

适应大容量直流接入弱受端的直流极控系统 优化控制方法

雷 霄¹, 孙 栩¹, 李新年¹, 庞广恒¹, 王华伟¹, 阮思烨², 刘 琳¹

(1. 中国电力科学研究院, 北京 100192; 2. 国家电力调度控制中心, 北京 100031)

摘要: 大容量直流接入较弱受端系统, 换流母线电压相对敏感, 故障扰动易引起直流换相失败甚至发生连续换相失败。针对弱受端交流故障恢复过程中可能出现的连续换相失败问题, 提出了根据交流系统和直流系统关键变量, 在线计算调整低压限流功能直流电压上限值的方法, 使直流的恢复速度能适应交流系统的恢复状态, 避免连续换相失败的发生; 提出了逆变站调节器配合和分接头控制的优化方法, 使逆变站进入定直流电压控制模式, 能在一定程度上减小远端故障引发换相失败的概率。利用与实际直流工程极控系统完全一致的仿真模型进行仿真验证, 仿真结果表明: 所提出的优化方法可行、有效, 能适应弱受端系统对于抵御换相失败的需求, 有利于改善交直流系统运行稳定性。

关键词: 高压直流输电; 弱受端; 直流极控系统; 低压限流功能; 换相失败

中图分类号: TM 721.1

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2017.09.029

0 引言

高压直流输电技术在远距离、大容量输电方面有独特优势, 已广泛应用于西电东送、全国联网等重大工程, 在能源资源优化配置方面起到重要作用^[1-4]。

交直流混联系统中高压直流输电对电网安全稳定影响研究的核心就是交流和直流系统相互影响的问题^[5-7]。交、直流系统之间的相互作用, 尤其是大容量直流受端馈入弱交流系统时, 会带来电压频率不稳定、动态过电压、易换相失败甚至连续换相失败等一系列问题。青藏直流就是典型的直流接入弱受端系统的情况, 且将来特高压直流容量进一步增大以及多回特高压直流密集馈入华东电网, 亟需研究直流馈入相对较弱系统引起的一系列问题及解决措施^[8-10]。

长期以来, 利用直流输电系统具有调节迅速和控制灵活的特点, 是改善交直流系统的运行特性和稳定性的重要研究思路之一。直流自身极控系统策略和参数复杂, 且目前各在运直流工程极控的策略和参数基本一致, 在某些情况下对直流受端接入弱系统的适应性不足, 难以满足其提高直流抵御换相失败能力的特定控制需求和目标^[11-15]。

本文考虑通过对直流极控系统关键环节的适应性优化, 提高直流接入弱受端后对换相失败的抵御能力, 保证系统稳定运行。首先建立了典型的超高压直流接入弱受端系统的电磁暂态仿真模型, 其中直流极控系统采用与实际直流工程完全一致的仿真模型, 以确保直流动态响应特性与实际相同^[16-17]。

针对弱受端系统交流故障后恢复过程中有可能出现的直流连续换相失败问题, 深入分析了连续换相失败的原因, 并提出了低压限流 (VDCOL) 功能关键参数的优化方法, 以在线调整故障后直流系统恢复速度; 通过优化逆变站调节器配合策略和分接头控制方式, 使逆变站转为定直流电压控制, 能提高逆变站对于远端故障引起换相失败的抵御能力。

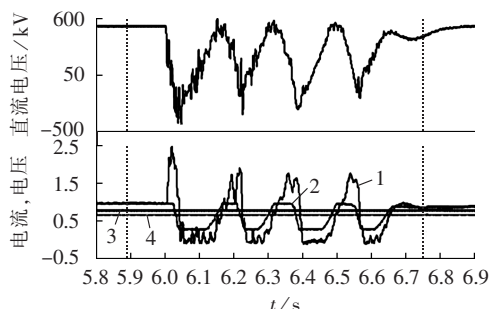
1 逆变站连续换相失败

直流受端接入弱系统, 运行在较大输送功率的工况下, 当发生靠逆变侧的交流系统单相瞬时接地故障后, 在系统恢复过程中直流功率迅速上升, 可能会引起弱受端交流电压下降和畸变, 导致再次发生换相失败。

首先建立 ± 500 kV 超高压直流输电系统电磁暂态仿真模型, 其中直流极系统的控制策略和参数与实际工程控制保护系统完全一致, 以保证研究结果的准确性和工程适用性。受端接入较弱交流系统, 受端系统短路比为 2.78。直流双极额定输送功率为 3000 MW。直流双极功率满送工况下, 6 s 时逆变侧交流系统发生单相瞬时接地故障, 仿真结果如图 1 所示。可见, 在交流故障清除后直流系统又发生了 3 次后续的换相失败。

第 1 次换相失败由交流系统故障引起, 无法避免; 后面 3 次换相失败产生的原因相同, 即交流故障清除后, 由于受端系统较弱, 直流功率恢复过快, 直流从交流系统吸收大量无功功率, 引起交流电压下降和畸变, 关断角减小, 导致换相失败发生。

VDCOL 功能是直流控制系统中的关键功能之一, 其以直流电压为输入变量, 当直流电压降低时,



1—直流电流(标么值), 2—直流电流指令值(标么值)
3—整流站 VDCOL 功能直流电压上限(标么值)
4—逆变站 VDCOL 功能直流电压上限(标么值)

图 1 高压直流系统连续换相失败

Fig.1 HVDC continuous commutation failures

VDCOL 功能会降低电流指令;在交/直流故障切除后,随着直流电压的上升提升直流电流,为快速、可控的再启动创造条件;在连续换相失败时避免阀过电压。

直流接入弱受端系统时,由于在交流故障清除后直流恢复过程中,在 VDCOL 功能控制下,直流电流只由直流电压的上升决定,没有考虑到快速提升功率对交流电压的影响,直流功率上升过快,反过来影响交流电压的恢复状态,交流电压出现下降和畸变,导致了连续换相失败。应对 VDCOL 功能和参数进行相应优化,使 VDCOL 功能能综合反映交流电压的状态,以此为条件调整直流系统的恢复,避免后续换相失败的发生。但若仍采用一套固定的 VDCOL 功能参数,虽能在一定情况下抑制后续换相失败的发生,但有可能会影响稳态运行工况,故响应交流电压实际状态的 VDCOL 功能参数调整应是实时和在线的。

2 VDCOL 功能优化方法

2.1 优化原理与方法

电流指令最终输出值由 VDCOL 功能确定,而其中直流电压的上限决定了电流指令的上限值。电压上限太高,实际电压稍微下降就会造成电流指令的下降;电压上限太低,在故障后电压恢复过程中电流上升会很快,对系统的冲击较大。目前在运直流工程 VDCOL 功能一般采用的电压范围为:整流站[0.1,0.7] p.u.,逆变站[0.15,0.8] p.u.。2 个站电流指令能始终保留 0.1 p.u. 的差值,实现电流裕度控制。

对于受端电网较强的交流系统,这套参数具有普遍适用性,但是当受端电网很弱时,直流系统故障后快速恢复过程中,对交流系统造成较大的冲击,有可能引起受端电网电压畸变甚至发生换相失败,对交直流系统的稳定运行造成严重影响。根据受端电网的强度以及故障状态,考虑对 VDCOL 功能的电压上限值进行在线优化,从而达到控制直流电流指令的目的,有可能避免换相失败的发生。

优化的目标参数分别为整流站和逆变站 VDCOL

功能的电压上限值 U_{REC} 和 U_{INV} 。优化方法如下。

a. 在正常运行状态下直流电压限值仍然为整流站[0.1,0.7] p.u.、逆变站[0.15,0.8] p.u.,根据直流电流的下限、上限标么值[0.345,1.0] p.u. 及直流电压限值,得到整流站、逆变站正常运行时直流电压和电流的表达式分别如式(1)、(2)所示。

$$I = 1.092 U + 0.2358 \quad (1)$$

$$I = 1.0077 U + 0.1938 \quad (2)$$

b. 故障后根据受端交流电压变化情况,判断是否启动参数优化程序。

根据目前在运直流工程实际控制系统的程序,引入 $U_{AC_MIN_HOLD}$,为换流变压器星形和三角形绕组的网侧线电压绝对值最大值的下包络线。当该值变化率超过限值后,判定信号 $S_{AC_DIP_ON}$ 变为 1,启动 VDCOL 功能参数优化程序。 $S_{AC_DIP_ON}$ 判定逻辑见图 2。图中, u_a, u_b, u_c 为换流母线三相相电压。通过计算得到 $U_{AC_MIN_HOLD}$,与其经过一个固定时间常数的滤波环节得到的结果相除,得到 $U_{AC_MIN_HOLD}$ 暂态变化率,低于限值后 $S_{AC_DIP_ON}$ 变为 1,启动 VDCOL 功能参数优化程序。

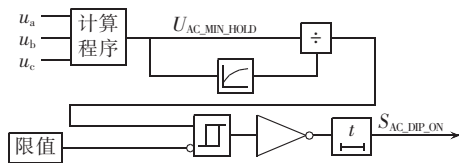


图 2 优化程序启动逻辑

Fig.2 Enable logic of optimization method

c. 引入逆变侧交流电压、直流电流指令值、实际直流电流、系统有效短路比 K_{ESCR} 4 个变量作为计算变量,计算逆变站 VDCOL 直流电压上限优化值 U'_{INV} 。其中, $U_{AC_MIN_HOLD}$ 与 U'_{INV} 为反比关系,直流电流指令值和实际直流电流的差值与 U'_{INV} 为正比关系, K_{ESCR} 与 U'_{INV} 为反比关系,得到 U'_{INV} 的计算式如下:

$$U'_{INV} = U_{INV} \left[1 + k (I_{ref} - I_d) \frac{1 - U_{min}}{K_{ESCR}} \right] \quad (3)$$

其中, $U_{INV} = 0.8$ p.u.; I_{ref} 为直流电流指令值; I_d 为实际直流电流; U_{min} 为 $U_{AC_MIN_HOLD}$; k 为可调整的比例系数。

d. 通过 U'_{INV} 以等斜率比例原理计算得到整流站 VDCOL 功能的直流电压上限优化值 U'_{REC} 。在得到优化后的逆变侧电压-电流曲线后,依照斜率等比例原则,计算优化后整流侧电压-电流曲线斜率。斜率等比例计算式为:

$$\frac{1.092}{1.0077} = \frac{(1 - 0.345) / (U'_{REC} - 0.1)}{(1 - 0.345) / (U'_{INV} - 0.15)} \quad (4)$$

则优化后整流侧电压-电流曲线斜率 k'_{REC} 为:

$$k'_{REC} = \frac{1 - 0.345}{U'_{INV} - 0.15} \times \frac{1.092}{1.0077} \approx \frac{0.71}{U'_{INV} - 0.15} \quad (5)$$

令优化后整流侧电压-电流曲线数学式为:

$$I=k'_{\text{REC}}U+a \quad (6)$$

式(6)中 a 为待求常数,根据优化后整流侧电压-电流曲线存在点(0.1,0.345),代入式(6)得到:

$$a=0.345-0.1k'_{\text{REC}} \quad (7)$$

根据式(4)得到 U'_{REC} 和 U'_{INV} 的关系式为:

$$U'_{\text{REC}}=\frac{U'_{\text{INV}}-0.15}{1.084}+0.1 \quad (8)$$

e. 计算得出整流侧和逆变侧的电压-电流曲线表达式。

根据式(5)~(7)最终得到整流侧电压-电流曲线表达式为:

$$I=\frac{0.71}{U'_{\text{INV}}-0.15}U+\left(0.345-\frac{0.071}{U'_{\text{INV}}-0.15}\right) \quad (9)$$

令优化后逆变侧电压-电流曲线表达式为:

$$I=k'_{\text{INV}}U+b \quad (10)$$

式(10)中 b 为待求常数,根据优化后整流侧电压-电流曲线存在点(0.15,0.345),代入式(10)得到:

$$b=0.345-\frac{0.098}{U'_{\text{INV}}-0.15} \quad (11)$$

将式(11)代入式(10)得到逆变侧电压-电流曲线表达式:

$$I=\frac{0.655}{U'_{\text{INV}}-0.15}U+\left(0.345-\frac{0.098}{U'_{\text{INV}}-0.15}\right) \quad (12)$$

f. 式(9)和式(12)分别为整流侧和逆变侧电压-电流曲线表达式,根据测量的实际直流电压,即可在线计算得出直流电流限值,实现系统恢复过程中对直流电流的在线有效控制。

最终实现的 VDCOL 功能优化电压-电流特性曲线如图 3 所示。其中曲线 1、2 分别为优化前整流站和逆变站 VDCOL 功能电压-电流特性曲线,曲线 3、4 分别为优化后整流站和逆变站 VDCOL 功能电压-电流特性曲线。

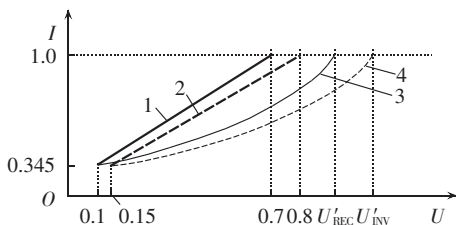
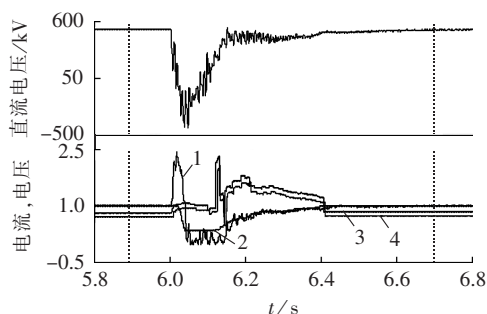


图 3 优化的 VDCOL 电压-电流特性曲线
Fig.3 Optimized VDCOL characteristic curves

2.2 仿真验证

采用优化算法后,再次进行相同工况下的仿真计算:双极输送功率 3000 MW,6 s 时逆变站交流系统发生单相瞬时接地故障,仿真结果见图 4。可见,在线计算得出的 2 个站 VDCOL 功能直流电压上限值,在故障后恢复过程中不断实时调整,主动抑制直流电流上升速度,从而使直流系统适应交流电压恢复状态,能有效避免受端弱交流系统情况下故障

恢复过程中换相失败的发生,提高了交/直流系统的运行稳定性。



1—直流电流(标么值), 2—直流电流指令值(标么值)
3—整流站 VDCOL 功能直流电压上限(标么值)
4—逆变站 VDCOL 功能直流电压上限(标么值)

图 4 优化后仿真波形

Fig.4 Simulative waveforms after optimization

3 调节器配合与分接头控制

目前国家电网公司在运直流输电工程逆变站普遍处于定关断角控制模式。稳态情况下,逆变侧运行于定关断角状态,关断角 γ 一般为 17° ;暂态情况下,直流电流指令不变,直流电流因扰动而变大时,定关断角控制将减小超前触发角 β 使得逆变侧电压增大,直流电流变小,从而回到稳态工作点;反之,直流电流因扰动变小时,定关断角控制将增大 β 使得逆变侧电压减小,直流电流增大。由于存在电流裕度,逆变侧的闭环电流调节器将增大其触发角直至被允许的最大值,而让逆变站运行于恒定触发角的最简单的方法是设定电流调节器的最大输出限制为定关断角调节器的触发角。

直流输电系统逆变站运行在定关断角控制具有较好的经济性,其无功消耗较低。但是对于直流接入弱受端系统的情况,换流母线电压相对敏感,当发生逆变侧交流系统的扰动时,由于关断角相对较小,阀换相后的关断裕度小,发生换相失败概率增大。

图 5 为直流控制系统中电流调节器、电压调节器和定关断角调节器之间的主要配合逻辑图。图中, S_{INVERTER} 表示逆变站有效信号,对于逆变站,图中的选择器会选择上通道; $\alpha_{\text{AMAX_ORD}}$ 为定关断角调节器输出的触发角指令; $\alpha_{\text{VCA_ORD}}$ 为电压调节器输出的触发角指令; α_{ORD} 为最终输出的触发角指令。对于逆变站,由于电压调节器的指令值始终存在一个 offset 值,使

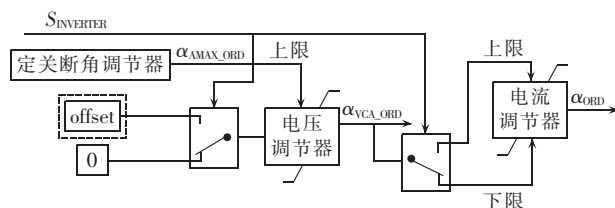


图 5 调节器配合控制原理

Fig.5 Principle of regulator coordination control

电压调节器的输出 α_{VCA_ORD} 被定关断角调节器限制, 实际输出值为 α_{AMAX_ORD} , 而由于电流裕度的存在, 导致逆变站最终输出的 α_{ORD} 仍为 α_{AMAX_ORD} , 从而使逆变站始终处于定关断角控制。

对于直流入弱受端系统, 需提高直流系统自身对扰动的抵御能力, 若逆变站能运行在定直流电压控制, 关断角在稳态运行时处于一个相对较大值, 对于暂态扰动就能获得更大的关断裕度, 可在一定程度上减小换相失败发生的概率。使逆变站运行在定直流电压控制需对控制系统进行两方面的优化。

a. 取消逆变站定电压调节器的 offset 值, 如图 5 中虚线框所示, 使电压调节器的输出上限不再被定关断角调节器限制, 而只与实际直流电压相关。

b. 更改逆变站分接头控制模式, 分接头由定直流电压控制变为定关断角控制, 并适当增大分接头定关断角控制的指令值, 分接头会自动上调以增大关断角直至达到指令值附近。在仿真研究中暂时设为 23° , 同时考虑死区值为 2° 。

以本文建立的仿真系统为对象, 研究优化调节器配合和分接头控制之后, 逆变站处于定直流电压控制对换相失败的抵御能力。仿真条件为: 直流系统双极功率控制, 输送功率 3 000 MW, 故障扰动类型为逆变侧交流系统 a 相瞬时接地故障, 持续时间 80 ms。经过模拟不同故障距离的大量仿真扫描计算, 逆变站处于定直流电压控制, 能在一定程度上减少远端故障引起换相失败的概率。图 6 为其中一种情况在优化前后的仿真结果对比。图中 u_a 、 u_b 、 u_c 为逆变站换流母线相电压, i_{1YY} 、 i_{2YY} 分别为极 1YY 阀侧电流、极 2YY 阀侧电流 (实线为定关断角控制, 虚线为定直流电压控制)。逆变侧在定关断角控制模式下, 换相失败发生前 1 阀正在与 3 阀进行正常换相, 由于 a 相电压故障跌落导致线电压 u_{ab} 过零点提前, 1 阀上承受反向电压时间变短, 没有恢复阻断, 在 u_{ab} 为正值后, 1 阀重新导通, 在 4 阀正常触发之后, 与 1

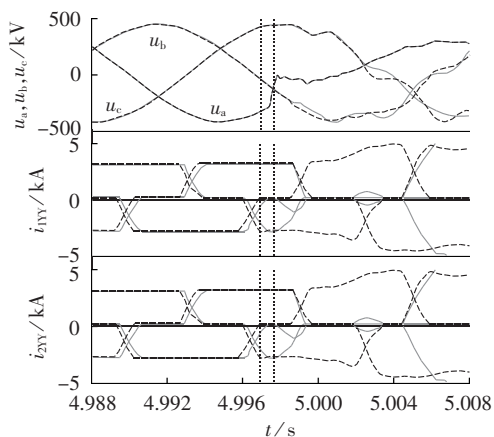


图 6 逆变侧单相瞬时故障仿真结果

Fig.6 Simulative results of single-phase fault at inverter side

阀形成旁通, 发生换相失败; 逆变侧在定直流电压控制模式下, 电压波形畸变后虽然 1 阀上的换相电压过零点提前, 由于定电压控制下关断角较大, 触发角较小, 1 阀能够恢复反向阻断状态, 避免了换相失败的发生。

以上结果表明, 优化逆变站电压调节器参数, 将分接头控制模式由定关断角控制调整为定直流电压控制, 使逆变站进入电压控制, 适当增大关断角, 虽然稍微增加了直流系统无功消耗, 并需要换流变分接头存在上调空间, 但能在一定程度上避免换相失败发生, 提高了直流系统对交流故障扰动的抵御能力。

4 结论

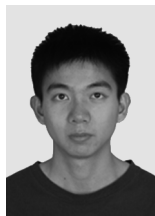
本文针对直流入弱受端系统条件, 在极控系统相关控制环节和参数的适应性以及提高直流抵御换相失败能力方面, 提出了以直流电流指令值、实际直流电流、有效短路比、换相电压畸变参数作为输入变量, 在线计算 VDCOL 功能直流电压上限值, 使直流的恢复速度能适应交流系统的恢复状态, 有效避免故障恢复过程中连续换相失败的发生; 通过优化调节器配合策略以及分接头控制, 使逆变站运行于定直流电压控制, 以获取更多的关断角裕度, 能降低逆变侧远端交流故障引起换相失败的概率。通过仿真研究, 验证了本文提出的优化控制方法和参数的可行性及有效性, 下一步将利用接入实际直流控制保护装置的数模混合实时仿真系统, 进行实际工程化应用研究。

参考文献:

- [1] 赵畹君. 高压直流输电工程技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004: 97-121.
- [2] 李兴源. 高压直流输电运行及控制[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 87-105.
- [3] KUNDUR P. 电力系统稳定与控制[M]. 周孝信, 宋永华, 李兴源, 等, 译. 北京: 中国电力出版社, 2002: 332-347.
- [4] 曾南超. 高压直流输电在我国电网发展中的作用[J]. 高电压技术, 2004, 30(11): 11-12.
- [5] ZENG Nanchao. Role of HVDC transmission in the power system development in China[J]. High Voltage Engineering, 2004, 30(11): 11-12.
- [6] 齐旭, 曾德文, 史大军, 等. 特高压直流输电对系统安全稳定影响研究[J]. 电网技术, 2006, 30(2): 1-6.
- [7] QI Xu, ZENG Dewen, SHI Dajun, et al. Study on impacts of UHVDC transmission on power system stability[J]. Power System Technology, 2006, 30(2): 1-6.
- [8] 袁阳, 卫志农, 雷霄, 等. 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.
- [9] YUAN Yang, WEI Zhinong, LEI Xiao, et al. Survey of commutation failures in DC transmission systems[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(1): 140-147.
- [10] 陈水明, 余占清, 黄璐璐, 等. 互联系统电磁暂态交互作用研究 IV: 直流侧对交流侧的影响[J]. 高电压技术, 2011, 37(5): 1082-1092.

- CHEN Shuiming, YU Zhanqing, HUANG Lulu, et al. Transient interaction of HVAC and HVDC in converter station in HVDC IV: effects of DC side on AC side[J]. High Voltage Engineering, 2011, 37(5): 1082-1092.
- [8] 郑超, 盛灿辉, 林俊杰, 等. 特高压直流输电系统动态响应受端交流电网故障恢复特性的影响[J]. 高电压技术, 2013, 39(3): 555-561.
- ZHENG Chao, SHENG Canhui, LIN Junjie, et al. Influence of UHVDC transmission system dynamic response on AC receiving end's failure recovery characteristics[J]. High Voltage Engineering, 2013, 39(3): 555-561.
- [9] 刘明松, 张文朝, 周虎. 弱受端系统直流再启动方案[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(17): 130-135.
- LIU Mingsong, ZHANG Wenchao, GUO Hu. DC line fault recovery schemes of weak receiving systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(17): 130-135.
- [10] 李丹, 倪俊强, 赵成勇, 等. 极弱受端交流系统情况下利用 STATCOM 启动 LCC-HVDC 系统研究[J]. 华北电力大学学报, 2014, 14(2): 1-5.
- LI Dan, NI Junqiang, ZHAO Chengyong, et al. LCC-HVDC system start-up by STATCOM with a very weak receiving AC system[J]. Journal of North China Electric Power University, 2014, 14(2): 1-5.
- [11] 徐箭, 张华坤, 孙涛, 等. 多馈入直流系统的特高压直流接入方式优选方法[J]. 电力自动化设备, 2015, 35(6): 58-63.
- XU Jian, ZHANG Huakun, SUN Tao, et al. Optimal selection of UHVDC connection mode to multi-infeed HVDC system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2015, 35(6): 58-63.
- [12] 李新年, 李涛, 吕鹏飞, 等. 向家坝至上海特高压直流输电工程换流器的投退策略分析[J]. 高电压技术, 2011, 37(5): 1232-1238.
- LI Xinnian, LI Tao, LÜ Pengfei, et al. Analysis on the strategy of converter entry/exit for Xiangjiaba to Shanghai UHVDC project[J]. High Voltage Engineering, 2011, 37(5): 1232-1238.
- [13] 郑传材, 黄立滨, 管霖, 等. ± 800 kV 特高压直流换相失败的 RTDS 仿真及后续控制保护特性研究[J]. 电网技术, 2011, 35(4): 14-20.
- ZHENG Chuancai, HUANG Libin, GUAN Lin, et al. RTDS based simulation of commutation failure in ± 800 kV DC power transmission and research on characteristics of subsequent control and protection[J]. Power System Technology, 2011, 35(4): 14-20.
- [14] 郭利娜, 刘天琪, 李兴源, 等. 抑制多馈入直流输电系统后续换相失败措施研究[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(11): 95-99.
- GUO Lina, LIU Tianqi, LI Xingyuan, et al. Measures inhibiting follow-up commutation failures in multi-infeed HVDC system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2013, 33(11): 95-99.
- [15] 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 systems controller[J]. High Voltage Engineering, 2008, 34(6): 1110-1114.
- [16] 雷霄, 许自强, 王华伟, 等. ± 800 kV 特高压直流输电工程实际控制保护系统仿真建模方法与应用[J]. 电网技术, 2013, 37(5): 1359-1364.
- LEI Xiao, XU Ziqiang, WANG Huawei, et al. Simulation modeling method and application of ± 800 kV UHVDC control and protection system[J]. Power System Technology, 2013, 37(5): 1359-1364.
- [17] 郑晓冬, 邵能灵, 杨光亮, 等. 特高压直流输电系统的建模与仿真[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(7): 10-14.
- ZHENG Xiaodong, TAI Nengling, YANG Guangliang, et al. Modeling and simulation of UHVDC system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(7): 10-14.

作者简介:



雷霄(1985—),男,土家族,湖南常德人,高级工程师,硕士,主要从事直流输电技术研究与大电网仿真分析工作(E-mail: leixiao@epri.sgcc.com.cn)。

Optimization methods of pole control system for large-capacity HVDC accessing to weak receiving system

LEI Xiao¹, SUN Xu¹, LI Xinnian¹, PANG Guangheng¹, WANG Huawei¹, RUAN Siye², LIU Lin¹

(1. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China;

2. National Electric Power Dispatching and Control Center, Beijing 100031, China)

Abstract: In the case of large-capacity HVDC accessing to weak receiving system, since the converter bus voltage is relatively sensitive, fault disturbance may easily induce commutation failure, even continuous commutation failures. Aiming at the possible continuous commutation failures during the fault recovery process of weak receiving system, a method to on-line calculate the upper DC voltage limit of VDCOL function according to the key variables of AC and DC systems is put forward, which adapts the recovery speed of DC system to the recovery state of AC system to avoid the continuous commutation failures. The optimization methods for the regulator coordination and tap changer control of inverter station are also put forward, which makes the inverter station operating in the constant DC voltage control mode to reduce the probability of commutation failure caused by distal fault. A simulation model of HVDC pole control system in accordance with actual system is built and the simulative results show that, the proposed optimization methods are feasible and effective in meeting the requirement of weak receiving system against the commutation failure and improving the operating stability of AC/DC system.

Key words: HVDC power transmission; weak receiving system; pole control system; VDCOL function; commutation failure