

换相失败对晶闸管结温影响及保护定值整定研究

王永平, 杨建明, 赵文强, 李海英

(南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211102)

摘要:文中归纳了换相失败产生的各种原因,并指出产生换相失败的2个主要原因就是交流系统故障和换流器丢脉冲。随后整理了晶闸管阀体结温的数学模型,仿真研究了交流系统单相接地故障,两相接地故障,三相接地故障以及换流器丢脉冲故障对阀体结温的影响,指出换流器丢脉冲故障对阀体结温的影响最大。在考虑换相失败对阀体结温影响的基础上,文章最后提出在整定换相失败保护定值时需要考虑换流阀的耐温性能。

关键词:换相失败;交流系统故障;换流器丢脉冲;结温;换相失败保护

中图分类号: TM723

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2017)04-0059-07

0 引言

高压直流输电由于其具有传输距离长,输电能力强,不需要考虑线路的电感及电容效应等优势,被广泛地应用于长距离,大容量的场合。但是,随着高压直流输电技术的大规模应用,其本身所具有的缺陷也逐渐地暴露出来。换相失败是以晶闸管等半控型器件作为核心元件的换流器所固有的缺陷,不可能被消除。目前,针对换相失败的研究只是围绕着换相失败引起的功率传输波动对交流系统的影响以及一条直流工程的换相失败对另外一条直流工程的影响而展开,却很少研究换相失败对阀体结温的影响这一块领域,而阀体结温作为晶闸管的核心参数,对晶闸管的运行性能以及晶闸管的使用寿命有着决定性的影响。温度的急剧上升会造成晶闸管瞬间损坏从而引起直流系统的强迫停运。因此研究换相失败对阀体结温的影响,并在整定换相失败保护定值时考虑这一因素显得非常必要。

1 换相失败的定义及发生原因

1.1 换相失败的定义

工程中换相失败有2种情况。第一类情况是在换流器所有桥臂的触发脉冲都正常的情况下,由交流系统电压的变化或者直流侧电压的波动造成。具体的发生过程是逆变侧换流器的2个桥臂进行换相时,因换相过程未能进行完毕或者预计关断的桥臂关断后,在反向电压期间未能恢复阻断能力,当加在该桥臂上的电压为正时立即重新导通,使预计开通的桥臂重新关断,图1给出了这种情况下的换相失败波形^[1,2]。第二类情况是由于换流器的某一

个桥臂或者几个桥臂的触发脉冲丢失而引起的一个桥臂或几个桥臂不能正常被触发而引起。

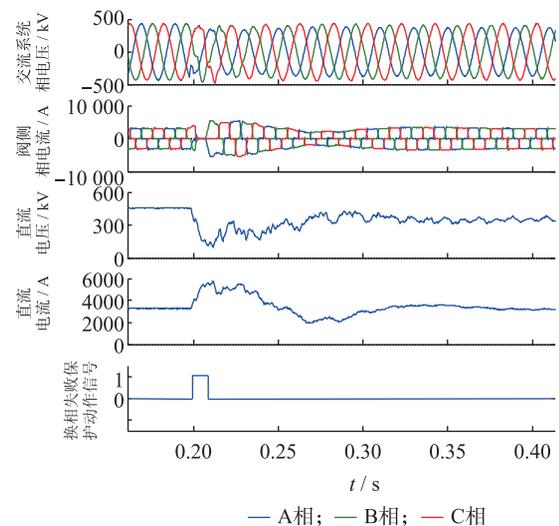


图1 第一类换相失败波形

Fig.1 Waves of the first kind commutation failure

1.2 换相失败的原因

高压直流输电系统是一个复杂的系统,其包括了许多的一次设备和二次设备,其中主要的有交流滤波器、换流变压器、交流断路器、换流器、直流滤波器、直流控制系统、直流保护系统、交流保护系统、阀控制系统、晶闸管控制单元、二次传输的光纤及电缆。

这些主要的设备任何一个出现故障都有可能导致换流器出现换相失败现象。其中典型的有交流滤波器投切造成交流电压的波动引起换相失败,空充换流变造成其他处于运行状态的换流器发生换相失败,空充交流系统主变引起换相失败,直流控制系统主机故障引发换相失败,交流保护系统误动引起交流系统电压扰动,阀控系统故障造成触发脉冲错误,晶闸管控制单元故障不能正常触发或者

误触发,传输脉冲信号的光纤故障以及采集交流系统电压的电缆松动等都能产生换相失败^[3-5]。综合工程运行实际情况,导致换相失败最常见的原因是交流系统故障,直流控制系统和阀控系统丢脉冲,空充变压器。

2 晶闸管阀体结温模型

晶闸管自身的功率损耗是通过热量的形式向外界散发,功率损耗和热量散发速度的快慢决定了阀体结温的稳态值,因此晶闸管自身的功率损耗决定了晶闸管阀体的稳态结温。根据标准 IEC 61803,晶闸管自身的功率损耗为:

$$P_{thy} = AI_d + BI_d^2 \left(1 - \frac{\mu}{2\pi} \right) + CU_{dio} \sin(\gamma) + D \quad (1)$$

式(1)中: $A = U_{T0}/3$; $B = r_T/3$; $C = 0.2\pi f Q_{rr}/N_{thy}$; D 为晶闸管的开通损耗; U_{T0} 为晶闸管的导通门槛电压; r_T 为晶闸管的导通斜率电阻; Q_{rr} 为晶闸管的反向恢复电荷; N_{thy} 为单阀所串联的晶闸管级数。

根据直流工程运行工况可以得到直流电流 I_d , 叠弧角 μ , 直流空载电压 U_{dio} 及关断角 γ 。在得到上述参数和运行工况后就可以计算出当时的晶闸管功率损耗 P_{thy} , 而晶闸管稳态结温与功率损耗之间的关系式为:

$$T_j = T_c + P_{thy} \times R_{jc} \quad (2)$$

式(2)中: T_j 为晶闸管的稳态温度; T_c 为冷却水入口温度和出口温度的平均值; R_{jc} 为晶闸管结与冷却水之间的热阻,其与晶闸管、硅片、钼片、铜之间的接触热阻有关系,一般通过拟合的方法将其表现为多阶的时间指数形式^[6-8]。这样就可以间接地计算出某一工况下晶闸管的稳态结温 T_j 。

本文以国内某工程的晶闸管参数为例,仿真研究了换相失败对阀体稳态结温的影响,其中:

$$R_{jc} = 0.00035 + 0.00185(1 - e^{-0.4t}) + 0.0083(1 - e^{-10t}) \quad (3)$$

冷却水入口温度和出口温度的平均值且为 $T_c = 38^\circ\text{C}$ 。

3 换相失败对阀体结温的影响

3.1 第一类换相失败对结温影响的仿真研究

根据第 1.1 节所述,从晶闸管的角度来讲第一类换相失败是因为交流系统电压或者直流系统电压的变化导致了换相时即将导通的晶闸管两端不满足正向电压条件,或者即将关断的晶闸管因为承受反压时间的不够而重新导通。从整个直流输电

系统的角度来看,第一类换相失败主要是来自交流系统的故障,空充主变等。但是空充主变等因为持续的时间短且对晶闸管结温的影响不大,而交流系统故障持续的时间一般都比较长,因此本节以第 2 节的结温模型作为依据,选取了国内某工程的晶闸管参数作为试验参数,在假定冷却水入口温度和出口温度的平均值是 38°C 的基础上,搭建了高压直流输电 RTDS 模型,研究了交流系统故障对阀体结温的影响。

图 2 为交流系统单相金属接地故障时换相失败波形。可以看出在交流系统 A 相接地期间,直流电压和直流电流的 100 Hz 分量较大,但是瞬时值都比故障前减少,关断角在 $0^\circ \sim 75^\circ$ 波动,晶闸管结温(此温度是换流器所有晶闸管温度的最大值)从 48°C 下降到 44°C 。即单相金属接地故障时,晶闸管结温比正常运行时低。

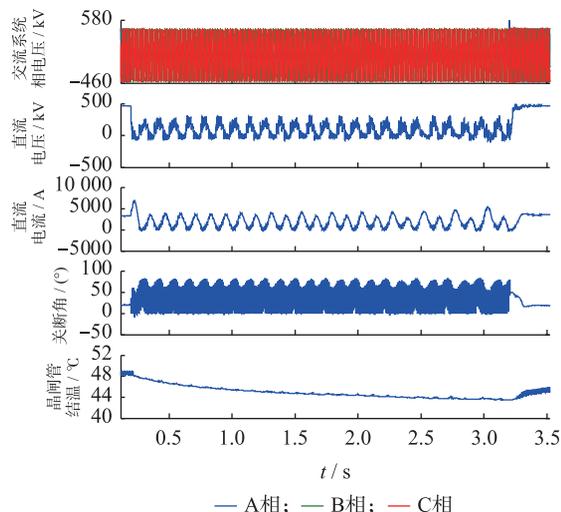


图 2 交流系统单相金属接地故障引发换相失败波形

Fig.2 Commutation failure wave caused by the single phase metallic ground fault in the AC system

图 3 给出交流系统单相高阻接地故障时的波形。故障开始瞬间换流器的 Y 桥和 D 桥非同时发生了换相失败,因此直流电压有下降但没有下降至 0。随后由于控制系统的调节,故障持续期间并没有发生换相失败而是稳定运行,关断角在 $20^\circ \sim 50^\circ$ 变化,晶闸管结温从 48°C 上升至 52°C ,即单相高阻接地故障时,晶闸管的结温呈上升趋势。

经过分析,单相金属接地故障和单相高阻接地故障之所以在对晶闸管结温的影响呈相反的走势是因为在直流控制系统中集成了低压限流环节^[9,10]。在单相金属接地故障时,由于直流电压下降幅度大从而使得低压限流环节限制了电流调节器的电流指令,直流电流减小。而单相高阻接地故障时,只在故障瞬间发生了某一个桥(Y 桥或 D 桥)

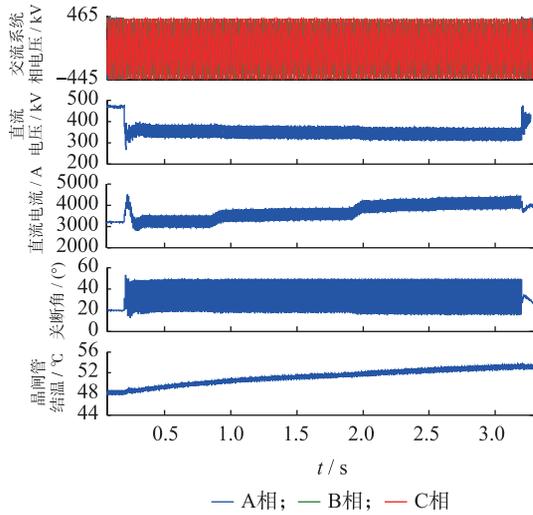


图3 交流系统单相高阻接地故障引发换相失败波形

Fig.3 Commutation failure wave caused by the single phase high-impedance ground fault in the AC system

的换相失败而后续故障持续期间并没有发生换相失败,直流电压还很高不足以触发低压限流环节起作用,并且由于定功率控制,直流电压的下降会使控制系统增大电流调节器的电流指令,直流电流增大。

图4为交流系统两相金属接地故障时换相失败波形。期间直流电压和直流电流下降,晶闸管结温呈下降趋势。即交流系统两相接地故障时晶闸管的结温比正常运行的时候低。

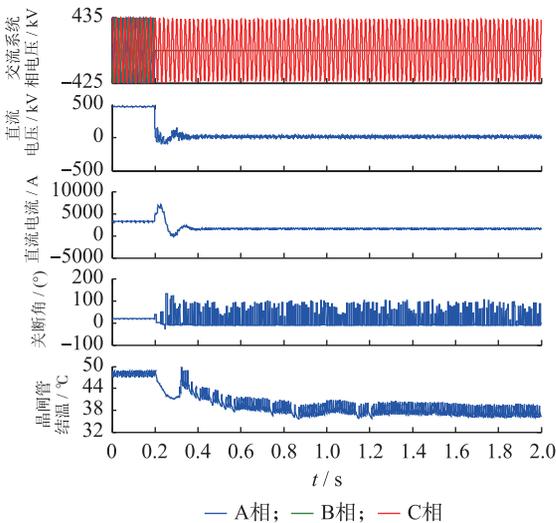


图4 交流系统两相金属接地故障引发换相失败波形

Fig.4 Commutation failure wave caused by the two phase metallic ground fault in the AC system

图5为交流系统三相金属接地故障时换相失败波形。直流电压和直流电流下降至纵坐标轴0附近,晶闸管结温下降至38℃。因此交流系统三相金属接地故障对晶闸管结温的影响呈下降趋势。

综合图2—5可以得出,交流系统故障期间,控

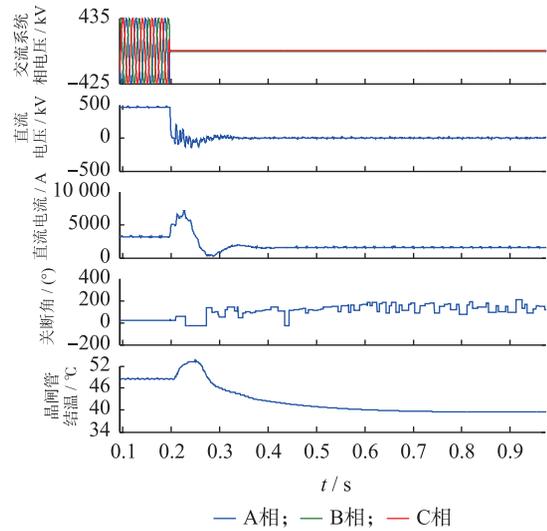


图5 交流系统三相金属接地故障引发换相失败波形

Fig.5 Commutation failure wave caused by the three phase metallic ground fault in the AC system

制系统中集成的低压限流功能抑制了直流电流(单相高阻接地除外),直流电流的下降引起晶闸管结温的下降,因此第一类换相失败对晶闸管结温的影响呈下降趋势。

3.2 第二类换相失败对结温影响的仿真研究

第二类换相失败是晶闸管的触发脉冲丢失或者系统误触发所引起的,本节以丢脉冲为例分析其对晶闸管结温的影响。

图6为丢脉冲故障引发换相失败波形。从图6可以看出在丢脉冲故障期间,直流电压和直流电流都含有丰富的谐波分量,关断角在20°~35°变化,晶闸管结温从38℃上升至60℃,即丢脉冲故障会引起晶闸管结温的急剧上升。

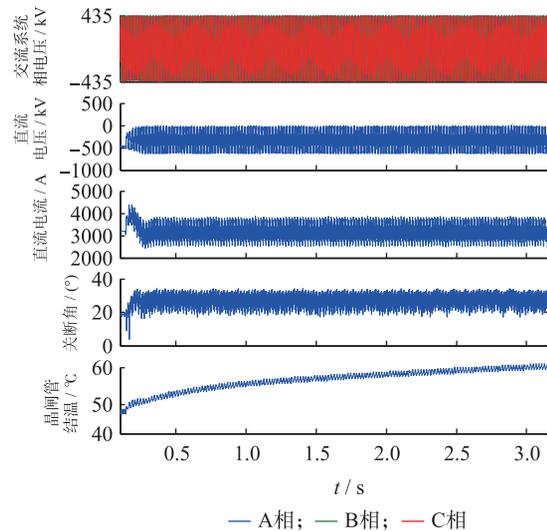


图6 丢脉冲故障引发换相失败波形

Fig.6 Commutation failure wave caused by fire pulse missing

为了说明丢脉冲故障会引起晶闸管结温上升的原因,图7给出了丢脉冲时换流器桥臂的换相过程。假设丢脉冲前电流的回路如图7蓝色虚线所示,此时Y桥1号桥臂和2号桥臂导通,随后在1号桥臂即将向3号桥臂换相时发生了丢脉冲故障,此时3号桥臂不能导通,在接下来的 120° 电角度内仍然由1号桥臂和2号桥臂导通,在2号桥臂换相到4号桥臂后,1号、4号桥臂同时导通造成Y桥旁路,另外5号桥臂脉冲到来时,由于A相电压低于C相电压造成5号桥臂反压而截止^[11-13]。因此在一个周期内,1号桥臂将导通 360° 电角度,其承担的直流电流的时间是正常运行时通过电流时间的3倍,这就是丢脉冲故障时晶闸管结温上升的原因。1号桥臂丢脉冲时的电流波形如图8所示。

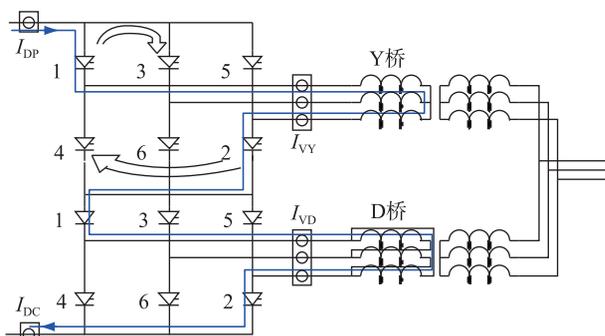
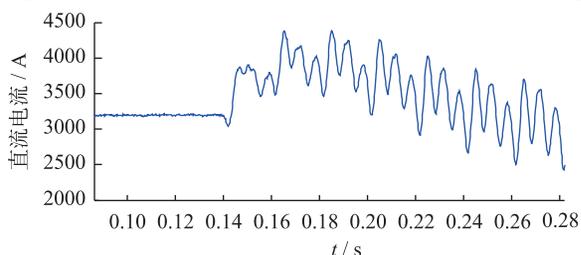
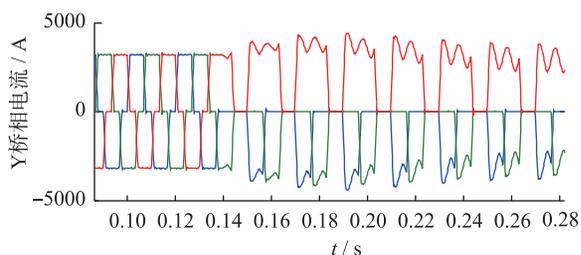


图7 丢脉冲时换相过程

Fig.7 Commutation process with the fire pulse missing



(a) 直流电流



(b) Y桥电流

— A相; — B相; — C相

图8 丢脉冲时直流电流和Y桥电流

Fig.8 DC current and Y bridge current when the fire pulse miss

综合上述分析,可以看出由于交流电压变化或者直流电压变压二引起的第一类换相失败在控制系统低压限流功能起作用时对晶闸管结温的影响

是呈下降趋势的,低压限流功能未起作用时晶闸管的结温略有上升但影响不大。但是丢脉冲故障引起的第二类换相失败会造成一个桥臂的晶闸管在 360° 电角度区间内持续导通,从而引起此桥臂的晶闸管温度急剧上升。

4 换相失败保护定值整定

4.1 换相失败保护原理

换相失败发生时,其最明显的故障特征是同一相桥臂上下直通,从而导致直流电流大于换流变阀侧三相交流电流的最大值,如图8中在丢脉冲后Y桥三相电流都为0的时刻。根据这个故障特征设计了换相失败保护^[14,15]。

工程应用中的换相失败保护原理,Y桥:

$$\begin{cases} \max(I_{DC}, I_{DP}) - I_{VY} > \max(B, K_1 * \max(I_{DC}, I_{DP})) \\ \max(I_{DC}, I_{DP}) * K_2 > I_{VY} \end{cases} \quad (4)$$

D桥:

$$\begin{cases} \max(I_{DC}, I_{DP}) - I_{VD} > \max(B, K_1 * \max(I_{DC}, I_{DP})) \\ \max(I_{DC}, I_{DP}) * K_2 > I_{VD} \end{cases} \quad (5)$$

式(4,5)中: \max 为取括号中的最大值; I_{DC} 为阀厅入口处的直流电流; I_{DP} 为阀厅出口处的直流电流; B 为起动定值; K_1 和 K_2 是定值比率系数; I_{VY} 及 I_{VD} 分别为Y桥、D桥三相交流电流瞬时值的最大值。

4.2 换相失败类型的识别

交流系统故障或者直流电压波动是产生第一类换相失败的主要原因,这一类型故障最典型的特征就是其能对所有的换流器产生影响并导致换相失败。比如交流系统故障时,极一换流器的Y桥,D桥,极二换流器的Y桥,D桥都有可能发生换相失败。而换流器控制系统丢脉冲故障或者触发光纤故障只能影响某一个换流器的一个桥臂(Y桥和D桥),即故障期间只有一个换流器的一个桥臂发生换相失败。

综上,当只有换流器的Y桥臂发生换相失败故障时,可以判定Y桥臂发生了第二类换相失败,当只有换流器的D桥臂发生换相失败故障时,可以判定D桥臂发生了第二类换相失败,当Y桥臂和D桥臂发生换相失败故障时,可以判定整个12脉动换流器发生了第一类换相失败。

4.3 换相失败保护定值整定

工程应用中高压直流输电保护定值整定目前主要还是依赖经验和仿真,通常做法是在已有工程的定值基础上,通过仿真试验去调整定值^[16],因此

下文在分析了换相失败对晶闸管结温影响的基础上,综合考虑了直流输电运行方式对换相失败保护定值的影响以及交流系统保护与换相失败保护相互配合的因素,提出了换相失败保护定值整定的原则。

在换相失败保护定值整定时,需要考虑换相失败保护在各种工况下都能够检测区内故障,特别是直流传输功率分别在 0.1 p.u. 和 1 p.u. 的情况。另外交流系统故障引发的第一类换相失败应该让交流系统保护去动作切除故障,换相失败保护在保障直流设备不损坏的情况下尽量不闭锁。触发脉冲故障引发的第二类换相失败会造成晶闸管结温的急剧上升,此时应结合晶闸管的耐温特性进行定值的整定^[17]。

(1) 在最小直流功率的运行工况下,通常是 0.1 p.u.,为保证换相失败保护检测出换相失败故障,换相失败保护的起始定值 B 设定原则为:

$$B = K_{B1} * K_{B2} * K_{B3} * I_e \quad (6)$$

式(6)中: K_{B1} 为可靠性系数,一般取 1.3~1.5; K_{B2} 为测量误差百分比,一般取 0.1; I_e 为直流电流的额定值; K_{B3} 是修正系数,通过仿真试验确定,原则是保证在 0.1 p.u. 的工况下换相失败保护依然能够检测出换相失败故障。

(2) K_1 的整定应躲过直流系统短时过负荷时,电流测量回路产生的最大不平衡电流。即:

$$K_1 = \frac{K_{Ie} * K_{Io} * I_n}{I_{ores}} \quad (7)$$

式(7)中: K_{Ie} 为测量误差百分比,推荐取 0.1; K_{Io} 为过负荷倍数,一般取 2; I_n 为直流电流的额定值; I_{ores} 为过负荷时的制动电流。

(3) K_2 的整定应躲过交流 I_{VY}, I_{VD} 的互感器和 I_{DC} 直流互感器的最大不平衡系数。即:

$$K_2 = K_b * K_{2e} \quad (8)$$

式(8)中:Y 桥的 $K_b = \max(I_{VY}/I_{DC})$, D 桥的 $K_b = \max(I_{VD}/I_{DC})$; K_{2e} 为可靠系数,推荐值 0.65。

上述 3 个检测换相失败的动作定值整定原则具有通用性,即动作定值整定不管是否考虑了换相失败对晶闸管结温的影响都是一样的,2 者的区别在于动作时间的取值。

对于第一类换相失败,其动作时间必须大于交流系统后备保护的动作时间,遵循交流系统的故障让交流保护去隔离的原则,这也是目前通用的定值取值方法。在考虑到第一类换相失败对晶闸管的温度是呈下降趋势时,第一类换相失败的动作时间还应该大于第二类换相失败的动作时间,即第一类

换相失败时保护动作的时间定值应该大于交流后备保护的動作时间和第二类换相失败时保护动作的时间。

对于脉冲故障引发的第二类换相失败,在未考虑到换相失败对晶闸管结温的影响时,其动作时间往往是采用经验定值,通常是沿用上一个工程的定值。当考虑到晶闸管的温度特性时,根据直流系统在 1.4 倍过负荷工况下发生第二类换相失败时计算出晶闸管可能达到的最高温度,并参考换流阀厂家提供的晶闸管允许最高工作温度-时间曲线设定,确保直流系统在任何工况下发生第二类换相失败故障,晶闸管的温升不足以引起晶闸管误触发甚至损坏。

5 结语

本文总结了引发换相失败的各种因素,并根据这些因素导致换相失败机理的不同,将换相失败分为第一类换相失败和第二类换相失败。同时指出交流系统故障是导致第一类换相失败的主要原因,换流器丢脉冲故障是产生第二类换相失败的主要因素。接着本文整理了晶闸管结温的数学模型,仿真研究了交流系统故障引发的第一类换相失败和丢脉冲引发的第二类换相失败对晶闸管结温的影响。并指出由于控制系统低压限流功能的存在,交流系统金属接地故障引发的第一类换相失败对晶闸管结温的影响是呈下降趋势,在直流定功率控制模式下,交流系统高阻接地故障不足以触发控制系统低压限流功能起作用时,第一类换相失败会造成晶闸管结温缓慢上升但不足以对晶闸管造成影响,但是丢脉冲故障引发的第二类换相失败会导致晶闸管结温的急剧上升,这对晶闸管的稳定运行造成不良影响甚至可能烧坏晶闸管。最后文章在综合考虑交流系统保护,直流运行工况以及换相失败对结温影响的基础上,提出了整定换相失败保护定值的原则。特别是提出换相失败对晶闸管温度的影响应作为换相失败保护定值整定的考虑因素,优化了换相失败保护定值整定的原则。

但是本文探讨的定值整定原则是针对换相失败保护,并且在考虑结温时忽略了温度对晶闸管损耗的正反馈影响。另外高压直流输电系统由于控制系统的存在,使得直流故障响应特性复杂,很难通过类似交流保护的解析算法得到定值。因此继续研究温度对晶闸管损耗模型的影响以及完善直流保护的定值整定原则是后续可进一步研究的方向。

参考文献:

- [1] 赵婉君. 高压直流输电工程技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004:71-75.
ZHAO Wanjun. Engineering technology of HVDC transmission [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004:71-75.
- [2] 董云龙, 田杰, 李海英, 等. 德宝直流工程系统调试部分问题及解决方案[J]. 江苏电机工程, 2011, 30(1):42-43.
DONG Yunlong, TIAN Jie, LI Haiying, et al. Problems and relevant solutions in system commissioning of DEBAO HVDC project[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2011, 30(1):42-43.
- [3] 朱鑫要, 汪惟源, 汪成根. 江苏特高压交直流输电交互影响研究[J]. 江苏电机工程, 2016, 35(2):39-42.
ZHU Xinyao, WANG Weiyuan, WANG Chenggen. Analysis of interaction between UHVAC and UHVDC for Jiangsu Power Grid[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2016, 35(2):39-42.
- [4] 饶宏, 张东辉, 赵晓斌, 等. 特高压直流输电的实践和分析[J]. 高电压技术, 2015, 41(8):2481-2488.
RAO Hong, ZHANG Donghui, ZHAO Xiaobin, et al. Practice and analyses of UHVDC power transmission[J]. High Voltage Engineering, 2015, 41(8):2481-2488.
- [5] 李新年, 陈树勇, 李涛, 等. 特高压主变充电导致直流周期性换相失败的原因[J]. 电网技术, 2014, 38(10):2671-2679.
LI Xinnian, CHEN Shuyong, LI Tao, et al. Research on the periodic commutation failure by 1000 kV UHV transformer energizing for Linfeng HVDC project[J]. Power System Technology, 2014, 38(10):2671-2679.
- [6] 杨俊, 汤广福, 曹均正, 等. HVDC 阀晶闸管结温计算等效电路模型[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(15):156-163.
YANG Jun, TANG Guangfu, CAO Junzheng, et al. Study on equivalent circuit model for HVDC valve thyristor junction temperature calculation[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(15):156-163.
- [7] 胡永银, 李兴源, 李宽. 晶闸管结温计算方法综述[J]. 华东电力, 2013, 41(9):1881-1886.
HU Yongyin, LI Xingyuan, LI Kuan. Review of thyristor junction temperature calculation methods [J]. East China Electric Power, 2013, 41(9):1881-1886.
- [8] 李皎明, 余岳辉, 白铁城, 等. 晶闸管的瞬态热阻抗及其结温温升的研究[J]. 微纳电子技术, 2001, 38(2):52-55.
LI Jiaoming, YU Yuehui, BAI Tiecheng, et al. Research of thyristor's transient thermal impedance and junction temperature rise[J]. Semiconductor Information, 2001, 38(2):52-55.
- [9] 付颖, 罗隆福, 童泽, 等. 直流输电控制器低压限流环节的研究[J]. 高电压技术, 2008, 34(6):1110-1114.
FU Ying, LUO Longfu, TONG Ze, et al. Study on voltage dependent current order limiter of HVDC transmission system's controller[J]. High Voltage Engineering, 2008, 34(6):1110-1114.
- [10] 李兴源. 高压直流输电系统的运行和控制[M]. 北京: 科学技术出版社, 1998.
LI Xingyuan. The operation and control of HVDC system[M]. Beijing: The Scientific and Technological Press, 1998.
- [11] 李猛, 夏成军, 杜兆斌. 混合直流双桥换相失败机理及抑制措施研究[J]. 电力工程技术, 2017, 36(1):47-53.
LI Meng, XIA Chengjun, DU Zhaobin. Research on the mechanism and suppression method of double bridge discontinuous commutation failure in hybrid HVDC[J]. Electric Power Engineering Technology, 2017, 36(1):47-53.
- [12] 慈文斌, 刘晓明, 刘玉田. ± 660 kV 银东直流换相失败仿真分析[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(12):134-139.
CI Wenbin, LIU Xiaomng, LIU Yutian. Commutation failure simulations of ± 660 kV Yindong-Jiaodong HVDC line [J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(12):134-139.
- [13] 李刚, 李世鹏, 姬晓杰. 山东多馈入直流输电系统换相失败分析[J]. 电气技术, 2016, 17(2):36-41.
LI Gang, LI Shipeng, JI Xiaojie. Analysis on commutation failures in Shandong multi-Infed HVDC system[J]. Electrical Engineering, 2016, 17(2):36-41.
- [14] 王学之, 周全, 国建宝. 南方电网直流换相失败机理及判别方法[J]. 南方电网技术, 2013, 07(6):44-47.
WANG Xuezhi, ZHOU Quan, GUO Jianbao. The mechanism and discrimination method of HVDC commutation failure in China Southern Power Grid[J]. Southern Power System Technology, 2013, 07(6):44-47.
- [15] 袁阳, 卫志农, 雷霄. 直流输电系统换相失败研究综述[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(11):140-147.
YUAN Yang, WEI Zhinong, LEI Xiao. Survey of commutation failures in DC transmission systems[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(11):140-147.
- [16] 高本锋, 张学伟, 刘心晔, 等. 高压直流输电保护定值整定流程的研究[J]. 电工技术学报, 2015, 30(12):400-407.
GAO Benfeng, ZHANG Xuewei, LIU Xinye, et al. Research of HVDC protection value setting process[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(12):400-407.
- [17] DL/T 277—2012 高压直流输电系统控制保护整定技术规范[S].
DL/T 277—2012 The technical specification of settings for controlling and protection in HVDC system[S].

作者简介:



王永平

王永平(1978—),男,江苏镇江人,高级工程师,从事高压直流输电及其控制保护领域的研究工作(E-mail:wangyp@nrec.com);

杨建明(1984—),男,湖南株洲人,工程师,研究方向为高压直流输电系统控制保护(E-mail:yangjm@nrec.com);

赵文强(1985—),男,湖北鄂州人,工程师,研究方向为高压直流输电系统控制保护;

李海英(1972—),男,河北饶阳人,研究员级高级工程师,从事电力电子技术在电力系统的应用研究及直流输电技术研究工作。

(下转第 69 页)

The Implementation of PRP and HSR Redundancy Network Supervision System Based on Detecting Frame

GAO Hongliang¹, TAO Wenwei¹, TANG Xiaozhou², ZHANG Ximing¹, LI Guanghua², YANG Gui²
(1. Power Dispatching and Control Center of China Southern Power Grid, Guangzhou, 510663, China;
2. Nanjing NARI-relays Electric Co. Ltd., Nanjing, 211100, China)

Abstract: IEC62439-3 describes parallel redundancy protocol (PRP) and high availability seamless redundancy (HSR) in detail. However, these redundancy protocols are transparent to upper layer, supervision system cannot identify the single link failure. In order to resolve this problem and achieve good maintenance experience of PRP and HSR redundant network, the implementation process of PRP and HSR redundancy is analyzed, the action principle of detecting frame is researched, and a redundancy network supervision system based on detecting frame is built. The specific redundancy detecting principle and implementation method are put forward, and the advantages of this system are summarized and analyzed, which provides an effective solution for the redundancy network supervision of smart substation.

Key words: PRP; HSR; detecting frame; redundancy network; supervision system; smart substation

(编辑 刘晓燕)

(上接第 64 页)

Influence of Commutation Failure to Valve Temperature and Protection Fixed Value Setting

WANG Yongping, YANG Jianming, ZHAO Wenqiang, LI Haiying
(NR Electric Co., Ltd, Nanjing 211102, China)

Abstract: This paper summarizes the causes of commutation failure and points out that two main causes of commutation failure are AC system ground fault and fire pulse missing. The mathematic model of the junction temperature of thyristor valve is collated and the influence of the single-phase ground fault, the two-phase ground fault, the three-phase ground fault and the fire pulse missing of the converter on the junction temperature are simulated respectively. And it is concluded that the fire pulse missing that has the greatest influence on the junction temperature. Based on the consideration of those influences, it's suggested that the temperature characteristic of the valve needs to be taken into account when the commutation failure protection settings are fixed.

Key words: commutation failure; AC system ground fault; fire pulse missing; junction temperature; commutation failure protection

(编辑 徐林菊)