

“三取二”逻辑在南方电网直流输电工程中的应用

雷兵

(中国南方电网超高压输电公司广州局, 广东 广州 510405)

摘要: 从稳定性和可靠性的角度出发, 首先论述了“三取二”逻辑在不同领域的应用情况, 并基于马尔可夫过程原理分析了“三取二”逻辑的优越性, 接着从逻辑功能以及实现策略的角度, 介绍了“三取二”逻辑在南方电网直流工程中的应用情况, 分别对直流保护系统、站用电系统以及 VBE 系统中“三取二”逻辑加以分析, 阐述了各自的逻辑功能和实现情况。最后, 提出了对于改进直流工程中其他控制保护逻辑的建议。

关键词: 直流输电工程; “三取二”逻辑; 直流保护

Application of selecting 2 from 3 logic in CSG HVDC transmission project

LEI Bing

(GZ Bureau CSG EHV Power Transmission Company, Guangzhou 510405, China)

Abstract: The paper first introduces the application of “selecting 2 from 3” logic in different field on the basis of stability and reliability, and analyzes its advantage based on of Markov Process Theory. Then, it gives out the logical function and realization of “selecting 2 from 3” logic application in CSG HVDC transmission project, including DC protection system, auxiliary station power system and pole control system. Finally, the paper gives some suggestion on improvement of other protection system in the future.

Key words: HVDC transmission; selecting 2 from 3 logic; DC protection

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)07-0088-04

0 引言

对于任何系统及设备, 它们的高可靠性和可用率是人们所期望的。为了提高一个系统或设备的可靠性, 必须保证组成系统的各个设备及元件的高可用率, 并且有相应的冗余, 防止个别元件损坏, 造成系统或设备不能运行。“三取二”逻辑作为一种冗余配置原则在不同领域逐步得到了应用, 文献[1]中, “三取二”逻辑在锅炉安全监控系统(FSSS)中用于实现机组安全保护和燃烧器系统控制, 文献[2]中, 某电厂汽轮发电机组的锅炉主保护和汽机主保护均采用开关量“三取二”方式。

根据可靠性分析的马尔可夫过程原理, 并考虑不同的保护输出逻辑, 分别计算误动率和拒动率可得到: 假设一套保护故障误动率和拒动率各为 0.01; 则两套相同保护相“与”输出, 误动率相乘为 0.0001, 拒动率相加为 0.02。而两套相同保护相“或”输出则相反, 误动率相加为 0.02, 拒动率相乘为 0.0001。三套相同保护输出“三取二”, 则误动率为 0.0003, 拒动率 0.000 008。这说明, 在不计保护装置本身的

监护功能的作用, 两个相同保护通道, 不论采取什么输出逻辑, 不能同时解决误动与拒动间的矛盾, 而“三取二”方式误动率和拒动率都较低, 很好地解决了此矛盾。

在南方电网的三个直流工程(天广直流、贵广直流和贵广二回直流)中多处用到“三取二”逻辑。各处的“三取二”逻辑的功能和实现不尽相同, 作用迥异, 为了清楚地区别各种逻辑, 本文将从逻辑功能和实现策略对不同的“三取二”逻辑加以分析。

1 直流保护系统中的“三取二”逻辑

直流系统^[3-5]分别配置三套相同的保护装置, 其出口采用“三取二”的原则, 保护装置均采用数字式多微处理器的 SIMANDYN D 系统。直流保护系统包括换流器保护、直流母线保护、直流线路保护、接地极线路保护和高速开关保护等。保护屏位于控制楼设备室 205 室和 207 室。极一、极二直流保护对应的屏柜编号分别为=21R01+R1、=21R02+R1、=21R03+R1 和 =22R01+R1、=22R02+R1、=22R03+R1。

图 1 为极二的三套直流保护“三取二”逻辑的实现原理图。此“三取二”逻辑模块只位于直流保护系统 1 和直流保护系统 2，保护系统 3 只有保护功能模块，而没有“三取二”逻辑模块。因此，保护最后是从直流保护系统 1 和直流保护系统 2 出口的。

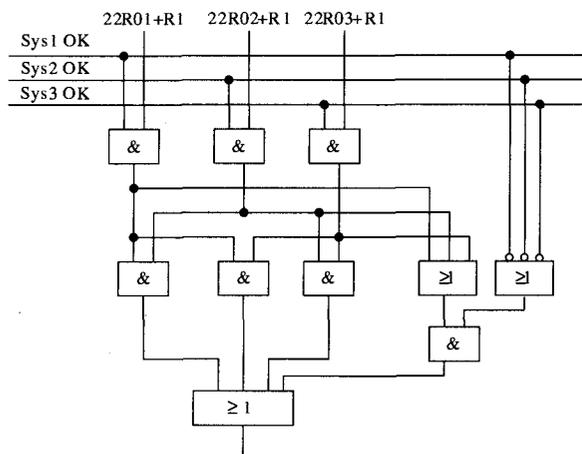


图 1 直流保护“三取二”逻辑图

Fig.1 “Selecting 2 from 3” logic of DC protection

这样配置的优点是：

- 1) 防止保护拒动 如果三套直流保护系统中有一套拒动，只要另两套正常能动作，经过图 1 的“三取二”逻辑模块后仍然能正常出口。
- 2) 防止保护误动 如果三套直流保护系统中有一套误动，只要另两套正常没有动作，经过图 1 的“三取二”逻辑模块后仍然不能出口。

2 站用电系统中的“三取二”逻辑

以贵广直流工程肇庆换流站为例，其站用交流电源^[6]采用 10 kV、400 V 供电模式。站用电 10 kV 系统采用三回电源供电，第一、二回电源为主电源，第三回电源为备用电源。第一回电源取自东岸变电站 110 kV 换流乙线，经 110 kV 站用变压器 101B 降压后供 10 kV 1 段母线 101M；第二回电源取自珠山变电站 110 kV 换流甲线，经 110 kV 站用变压器 102B 降压后供 10 kV 2 段母线 102M；第三回电源取自马安变电站，经 35 kV 站用变压器 30B 降压后供 10 kV 3 段母线 103M 充电备用。正常情况下，10 kV 1 段母线 101M 带 10 kV 站用变压器 11B、14B；10 kV 2 段母线 102 M 带 10 kV 站用变压器 12B、13B。400 V 母线分为四段，1 段 401M 与 2 段 402M 可联络运行；3 段 403M 与 4 段 404M 可联络运行。

为防止非同期合环运行，10 kV 开关 11DL、13DL 和 013DL；12DL、13DL 和 023DL；400 V 开关 41DL、42DL 和 412DL；43DL、44DL 和 434DL 之间采用了“三取二”联锁，即每组三个开关最多只允许有两个在合位。

此外，为了保证可靠供电，各继保小室的设备交流电都采用双回供电方式，分别从不同的 400 V 分段母线上引出。为了防止非同期合环运行，各个继保小室的 400 V 交流分屏也采用了“三取二”联锁。

下文分别介绍站用电 10 kV 系统、400 V 系统以及 400 V 交流分屏中的“三取二”逻辑。

2.1 10 kV 系统中的“三取二”逻辑

图 2 给出了肇庆换流站的 10 kV 站用电系统简图（仅以 10 kV 母线 101M 和 103M 为例）。

10 kV 开关 11DL 和 13DL 的进线引自不同的电源，为了防止非同期合环运行，10 kV 开关 11DL、13DL 和 013DL 最多只能有两个在合位。

正常供电方式下，11DL 在合位，带 101M 运行，13DL 在合位，013DL 在分位，103M 处于热备用状态。当换流乙线故障或者检修时，可人工将 11DL 断开，合上 013DL，由 103M 经 013DL 带 101M 运行。

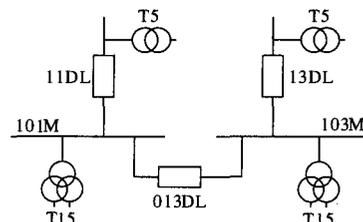


图 2 10 kV 站用电简图

Fig.2 Diagram of 10 kV auxiliary power

此外，为了保证站用电系统供电的可靠性，10 kV 母联开关配置了备自投功能，即：满足下列全部条件时，母联开关（如图 1 中的 013DL）将自动合上：

- 1) 开关可用性条件满足；
- 2) 备自投选择开关 S100 置“ON”位；
- 3) 10 kV 3 段母线 103M 进线有压；
- 4) 10 kV 1 段/2 段母线 101M/102M 进线失压或 110 kV 站用变 101B/102B 站用变差动/本体保护动作；
- 5) 110 kV 站用变 101B/102B 低压侧开关 11DL/12DL 在分位。

以图 2 为例加以简要说明：正常供电方式下，

当 101M 进线失压或 110 kV 站用变 101B 站用变差动/本体保护动作导致 11DL 跳闸, 即 11DL 侧 T5 电压为零, 11DL 在分位, 同时 T15 监测到 103M 有

压, 如果条件 1)、2) 也满足则 013DL 将自动合上, 在很短的时间内恢复站用电的正常运行。表 1 更清楚地说明了 10 kV 开关的动作条件。

表 1 10 kV 开关分合闸条件

Tab.1 Open/close conditions of 10 kV breaker

开关类型	自动分闸条件	电动合闸条件 (远控/就地)
10 kV 进线开关	相应 10 kV 进线失压或该开关过流保护动作或相应站用变压器保护动作	相应 10 kV 进线有电压且相应 10 kV 母线无电压
10 kV 母联开关	该开关过流保护动作	相邻的两条母线之一无电压

2.2 400 V 站用电中的“三取二”逻辑

400 V 站用电系统共有四段母线, 既可采用分裂运行方式, 也可 1 段 401M 与 2 段 402M 联络运行或 3 段 403M 与 4 段 404M 联络运行。400 V 开关 41DL、42DL 和 412DL; 43DL、44DL 和 434DL 之间采用“三取二”联锁, 即每组三个开关只允许有两个在合位。图 3 给出了 400 V 1 段 401M 与 2 段 402M 的简图。

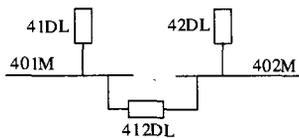


图3 400 V 站用电简图

Fig.3 Diagram of 400 V auxiliary power

图 3 中的 400 V 开关 41DL、42DL 和 412DL 之间采用了“三取二”联锁。3 个开关都有其相应的逻辑判断模块和合分闸联锁回路, 逻辑实现如图 4 所示。现在以 41DL 为例对其逻辑联锁的实现加

以简要分析。图 4 中: -S1、-S2 分别为 42DL 和 412DL 的位置触点, -F1 为联锁励磁继电器, -S4、-S5 分别为 41DL 的合闸释放触点和分闸释放触点。当 42DL 和 412DL 在合位时, 联锁励磁继电器 -F1 被励磁, 41DL 合闸释放触点 -S4 (常闭触点) 置分位, 41DL 跳闸释放触点 -S5 (常开触点) 置合位。因此, 当 42DL 和 412DL 在合位时, 41DL 是合不上的。表 2 更清楚地说明了 400 V 开关分、合闸条件。

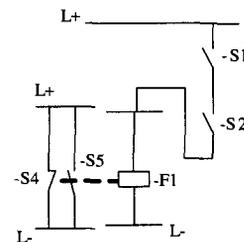


图 4 400 V 交流开关“三取二”逻辑

Fig.4 “Selecting 2 from 3” logic of 400V AC circuit breaker

表 2 400 V 开关分合闸条件

Tab.2 Open/close conditions of 400 V breaker

开关类型	自动分闸条件	电动合闸条件 (远控/就地)
400V 进线开关	该开关本体保护/干式变压器保护动作或与其有联锁的另两个开关均在合位	与其有联锁的另两个开关之一在分位
400V 母联开关	该开关本体保护动作或与其有联锁的另两个开关均在合位	与其有联锁的另两个开关之一在分位

3 VBE 系统中的“三取二”逻辑

换流阀是直流系统最重要的设备之一, 换流阀的可靠触发直接影响直流系统的稳定性。以贵广直流工程^[7]为例, 为了提高换流阀触发的可靠性, VBE 设备中的光信号发送器 PCB 板从 TC&M 获得已转换成触发脉冲的信号后, 通过三个安装在不同光信号发送器 PCB 板上的激光二极管对同一阀单元发出功率足够强的光信号指令, 经过一个三取二的选择逻辑后再将最终指令发送到 LTT 上。图 5 给出了 VBE 中的“三取二”逻辑模块。

从图中可以看出: 3 套光发射器分别从两套

TC&M 获得触发指令, 然后将指令转换成触发脉冲信号, 送到光信号发送器 PCB 板, 光信号发送器 PCB 板将分别从 3 套光发射器收到的触发脉冲信号进行“三取二”处理后, 送给同一阀单元, 完成阀触发过程。这样的设计一方面提高了换流阀触发的可靠性, 另一方面也能防止换流阀误开通。

4 小结

经过以上分析, 我们可以看到在实际应用中“三取二”逻辑的选用主要有两个目的: 一是通过冗余配置提高控制功能的可靠性, 同时提高防拒动和防误动能力; 二是通过“三取二”逻辑防止交流系统

非同期合环。同时“三取二”逻辑既可以基于软件实现，也可以基于硬件实现。

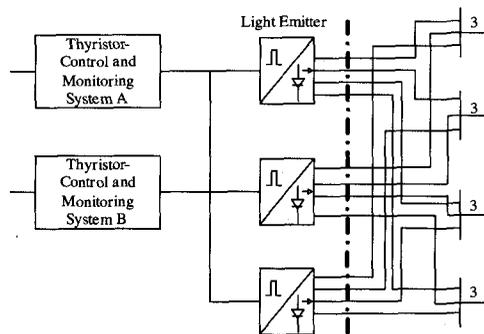


图 5 VBE “三取二” 模块示意图

Fig.5 “Selecting 2 from 3” logic of VBE module

目前，南方电网的三个直流输电工程中，可以考虑改用“三取二”逻辑的地方包括：阀冷却系统、换流变保护和交、直流滤波器保护等，这些控制保护模块采用“三取二”逻辑，能一定程度上提高运行的可靠性，防止装置误动导致的闭锁事故发生。

冗余配置是现代控制保护经常采用的策略，本文通过对南方电网直流输电工程中不同地方“三取二”逻辑加以分析，清楚地区别了各种逻辑的功能及实现策略，希望能对直流输电设计、运行以及维护工作起到一定的启发作用。

(上接第 87 页 continued from page 87)

误动。但是在实际运行中因此造成的保护误动事故还是频繁发生。上述电压互感器二次接地点不可靠以及二、三次绕组 N 线共用一根电缆芯而造成保护连续误动事故，充分说明了我们的一部分管理人员甚至是专业技术人员对电压互感器二次回路的反措要求根本没有足够的重视，更没有采取科学严谨的态度来对待新技术、新设备的应用所带来的技术上的新要求。对各项反措要求也没有在工作中认真加以落实，导致此类微机保护连续误动的事故是必然的。

随着微机保护的广泛应用和变电站综合自动化技术的不断发展与成熟，变电站已基本完成了由传统模式到综合自动化的重大转变，无论是从技术、管理，还是经济效益、社会效益都显示了无法比拟的优越性。但我们也应该充分认识到，随着技术手

参考文献

- [1] 郭菲.FSSS 系统在 600MW 火电机组仿真机的开发和应用[J].PLC&FA,2005,(9).
- [2] 林松青.提高 TXP 控制系统稳定运行的措施[J].华东电力 2006,(1).
- [3] Tian-Guang $\pm 500\text{kV}$ DC Transmission Project: DC Protection System Maintenance Manual[Z]. Germany: Siemens, 2001.
- [4] Guizhou-Guangdong I Line $\pm 500\text{kV}$ DC Transmission Project: DC Protection System Maintenance Manual[Z]. Germany: Siemens, 2004.
- [5] Guizhou-Guangdong II Line $\pm 500\text{kV}$ DC Transmission Project: DC Protection System Maintenance Manual[Z]. Germany: Siemens, 2007.
- [6] Guizhou-Guangdong I Line $\pm 500\text{kV}$ DC Transmission Project: Station Service Transformer Control & Protection Maintenance Manual[Z]. Germany: Siemens, 2004.
- [7] Guizhou-Guangdong I Line $\pm 500\text{kV}$ DC Transmission Project: Pole Control Maintenance Manual[Z]. Germany: Siemens, 2004.

收稿日期：2007-09-03

作者简介：

雷兵 (1978-), 男, 硕士, 工程师, 从事高压直流系统运行管理工作。E-mail: leibing@spsc.com.cn

段的不断提高，人员工作效率得到了提高的同时，对专业人员的素质也提出了更高的要求，人的因素实际上大大地加强了。新技术的应用必然会给过去传统的一些做法和经验产生冲击和影响，也必然会产生一些新的矛盾和问题，关键是我们应该如何去适应这些新技术、新要求。一方面是通过学习来真正理解和掌握这些新技术，不仅要知其然，还要知其所以然，才能为新技术的应用奠定良好的基础。另一方面，就是要以严谨科学的态度来对待工作，技术规程和反措的要求要不折不扣地执行，即便是很小的细节，同样蕴涵着深刻的道理和沉痛的教训。

收稿日期：2007-08-15； 修回日期：2007-11-07

作者简介：

钟成元 (1973-), 男, 工程师, 工程硕士, 从事电网规划及管理工作。E-mail:zhongcy2006@126.com