术研究与应用[J]. 电力技术研究, 2019, 1(4): 4.
- [2] 陈威, 王昊, 夏慧, 等. 基于调控主站一体化平台的“一键”顺控操作实现方案[J]. 电力系统保护与控制, 2019, 47(20): 7.
- [3] 杨嘉鹏, 谭雯. 变电站一键顺控改造方案及实施[J]. 通信电源技术, 2020, 37(22): 3.
- 作者简介: 林思豪 (1989-) 男, 毕业于国网电力科学研究院, 学历, 硕士研究生, 专业, 电气工程及其自动化。