

贵—广 II 宝安站极 2 Y3 阀因无回报信号导致极 2 跳闸的故障分析及相关反措的建议

李 侠, 马振军

(西安西电电力系统有限公司, 西安 710077)

摘要: 中国贵—广 II±500 kV 高压直流输电工程中均采用激光脉冲直接触发晶闸管的直接光控晶闸管换流阀(以下简称 LTT 阀)。为了确保换流阀的安全可靠运行,对换流阀中的每个晶闸管用晶闸管电压监测电子线路(thyristor voltage monitoring, TVM)进行在线监测。TVM 实时用回报信号将监测的结果通过光缆送往阀底部电子设备柜(VBE)中。VBE 中的单片机监测系统根据回报信号分析判定晶闸管的故障,当阀内故障晶闸管数超过设计允许的冗余数,产生相应的跳闸信号。笔者就 2009 年 3 月 12 日和 2010 年 5 月 29 日贵—广 II 宝安站极 2 Y3 阀因无回报信号导致极 2 跳闸的故障进行了分析,得出:跳闸故障并非由阀或 VBE 故障引起,而是由阀侧电压不稳定或扰动引起的结论,并提出相关反措的建议。

关键词: 晶闸管电压监测板; 回报信号; 阀底部电子设备

中图分类号: TM721.1 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1609(2012)01-0110-04

Analysis and Suggestions on Pole 2 Strip Caused by No Check Back Signal from Y3 Valve of GGII Baoan Station

LI Xia, MA Zhen-jun

(Xi'an XD Power Systems Ltd., Xi'an 710077, China)

Abstract: The light triggered thyristor valves, which are directly triggered by laser, are used in Guizhou-Guangdong ±500 kV HVDC II power transmission lines. To ensure safe and reliable operation, thyristor voltage monitors(TVM) are used to have on-line monitoring on each thyristor. By light cables, TVM sends real-time feedback signal to VBE, whose single-chip can judge the default of thyristor valves by reading such check back signals. When the number of default thyristors exceeds the number of thyristor redundancy, trip signal is sent. The author analyzes the default and provides the related suggestions on Pole 2 trip caused by no check back signal from Y3 valve of GGII Baoan station, 12th March, 2009 and 29 th May 2010.

Key words: thyristor voltage monitoring(TVM); check back signal; valve base electronics(VBE)

0 引言

随着电力半导体器件的迅速发展及更新,新型的电力半导体器件直接光控晶闸管(light trigger thyristor)问世。由于直接光控晶闸管较传统电控晶闸管独具的优势,近年来已被广泛应用于高压直流输电晶闸管换流阀中,并为换流阀带来一场革命。将光电技术直接应用于换流阀的触发控制中,简化了阀的二次控制环节,电子线路大大减少,从而使

阀的故障率降低,成本也随之下降。另外,处于地电位的控制信号直接用光信号送往高压阀,有效地解决了绝缘问题,同时也大幅提升了阀的抗电磁干扰能力^[1-6]。

2000 年至今,中国已有 5 条应用直接光控晶闸管阀的 HVDC 工程投入商业运行。

笔者就 2009 年 3 月 12 日和 2010 年 5 月 29 日贵—广 II 宝安站极 2 Y3 阀因无回报信号导致极 2 跳闸的故障进行分析,并提出相关反措的建议。

1 故障经过

2009 年 3 月 12 日 10:57:45.561, SER 发“22B01+B6R”“22B01+B6L-V22-V26”共 31 块阀片无回检信号,“=22V31+U2-A5 NO THYRISTOR REDUNDENCY VALVE Y3#,”“=22V31+U2-A5 NOT ENOUGH THYRISTOR VALVE Y3 TRIP”信号,极 2 跳闸,强迫停运。

2010 年 5 月 29 日 07:07:39.050, 极 2 VBE 报出“22B01+B6R”“22B01+B6L”共 52 个晶闸管无回报信号,致使 Y3 阀晶闸管冗余不足,极 2 跳闸,强迫停运。

2 晶闸管回检信号状态分析

宝安站换流阀为逆变工况。阀电压波形见图 1^[7-8]。

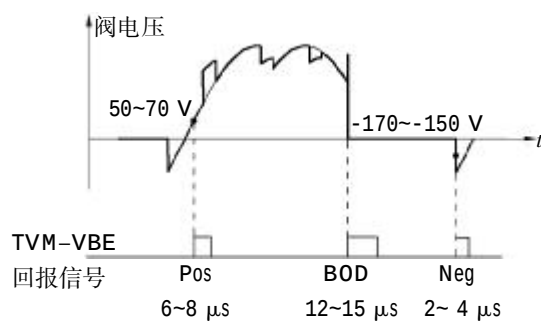


图 1 阀电压波形

Fig. 1 The waveform of valve voltage

阀运行中,由阀上每个晶闸管级的 TVM 板在线监测晶闸管两端的电压,产生相关的回检信号^[9-10]。当晶闸管两端电压达到 50~70 V 时,产生 6~8 μs 宽的正电压建立回检信号(简称 Pos);当晶闸管两端电压达到 -170~-150 V 时产生 2~4 μs 宽的负电压建立回检信号(简称 Neg)。另外,当正常触发光信号故障时,集成在晶闸管内的 BOD 元件紧急保护性触发该晶闸管,TVM 同时产生 12~15 μs 的 BOD 动作回检信号(简称 BOD)。

正向电压建立回检信号 Pos 仅用于阀的触发控制,表明阀的正电压已建立,具备触发条件,在和控制触发脉冲(firing control signal,FCS)“与”后,才能产生 10 μs 的触发光脉冲。而负电压建立信号 Neg 和 BOD 动作信号是用来检测阀故障的两个关键回检信号。BOD 回检信号表明该晶闸管正常的光触发通道故障。而 Neg 回检信号则是用来判别阀状态的主要依据。一方面启动 end of current(EOC)送往极控制(pole control)用于实测型关断冗余角 γ 控制。同时该信号还做为晶闸管级故障的主要判据。当晶闸管损坏时,相当于短路,势必导致该回检信号缺失,VBE 据此判定该晶闸管级故障,同时报出 NO CHECK

BACK SIGNAL。VBE 以单阀为单位进行计算,当缺失的 Neg 回报信号大于 3 个时,VBE 报出 NO THYRISTOR REDUNDENCY,并启动跳闸。

根据以上分析,认为 2009 年 3 月 12 日和 2010 年 5 月 29 日极 2 跳闸故障是由于 Y3 阀负电压建立回检 Neg 信号缺失引起的,现就如何导致 Neg 回检丢失的原因进行分析。

TVM 产生正常的 Neg 回检信号,必须满足 2 个条件:

1) 阀电压必须能满足使 TVM 从阀的主回路中耦合取能而建立 ±89 V 直流工作电源的取能电压。在逆变运行工况下阀承受负电压区域很少,仅为关断冗余角 17°范围内。从模拟的试验结果分析,要保证 TVM 建立 -89 V 负电压回检的工作电源,每个晶闸管两端的电压 U_{AK} 应满足: $U_{AK} \geq 360$ V,则全阀电压 U_V 应满足:

$U_V = U_{AK} \times \text{晶闸管级数} \times \text{电压不均匀系数} = 360 \times 78 \times 1.05 = 29.484$ kV。而 Neg 回检信号所需 -89 V 直流工作电源的主储能电容只有在阀电压 $du/dt < 0$ 时才能获得充电电流。

2) 阀关断后的关断阶跃电压。阀关断后的阶跃电压是晶闸管探测负电压建立门槛值的取样区域。此时,每个晶闸管两端的取样门槛 U_{th} 必须满足: $U_{th} = \text{负电压探测门槛电压} \times \text{电压不均匀系数} = 170$ V $\times 1.2 = 204$ V;全阀关断后的阶跃电压 U_{VT} 则必须满足: $U_{VT} = 204$ V $\times 78 = 15.912$ kV。若此时的关断冗余角 $\gamma = 17^\circ$,则全阀的关断的阶跃电压要满足: $U_{VT} \geq 15.912$ kV,此时阀电压的有效值 U_{AC} 必须满足: $U_{VT} = \sqrt{2} \times U_{AC} \times \sin \gamma$, $U_{AC} = U_{VT} / (\sqrt{2} \times \sin \gamma) = 15.912 / (\sqrt{2} \times 0.27) = 38.8$ kV。

综合以上分析,可以看出当 U_{AC} 满足负电压探测门槛值时必然能满足 TVM 的取能电压。

2009 年 3 月 2 日故障报文如下:10:57:13.939 RCS-9679 Protection warning;10:57:45.561 开始连续出现 no check back signal;10:57:45.569 结束。

而几乎同时在 10:57:45.570 出现 end of current signal fault。这一报文更进一步证实了 Neg 回检信号实实在在的缺失了,而不是 VBE 误报。

再如 2010 年 5 月 29 日故障报文和 2009 年 3 月 2 日发生同样故障的报文惊人的相似。同样在 07:07:38.936 首先出现了 end of current signal fault。这一现象再次证明回报信号确实缺失了。此时启动跳闸是正确的,而不是 VBE 误报。

3 换流阀大面积无回报信号的原因分析

此类故障在兴仁站从未发生过,仅出现在宝安站。

认为主要和宝安站的逆变工况有关。具体分析如下:

1)从晶闸管回报信号产生的机理分析不难看出,当相关的阀电压出现过连续 3 个周波的波动而低于使全阀内每个晶闸管级的 TVM 板耦合取得足够的电压和负电压建立门槛值即 38.8 kV 时,就可能导致大面积负电压 Neg 建立回报信号缺失,并产生 no check back signal。启动跳闸,强迫停运。兴仁一般运行在整流状态。整流工况下阀主要承受负电压,负电压区域接近 240°。因此,作为阀检测的关键回检信号,负电压建立 Neg,在整流工况下,TVM 有足够的区间获取必须的 -89 V 直流工作电压,并探测到 -170~-150 V 的门槛值。因此,不会产生 Neg 回检信号的缺失而导致 VBE 误报导致停机。逆变工况下阀电压和整流状态恰恰相反,负电压区域仅为 17°。当相关的阀电压出现过连续 3 个周波的波动,有可能造成 TVM 无足够的区间获取必须的 -89 V 直流工作电压,并探测到 -170~-150 V 的门槛值,造成 Neg 回检信号的缺失 VBE 误报导致停机。

2)贵—广 II 宝安站为逆变运行,采用实测型关断冗余角 γ 控制。当相关阀电压出现过波动,造成三相电压过零点漂移不对称,就有可能导致换相冗余角 γ 不足而换相失败。而换相失败也必然引起 EOC 故障和大面积晶闸管无回报信号。在逆变工况下,阀的负电压区域很小。若阀交流电压的波动不能保证阀在关断后充足的 $du/dt < 0$ 区间,也有可能导致 -89 V 耦合取能电压不能可靠建立。

3)在阀关断后的 1 000 μs (约 18°)内即关断冗余角,若阀电压出现 $du/dt \geq 100 V/\mu s$ 的正向扰动,则晶闸管反向恢复期保护电路 RPU 动作,对该阀段和相邻阀段进行保护性触发。在这一过程中也可导致一个组件中负电压回检信号 Neg 全部缺失。

4)当主回路开关闭合(CB_ON)开关动作和阀带电并进入稳态,需要一定的时间,若在这一过程中 VBE 就进入阀预检,也有可能造成回报信号大面积缺失。

5)VBE 主控板 D 的读数逻辑不会引发该故障^[2]。VBE 主控板 D 的读数逻辑为连续 3 个周波读 3 次进行确认,且涉及 3 块光接收(B10,B11,B12),认为取数过程中软件 3 次出错且 3 块光接收板同时故障可能性不大。

4 相关反措的建议

经以上探讨,认为在技术上改进有可能避免这一现象的发生。

1)TVM 负电压建立 Neg 回检信号的耦合取能电压为 -89 V 直流,可否降低这一电压值,使 TVM

在阀电压波动或暂态欠电压时也能易于从主回路耦合建立该工作电压;

2)TVM 负电压建立 Neg 回检信号的取样门槛值为 -170~-150 V,可否将这一门槛值降低,例如当阀电压由正变负过零后,就可产生 Neg 回检信号,这将有助于 TVM 不需在电压过零后等待 -170~-150 V 的出现,使负电压建立门槛值的探测简单易行,不受阀电压波动的影响。

以上改进将有助于消除 Neg 回检信号缺失而导致 VBE 误报。

5 结语

2009 年 3 月 12 日和 2010 年 5 月 29 日贵—广 II 宝安站极 2 Y3 阀因无回报信号导致极 2 跳闸的事故,每次跳闸事故发生后,业主对换流阀进行了认真的检查。阀内均未查出任何问题。从报文看,是因阀故障所引起的。由于宝安站处于逆变运行工况,当系统的不稳定或扰动极易造成 γ 角不足,或阀侧交流电压波动,或在反向恢复期出现过高的 du/dt ,均无法保证阀在线监测的正常工作,从而引发报出阀故障。实际上在这个过程中阀和 VBE 均正常。

参考文献:

- [1] 李 侠, SACHS G, UDER M. ± 800 kV 特高压直流输电用 6 英寸大功率晶闸管换流阀[J]. 高压电器, 2010, 46(6): 1-5.
LI Xia, SACHS G, UDER M. 6 inch high power thyristor valves for ± 800 kV UHVDC transmission[J]. High Voltage Apparatus, 2010, 46(6): 1-5.
- [2] 王惠艳, 李 侠, 冯松奎. 4 500 A 晶闸管换流阀局部放电问题的分析与处理[J]. 高压电器, 2010, 46(9): 86-87.
WANG Hui-yan, LI Xia, FENG Song-kui. Analysis and treatment of partial discharge excess in 4 500 A thyristor valve[J]. High Voltage Apparatus, 2010, 46(9): 86-87.
- [3] 王惠艳. 晶闸管结温过高跳闸分析[J]. 高压电器, 2010, 46(10): 102-104.
WANG Hui-yan. Analysis of the thyristor trip caused by overhigh junction temperature[J]. High Voltage Apparatus, 2010, 46(10): 102-104.
- [4] 张建峰, 马振军. HVDC 直接光控换流阀中激光发射电路监测中几个问题的探讨[J]. 高压电器, 2009, 45(2): 106-107.
ZHANG Jian-feng, MA Zhen-jun. Discussion on issues about laser emitter monitoring for HVDC light triggered thyristor valve[J]. High Voltage Apparatus, 2009, 45(2): 106-107.
- [5] 王英洁, 李 斌, 田 方. 高岭背靠背工程换流阀电气设计[J]. 高压电器, 2011, 47(6): 34-38.

- WANG Ying-jie, LI Bin, TIAN Fang. Gaoling back to back project thyristor valve electrical design[J]. High Voltage Apparatus, 2011, 47(6): 34-38.
- [6] 李强, 周敏刚, 陈楠, 等. 特高压直流换流阀单阀交流试验方法研究[J]. 高压电器, 2011, 47(8): 1-4.
- LI Qiang, ZHOU Min-gang, CHEN Nan, et al. Study on AC voltage test method of UHVDC valve[J]. High Voltage Apparatus, 2011, 47(8): 1-4.
- [7] SIEMENS. Thyristor valve and associated equipment design report[R]. Erlangen: Siemens, 2005.
- [8] 莫正康. 半导体变流技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- MO Zheng-kang. The technology for converter[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2011.
- [9] SIEMENS. Thyristor voltage monitoring board[R]. Erlangen: Siemens, 2003.
- [10] MATERN J. Valve base electronics system information manual[K]. Erlangen: Siemens, 2006.
- 李侠(1967—), 女, 高级工程师, 从事 HVDC 晶闸管换流阀及其相关设备的研究。

简 讯

11 项电动汽车充换电设施国家和行业标准审查通过

2011 年 12 月 20 日-23 日, 能源行业电动汽车充电设施标准化技术委员会一届三次会议在海南海口召开。来自国家能源局、国家电网公司、中国南方电网有限责任公司、中海油、中石化、中石油以及电池、汽车行业的标委会委员、代表和中外企业专家近 100 人参加了会议。

会议审查并通过了《电动汽车非车载充电机电能计量》、《电动汽车充电设施电能质量技术要求》、《电动汽车充换电设施术语》、《电动汽车电池更换站通用技术要求》等 4 项国家标准和《电动汽车充电站及电池更换站监控系统技术规范》、《电动汽车充电站电池更换站监控系统与充换电设备通信协议》、《电动汽车充换电设施建设技术导则》、《电动汽车充电设施工程施工和竣工验收规范》、《充电设备检验试验规范 第一部分: 电动汽车非车载充电机检验试验规范》、《充电设备检验试验规范 第二部分: 电动汽车交流充电桩检验试验规范》、《电动汽车电池箱更换设备通用技术要求》等 7 项行业标准, 该 11 项标准待修改后将上报有关政府部门批准发布。

会议指出, 今年以来, 电动汽车发展仍然十分迅速, 充换电设施建设正在加快进行, 国际标准化活动十分活跃, 我国的电动汽车充换电标准化工作仍然显得十分紧迫, 任务艰巨。一是必须加快标准制定步伐才能满足当前建设需要, 要加快换电标准体系建设, 二是加强协作, 共同推进充换电标准体系建设, 要和汽车、电池、电工行业一道共同促进电动汽车的科学发展。

莫桑比克格布扎启动太特—马普托输变电项目

莫桑比克格布扎总统近日宣布, 太特—马普托输变电项目作为国家重点项目已启动, 将于 2014 年正式投入建设, 旨在连接起莫桑比克最大电力生产基地和最大电力消费城市。目前, 该项目处于前期筹备阶段, 预计 2012 年第四季度签署使用合同, 2013 年完成项目融资, 2017 年竣工并投入使用。

太特—马普托输变电项目由一条 400 kV 和一条 500 kV 高压输变电线路组成, 预计发电量为 12 500 MW。在总长 1 300 km 的线路上将建设 5 个变电站: 卡塔沙、英乔佩、蔚蓝库鲁、西布图及莫安巴。项目一期工程预计花费 18 亿美元, 二期工程预计花费 10 亿美元。

特高压交流扩建工程成功通过 450 万千瓦大负荷试验

2011 年 11 月 25 日 18 时, 1 000 kV 晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程扩建工程成功完成第一阶段大负荷试验, 在 450 万 kW 功率下累计运行 8 h, 最大输送功率 503 万 kW, 系统、设备稳定可靠, 现场工作已全面纳入运行管理。

当天, 南阳、长治、荆门、国调中心四个启动调试现场指挥部联合召开第五次电视电话会议。会上, 中国电科院、交流建设分公司、运行分公司、国调中心分别汇报了工程系统调试情况, 国调中心、国家电网公司生产部、交流建设部分别对下一阶段相关工作进行部署。

各现场指挥部启动指挥组、调总、分调总、各工作组等有关人员在相应会场参加会议。