

银川东 ± 660 kV 换流站中开关连锁逻辑改进方法研究

于晓军, 刘志远

(宁夏电力公司检修公司, 宁夏 银川 750001)

摘要: 介绍了银川东—胶东 ± 660 kV 直流输电工程中银川东换流变电站开关连锁逻辑配置情况, 对银川东现有的中开关连锁逻辑进行了分析, 提出了当前中开关连锁逻辑在运行中存在的问题和产生的后果。依据当前中开关连锁逻辑在运行中存在的问题, 提出了基于 3/2 接线方式断路器辅助保护实现的中开关连锁逻辑。该方式能彻底消除现有中开关连锁逻辑中的死区, 能自动适应系统各种运行方式, 极大地提高了直流系统运行可靠性, 避免了因为中开关连锁逻辑不满足条件而导致的交流系统重大事故和直流系统闭锁事故。

关键词: 银川东换流站; 中开关连锁; 3/2 接线; 断路器辅助保护

Study on the improved method for interlock logic of YINCHUAN-DONG ± 660 kV converter station breaker in the middle

YU Xiao-jun, LIU Zhi-yuan

(Overhauling Company Branch of Ningxia Electric Power Company, Yinchuan 750001, China)

Abstract: This paper introduces configuration of interlock logic of YINCHUAN-DONG converter station breaker in the middle in YINCHUANDONG-JIAODONG ± 660 kV HVDC project, analyses the current interlock logic of YINCHUAN-DONG converter station breaker in the middle, and proposes the problems and consequence of the current interlock logic in operation. According to the problems of current interlock logic in operation, this paper proposes a new interlock logic of breaker in the middle based on the line-transformer strings with 3/2 connection breaker protection. The new interlock logic eliminates throughly dead zone of current logic, adapts to all kinds of operating conditions, and improves effectively the reliability of HVDC, which can avoid the serious accident of the AC system and HVDC system blocking because of the interlock logic of breaker in the middle not meeting conditions.

Key words: YINCHUAN-DONG converter station; interlock logic of breaker in the middle; line-transformer strings with 3/2 connection; breaker auxillary protection

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2014)10-0130-05

0 引言

按照国网公司生技处对换流站交流场“中开关”特殊运行工况下联锁控制的要求, 不论整流侧还是逆变侧, 如果带换流变的串上两侧边开关断开, 出现换流变直接带滤波器或交流线路的情况, 应立即闭锁直流相应单极。若线路直接带滤波器, 则断开中开关^[1]。直流系统控制结构中^[2], 交流系统控制层与直流系统控制层并行存在^[3], 涉及交流场开关连锁的控制策略和执行机构都由交流系统控制层来完成, 银川东换流站正是基于该方式实现的3/2接线方式中开关连锁逻辑。

银川东换流站现有的中开关连锁逻辑能在某些特殊情况下满足该要求, 但是现有的中开关连锁逻辑存在死区, 影响直流系统的安全稳定运行。

本文根据银川东换流站与直流系统相关的330 kV前四串交流场中开关连锁逻辑, 提出了基于3/2接线方式断路器辅助保护实现的中开关连锁逻辑, 该逻辑能有效解决当前银川东中开关连锁逻辑存在的问题, 并可以推广到全国其他换流站和大容量发电厂。该逻辑简单可靠, 实现方便, 特别适合于已运行的换流站和大型发电厂。

1 中开关连锁逻辑实现的功能及银川东换流站现有逻辑

1.1 中开关连锁逻辑实现的功能

为了避免直流系统运行出现无交流滤波器提供无功、直流单极带交波滤波器运行、直流或交流滤波器出现非全相运行等工况^[4], 在与换流变相连

的交流场用3/2 接线方式时, 要求设置中开关连锁逻辑, 包括以下七种功能。

功能1: 若换流变与交流线路共串, 两个边开关三相跳开仅中开关运行时, 会出现直流单极带交流线路运行, 无交流滤波器提供无功, 须立即闭锁相应直流单极。

功能2: 若换流变与大组交流滤波器共串, 两个边开关三相跳开仅中开关运行时, 会出现直流单极带滤波器运行, 须立即闭锁相应直流单极。

功能3: 若大组交流滤波器与交流线路共串, 两个边开关三相跳开仅中开关运行时, 会出现交流滤波器带交流线路运行, 须立即跳开中开关。

功能4: 若大组交流滤波器与主变、厂用变共串, 两个边开关三相跳开仅中开关运行时, 会出现交流滤波器带主变或厂用变运行, 须立即跳开中开关。

功能5: 若换流变与主变共串, 两个边开关三相跳开仅中开关运行时, 会出现直流单极带主变运行, 须立即闭锁相应直流单极。

功能6: 若换流变与交流线路共串, 且换流变与母线间的边开关停运的情况下, 如果交流线路发生单相故障, 会发生直流非全相运行, 须闭锁相应直流单极^[5]。

功能7: 若大组交流滤波器与交流线路共串,

且在大组交流滤波器与母线间的边开关停运的情况下, 如果交流线路发生单相故障, 须切除相应的大组交流滤波器^[6]。

1.2 银川东换流站中开关连锁逻辑

如图1所示, 银川东站与中开关连锁有关的330 kV交流系统配串方式主要包括: 1) 换流变与大组交流滤波器配串; 2) 换流变与交流线路配串; 3) 大组交流滤波器与交流线路配串。银川东目前无主变与大组交流滤波器配串、换流变与主变配串方式, 所以不考虑中开关连锁逻辑。银川东换流站中开关连锁逻辑在330 kV交流站控系统A和330 kV交流站控系统B中实现, 中开关连锁逻辑如表1所示。

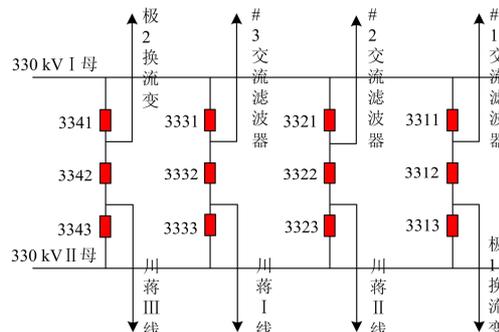


图1 银川东330 kV交流场前四串一次主接线图

Fig. 1 Main wiring graph for first four serial 330 kV AC yard in YINCHUAN-DONG converter station

表1 银川东换流站前四串中开关连锁逻辑

Table 1 Interlock logic for breaker in the middle of first four serial 330 kV AC yard in YINCHUAN-DONG converter station

开关名称	判断逻辑
3312	(33111 OR 3311 OR 33112) AND (33131 OR 3313 OR 33132)
3322	(33211 OR 3321 OR 33212) AND (33231 OR 3323 OR 33232)
3332	(33311 OR 3331 OR 33312) AND (33331 OR 3333 OR 33332)
3342	(33411 OR 3341 OR 33412) AND (33431 OR 3343 OR 33432)

注: ①下划线代表开关或隔离开关在分位; ②“OR”代表或逻辑; ③“AND”代表与逻辑。

以3312中开关连锁逻辑为例, 当3311停运或者检修时, 出现3312和3313带第一大组滤波器和极1换流变运行工况, 此时如果3313由于某种原因也跳闸, 则中开关3312也会跳闸, 以防止出现中开关带换流变和大组交流滤波器运行工况。软件逻辑如图2所示, 断路器和隔离开关分位输入如图3所

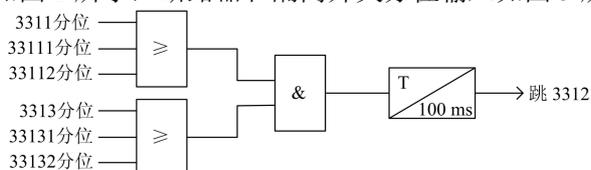


图2 银川东换流站中开关3312站控连锁逻辑图

Fig. 2 Logic diagram for 3312 breaker in YINCHUAN-DONG converter station

示, 断路器分位输入采用单相断路器位置串联方式, 隔离开关位置也采用单相隔离开关分位串联方式作为330 kV交流站控系统的输入。

2 银川东换流站现有的中开关连锁逻辑存在的问题

银川东站与中开关连锁有关的330 kV交流系统配串方式有: 换流变与大组交流滤波器配串、换流变与交流线路配串、大组交流滤波器与交流线路配串。由于换流变和大组交流滤波器保护动作后果都将是断路器三跳, 所以现有中开关连锁逻辑完全满足换流变与大组交流滤波器配串方式的中开关连锁逻辑。现有中开关连锁逻辑问题主要存在于换流变

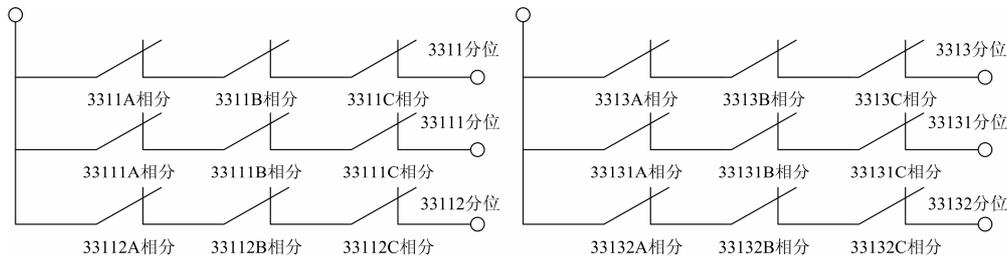


图3 银川东换流站第一串中开关3312连锁外部信号输入
Fig. 3 Input signals for 3312 breaker interlock logic

与交流线路配串、大组交流滤波器与交流线路配串该两种配串方式。

2.1 换流变与交流线路配串中开关连锁逻辑存在的问题

如图1所示，该种配串方式如极2换流变与川蒋III线配串方式所示，当与极2换流变相连的330 kV I 母侧边开关3341开关由于检修或某种原因断开后，会出现3342、3343开关带极2换流变与川蒋III线运行工况。此时如果川蒋III线线路发生单相接地故障（设C相发生接地故障），线路保护动作3342、3343开关单跳，断路器重合闸时间整定边开关3343为0.6 s后重合，中开关3342重合闸时间整定为1.0 s后重合，所以在中开关跳开后的1.0 s时间内换流变非全相运行^[7]，按照中开关连锁逻辑的功能，此时需要跳开中开关3342。按照银川东中开关连锁逻辑需要跳开3342的中开关连锁逻辑。如图3所示断路器分位为A、B、C三相分位串联后再开入站控系统，而此时3343开关仅单相跳开，开关仅一相在分位，所以3343分位条件不满足，中开关3342不满足跳开条件而无法跳开。图4所示，3341开关三相断路器常闭触点闭合，而3343开关仅C相常闭触点闭合，330 kV交流站控系统无3343开关分位开入，所以3342中开关连锁逻辑不满足跳开条件，无法跳开。

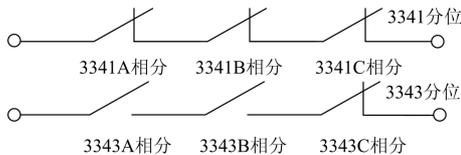


图4 银川东换流站边开关3341、3343边开关位置输入
Fig. 4 Input signals of open and close for 3341 and 3343 breakers

2.2 大组交流滤波器与交流线路配串中开关连锁逻辑存在的问题

如图1所示，该种配串方式如#2交流滤波器与川蒋II线配串方式所示，当与#2交流滤波器相连的

330 kV I 母侧边开关3321开关由于检修或某种原因断开后，会出现3322、3323带线路和#2交流滤波器组运行，如果3323由于故障三相跳闸后中开关连锁逻辑需要跳开中开关3322，以防止出现中开关3342带川蒋II线和#2交流滤波器运行，从而造成蒋II线线路过电压。银川东当前线路重合闸方式为单重方式，当线路三跳后，3322、3323开关三跳，#2交流滤波器与川蒋II线都会失去电源，不需要中开关连锁逻辑动作。当线路出现瞬时性故障，会出现3322、3323单跳单重的情况，此时，出现的工况如2.1节所述。

2.3 边开关偷跳存在的问题

如图1所示，该种配串方式如极2换流变与川蒋III线配串方式所示，当与极2换流变相连的330 kV I 母侧边开关3341开关由于检修或某种原因断开后，会出现3342、3343开关带极2换流变与川蒋III线运行工况。如果3343开关偷跳单相，换流器需要的功率一部分通过本站供电（非偷跳相）。而另一部分通过偷跳相的线路供电，由于换流器吸收功率大，会导致偷跳相的线路瞬时过负荷。在该运行工况下，需要跳开中开关。根据中开关连锁逻辑，此时不满足中开关连锁逻辑。

3 基于 3/2 接线方式断路器辅助保护实现的中开关连锁逻辑

联跳允许开出逻辑（图5）说明：

1) 当边开关正常运行时，如果识别出本开关满足任一相跳开后，则延时20 ms输出两付联跳允许开出接点，接至另一边开关的联跳允许开入。

2) 当边开关检修时，需投入另一边开关的联跳允许硬压板。

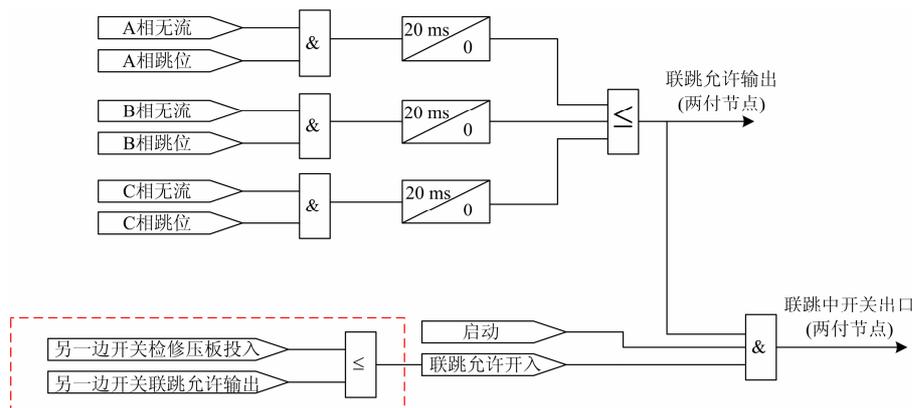
3) 当边开关处于备用状态时，需投入另一边开关的联跳允许硬压板。

联跳中开关出口逻辑说明：

1) 联跳中开关连锁逻辑采用模拟量启动方式。
2) 当边开关满足任一相跳开20 ms后, 且有联跳允许开入时, 则联跳中开关保护动出口(跳令

固定发40 ms), 并输出两付接点去中开关操作箱跳中开关。

边开关联跳逻辑如图5所示。



注: 图中方框内为外部接线示意图, 其他均为本开关保护内部逻辑。

图5 联跳中开关逻辑

Fig. 5 Inter-tripping logic for breaker in the middle

联跳应用示意如图6所示。

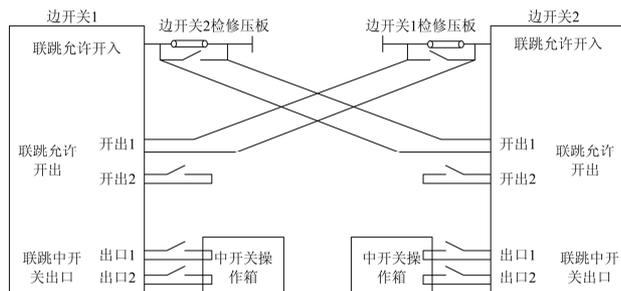


图6 中开关连锁应用示意图

Fig. 6 Application schematic diagram for breaker in the middle

4 改进后的中开关连锁逻辑与改进前性能对比 (表2)

基于断路器辅助保护实现的3/2接线方式中开关连锁逻辑, 该逻辑简单可靠, 实现方便, 特别适合于已运行的换流站和大型发电厂。该方式利用边断路器与中断路器已有的失灵连跳回路, 采用模拟量+开关量的出口方式, 能有效防止逻辑误动, 消除了断路器中开关连锁逻辑的死区, 使中开关连锁逻辑能够实时地起作用。

表2 中开关连锁逻辑改进前后性能比较

Table 2 Performance comparison between before and after improvement of interlock logic for breaker in the middle

	有无模拟量判据	是否采用启动+动作逻辑	误动可能性	中开关连锁实现方式	中开关连锁逻辑判别方式
改进前	无	无	较大	330 kV 交流站控	开关量
改进后	有	有	极小	断路器辅助保护	开关量+模拟量

5 结论

基于 3/2 接线方式断路器辅助保护实现的中开关连锁逻辑, 采用模拟加开关量同时判别, 且采用了启动+动作判据, 避免了中开关连锁逻辑误动。同时该方式实现方式比较简单, 可对现有断路器辅助保护装置进行软件升级增加该功能即可, 并可推广至其他换流站和大容量发电厂。

参考文献

[1] 国家电网公司运维检修部. 国家电网公司防止直流换

流站单、双极强迫停运二十一项反事故措施[S]. 北京: 2012.

The operation and maintenance department of State Grid Corporation of China. Twenty-one measures to prevent monopole and bipolar HVDC system forced outage[S]. Beijing: 2012.

[2] 梁海峰, 李庚银, 王松, 等. VSC-HVDC 系统控制体系框架[J]. 电工技术学报, 2009, 24(5): 142-146.

LIANG Hai-feng, LI Geng-yin, WANG Song, et al.

- VSC-HVDC control system framework[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(5): 142-146.
- [3] 张静, 徐政, 陈海荣. VSC-HVDC 系统启动控制[J]. 电工技术学报, 2009, 24(9): 159-165.
- ZHANG Jing, XU Zheng, CHEN Hai-rong. Startup procedures for the VSC-HVDC system[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(9): 159-165.
- [4] 张望, 郝俊芳, 曹森, 等. 直流输电换流站无功功率控制功能设计[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(14): 72-76.
- ZHANG Wang, HAO Jun-fang, CAO Sen, et al. Design of reactive power control for HVDC converter station[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(14): 72-76.
- [5] 熊红德, 钟庆, 杨煜, 等. 特高压直流输电换流站 SVC 与滤波器投切协调控制仿真分析[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(10): 144-148.
- XIONG Hong-de, ZHONG Qing, YANG Yu, et al. Research on simulation of coordinated control between UHVDC converter station SVC and its reactive power compensation devices[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(10): 144-148.
- [6] 李少华, 刘涛, 苏匀, 等. ± 800 kV 特高压直流输电系统解锁/闭锁研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(6): 84-87.
- LI Shao-hua, LIU Tao, SU Yun, et al. Research on de-blocking/blocking operation in ± 800 kV UHVDC system[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(6): 84-87.
- [7] 孙士云, 束洪春, 于继来. 单相重合时序对特高压交直流并联系统暂稳影响的机理分析[J]. 电工技术学报, 2009, 24(10): 159-165.
- SUN Shi-yun, SHU Hong-chun, YU Ji-lai. Mechanism analysis of single-phase reclosure sequence's influence on ultra-high voltage AC/DC parallel system[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(10): 159-165.

收稿日期: 2013-06-09

作者简介:

于晓军(1984-), 男, 硕士, 研究方向电力系统分析运行与控制, 现从事继电保护维护管理工作。E-mail: yuxiaojun_1314@163.com