

DOI:10.12158/j.2096-3203.2020.05.013

特高压直流分层接入方式下阀组在线投入策略研究

谷相宏, 邓凯, 施琳, 何茂慧, 冯轩, 李威

(国网江苏省电力有限公司检修分公司, 江苏 南京 211102)

摘要:目前,受端分层接入技术在特高压直流工程中得到广泛运用。受分层接入影响,高低端无功分层控制、核心控制器下放至阀组层。如何优化阀组投入方式,使其成熟运用于分层接入工程中亟待研究。文中详细介绍了分层接入方式下阀组在线投入控制策略,着重指出在线投入过程中控制器切换与触发角变化的关系;通过与常规特高压直流比较,指出分层接入方式下阀组在线投入策略的新特点;通过实际建模以及试验支撑,提出阀组在线投入成功的关键步骤。现场试验结果表明,文中所提的控制策略适用于现有的特高压分层接入直流工程,分层接入变电站在合理的时间区间内拉开阀组旁通开关可以确保阀组可靠投入。

关键词:特高压直流;分层接入;阀组投入;控制策略;旁通开关

中图分类号:TM721

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2020)05-0092-07

0 引言

特高压直流输电工程是我国西部地区火电、风电、太阳能等能源向东部地区输送的重要通道,对实现国家能源优化配置、区域电网互联具有重要意义^[1-2]。 ± 800 kV 锡泰直流工程是国内首个分层接入的直流工程,额定输送功率为 10 000 MW,额定电流为 6 250 A,单极双十二脉动换流器串联,采用分层接入方式,在受端泰州高低端阀组分别接入华东 500 kV 和 1 000 kV 电网^[3]。受端分层接入技术可实现直流输送功率优化,提高受端交流电压网架支撑能力,引导潮流合理分布,在近年来新建的多条直流工程中得到应用,如 ± 800 kV 上海庙—山东工程、 ± 800 kV 扎鲁特—青州工程、 $\pm 1 100$ kV 昌吉—古泉工程等^[4-8]。

阀组在线投退可以灵活改变直流输电系统运行方式,广泛应用于直流输电工程中,其主流方法是通过零功率解锁和小触发角解锁方式实现投退控制^[9]。随着直流输电技术的发展以及控制保护技术研究的深入,阀组在线投退策略也得到了优化。文献[10]在单阀组投入时提出了固定角解锁的方法,在解除触发角限制后串入限速模块和限幅模块可以显著改善投入过程中直流运行参数动态响应特性;文献[11]介绍了阀组在线投入对直流功率的影响以及对交流电网的冲击,提出在有通信工况下在线投入第二阀组可以减小对交流电网冲击;

文献[12]介绍了整流侧在线投入过程中先解锁的必要性,且整流侧通过利用电压电流平衡控制功能可实现第二阀组的可靠运行;文献[13]通过分析换流器在线投退试验结果,对整流、逆变站控保时序进行优化,并针对站间通信故障这一特殊工况提出安全可靠的操作顺序及控制策略;文献[14]详细分析了阀组投入失败与交流系统短路电流、母线电压密切相关。

分层接入工程由于在受端分别接入不同电压等级的电网,且控制系统核心控制器从极层下放至阀组层,同常规直流相比,在电流电压控制、无功控制中存在较大差异,造成阀组在线投退策略也存在明显不同。在分层接入工程中,若受端同层无阀组在运,在线投入第二阀组时,等同于极解锁,需新投入绝对最小滤波器,实现对直流侧的无功支撑。常规直流由于高低端阀组交流侧属于同一电压等级电网,不存在此种情况^[15-17]。目前,国内外文献对于分层接入直流工程的阀组在线投入策略及时序配合鲜有涉及。对此,文中结合锡泰直流工程,详细介绍分层接入方式下阀组在线投入的控制策略,并论述了阀组在线投入成功的关键步骤,最后现场试验论证了理论的可靠性。

1 分层接入方式下控制器架构

目前,特高压直流控制方式主要有 2 种:单极双阀组共同控制和单极双阀组分别控制。单极双阀组共同控制以单极电压建立为控制目标,适用于常规直流工程。单极双阀组分别控制以单阀组电压为控制目标,通过电压平衡控制产生电流参考值叠加量来保持两阀组电压的相对平衡,适用于受端分

收稿日期:2020-03-03;修回日期:2020-04-15

基金项目:国家电网有限公司科技项目“特高压直流控制保护系统现场测试及运维优化关键技术研究与应用”(5210EF180013)

层接入的直流工程。锡泰直流工程采用单极双阀组分别控制的方式,以单阀组电压为基本控制目标,比例积分(PI)控制器下放至阀组层,与阀组投退有关的启动控制器(start control amplifier, SCA)和电流控制器(current control amplifier, CCA)控制在阀组层实现。

考虑到在线投入过程中本极已有单换流器在运行,因此在阀组投入过程中设置了2个控制器,即SCA和CCA,确保投入新阀组过程中减少功率波动。控制系统层次结构如图1所示,对于常规特高压直流而言,由于PI控制器控制目标是单极电压,所以CCA配置在极控制层。对于分层接入系统而言,由于PI控制器控制的是单阀组电压,所以CCA配置在阀组控制层,SCA配置在阀组层。

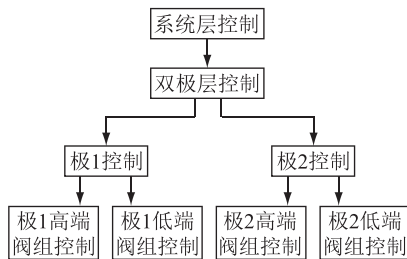


图1 控制系统层次结构

Fig.1 The structure of DC control system

SCA主要是控制新投入阀组旁通开关(bypass switch, BPS)分位信号返回前的触发角。SCA控制逻辑如图2所示,SCA利用直流电流 I_{DNC} 与新投入阀组高端出口电流 I_{DCH} 作差,实时积分输出触发角。SCA使能信号是解锁第二阀组指令,也就是说SCA仅在在线解锁第二阀组时有效。

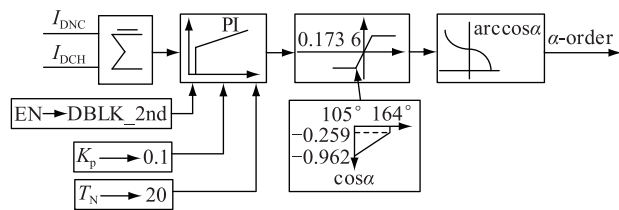


图2 SCA控制器逻辑

Fig.2 The logic of SCA controller

图2中, I_{DNC} 为直流电流; I_{DCH} 为高端阀组出口电流;EN为PI积分器使能端;DBLK_2nd为解锁第二阀组命令; K_p 为积分常数; T_N 为积分时间; α 为整流站触发角; α -order为释放触发角命令。

CCA主要是控制直流稳态运行时的触发角。整流侧通过对直流电流参考值与实际值、直流电压参考值与实际值分别作差,选择最小值作为PI控制器的误差输入。而逆变侧则是对直流电压实际值与参考值、直流电流参考值与实际值作差,选择最

大值作为PI控制器的输入量,实时积分,输出触发角。

2 分层接入方式下阀组在线投入控制策略

2.1 基本策略介绍

阀组在线投入指的是本极已经有一阀组在运行,需要将本极的另一阀组投入运行。对于现有的特高压直流系统,阀组在线投入过程中,整流侧先于逆变侧进行,整流站在线投入过程如图3所示,具体步骤及时序如下。

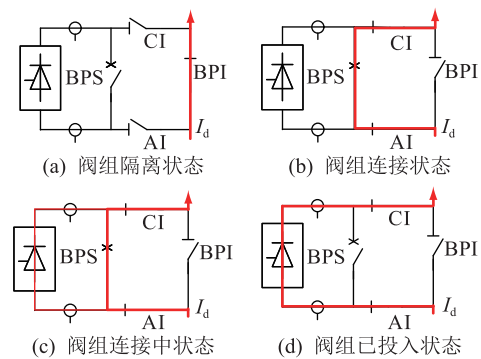


图3 整流站在线投入过程

Fig.3 The on-line input process of the rectifier station

(1) 整流站初始状态如图3(a)所示,旁通刀闸(bypass isolator, BPI)闭合,BPS分开,直流电流均从BPI流过。整流站需要进行阀组连接操作,如图3(b)所示,BPS、阳极刀闸(anode isolator, AI)、阴极刀闸(cathode isolator, CI)闭合,BPI分开。此后整流站下发解锁单阀组指令。

(2) 控制系统判断本站BPS在合位后延时300ms释放触发脉冲开始移相,此时阀与BPS相当于并联状态,如图3(c)所示。阀组触发角由SCA进行控制,移相分为快速移相和慢速移相2个状态,快速移相延时固定为30ms。

(3) 进入慢速移相状态后,整流站开始寻找拉开BPS的合适区间,阀组控制系统通过检测BPS上的开关电流进行控制,当其小于75A,同时判断阀组解锁、解锁第二阀组命令均存在,整流站直接下发分开BPS指令,进入图3(d)状态,直流电流全部转移到阀组中。

(4) BPS分位信号返回时间约为50ms,当整流站BPS分位信号返回后,整流站触发角保持。

(5) 经400ms延时后,在线投入第二阀组信号复归,阀组触发角由CCA控制,整流站触发角向稳态运行角移动。

逆变站在线投入步骤与整流站类似,如图4所

示,其控制系统时序如下。

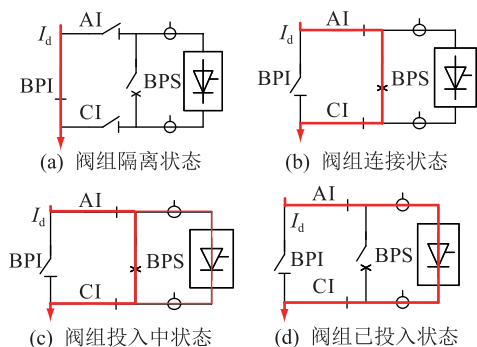


图 4 逆变站在线投入过程

Fig.4 The on-line input process of the inverter station

(1) 以整流站下发在线投入第二阀组信号为计时起点,逆变站经 330 ms 延时,收到对站脉冲使能信号;

(2) 再经 300 ms 开始移相,此时触发角开始由 SCA 控制;

(3) 在约 1 100 ms 时下发拉开 BPS 指令;

(4) 逆变站收到 BPS 分位信号后,触发角保持;

(5) 经一定延时后,逆变站复归在线解锁第二阀组指令,触发角由阀组控制层的 CCA 控制,向 160°移动。

2.2 分层接入方式下在线投入策略的新特点

分层接入方式下在线投入阀组控制时序如图 5 所示,某常规特高压直流在线投入阀组控制时序如图 6 所示。相较于常规单层接入方式下特高压直流而言,分层接入系统在线投入过程主要有以下特点。

(1) 分层接入系统中,整流站、逆变站释放在线投入第二阀组命令间隔较长。对于常规直流来说,两者时间间隔仅为站间通信延时,约为 30 ms,如图 7 所示。而对于分层接入系统而言,由于在线投入的新阀组属于不同层阀组,其在线投入过程中需要对直流侧提供无功支撑,需新投入绝对最小滤波器,两者时间间隔不仅包括站间通信延时,还包括逆变侧投入绝对最小滤波器所需的 300 ms 延时,共计约 330 ms,如图 8 所示。

(2) 分层接入系统中,当整流站 BPS 分位信号返回后,SCA 切换至 CCA 延时较长,常规直流为 200 ms,分层接入系统为 400 ms,目的是为逆变站 BPS 寻找合理的电流断开点。

(3) 基于上述 2 点,分层接入系统在线投入阀组过程较常规直流延长 500~700 ms。

2.3 阀组在线投入成功的关键步骤

阀组在线投入过程中,直流电流与整流站触发

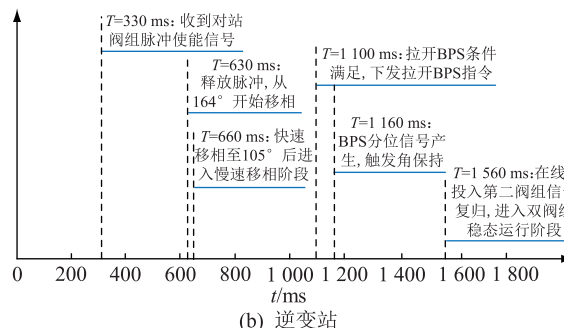
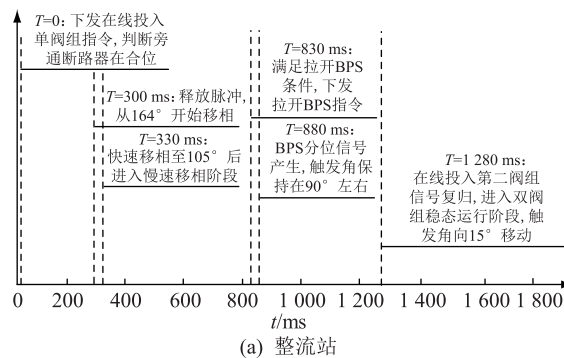


图 5 分层接入系统控制系统时序

Fig.5 Control system timing of hierarchical access system

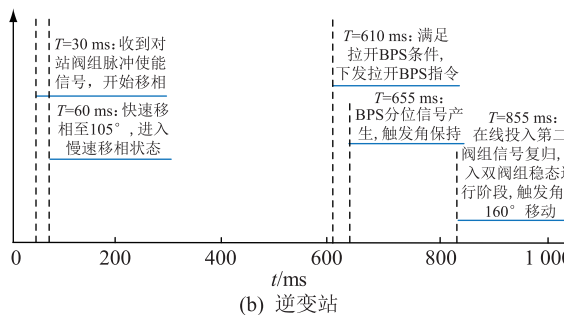
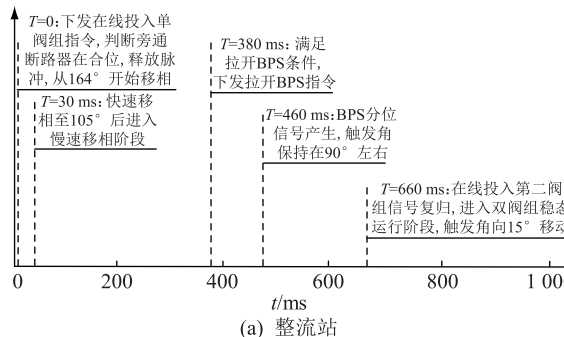


图 6 常规直流控制系统时序

Fig.6 Sequence of conventional DC control system

角、逆变站关断角之间存在相互关系,若整流站、逆变站拉角度过程中时序配合不当,极易出现阀组在线投入失败。由文献[18]可知,在单极运行方式下直流电流平均值 I_d 计算公式为:

$$I_d = \frac{U_{d1} - U_{d2}}{R} \quad (1)$$

其中,整流侧对地直流电压 U_{d1} 为:

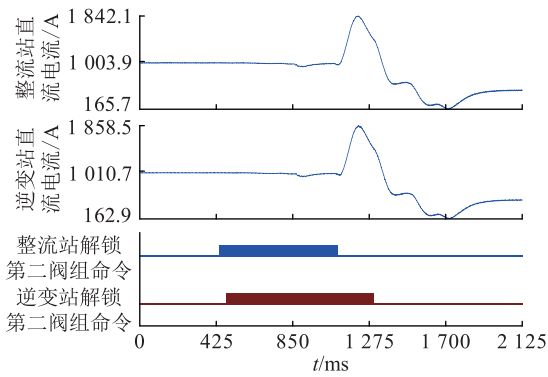


图7 常规直流在线解锁第二阀组脉冲时序

Fig.7 Pulse timing sequence of conventional DC online unlocking the second valve set

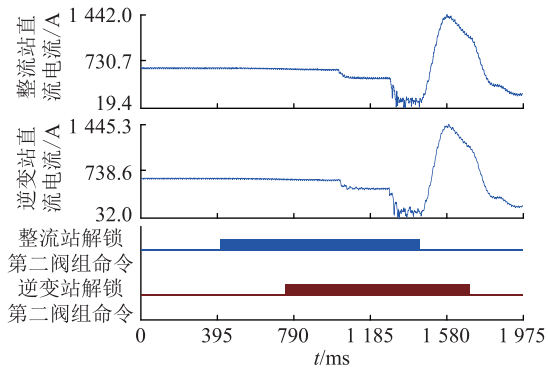


图8 分层接入工程在线解锁第二阀组脉冲时序

Fig.8 Pulse timing sequence of online unlocking the second valve set in the hierarchical access project

$$U_{d1} = N_1 \left(1.35U_1 \cos\alpha - \frac{3}{\pi} X_{r1} I_d \right) \quad (2)$$

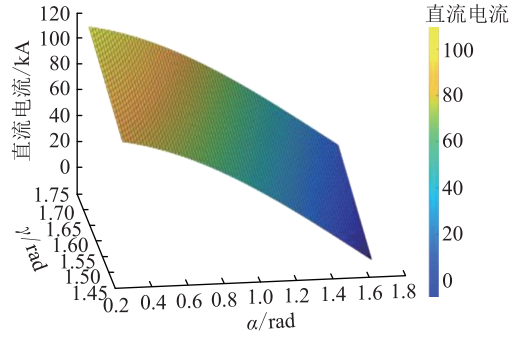
逆变侧对地直流电压 U_{d2} 为:

$$U_{d2} = N_2 \left(1.35U_2 \cos\gamma - \frac{3}{\pi} X_{r2} I_d \right) \quad (3)$$

式中: R 为线路阻抗; N_1, N_2 分别为整流站和逆变站 6 脉动换流器数; U_1, U_2 分别为整流站和逆变站换流变压器阀侧空载电压有效值; X_{r1}, X_{r2} 分别为整流站和逆变站每相的换相电抗; γ 为逆变站关断角。

根据式(1)一式(3)以及锡泰工程阀组投入时实际工况,直流电流 α 和 γ 变化的 Matlab 仿真波形如图 9 所示。由图 9 可知,当 γ 在 1.48 rad 左右时,随着 α 由 1.62 rad 至 0.26 rad 移动,直流电流急剧增加,若逆变站未能选择在合适的时间区间内拉开 BPS,在拉弧过程中会造成 BPS 上电流出现振荡,从而造成拉弧失败。

在线投入过程中,整流侧先于逆变侧进行,整流站 BPS 拉开时,由于直流电流较小,一般不会造成直流电流振荡^[19]。而逆变站拉开 BPS 时,如果整流站的触发角未在合理区间,极易造成直流电流

图9 直流电流随 α 和 γ 变化趋势Fig.9 DC current changing with α and γ

振荡,从而导致保护动作。因此,逆变站拉开 BPS 时间区间是否合理是阀组在线投入能否成功的关键步骤。具体来说,对于分层接入逆变站,既要保证绝对最小滤波器的可靠投入,也要保证在合理的电流区间拉开本站 BPS,最为适宜的 BPS 断流点应在整流站触发角等待时间内。

3 试验验证

根据前文所述,逆变站拉开 BPS 合理区间应在整流站触发角等待时间内,即在整流站 BPS 分位信号返回后,在线解锁第二阀组信号复归前。因为投入绝对最小滤波器组需要 300 ms 的延时,延长了整流、逆变侧释放脉冲的时间间隔,结合图 5 时序,分层接入逆变站拉开 BPS 应在整流站 BPS 分位信号返回后,以下着重论述分层接入逆变站拉开 BPS 时序与整流站在线解锁第二阀组信号复归的相关性。

整流站在线解锁第二阀组信号复归主要与控制系统的触发角的等待延时相关。当整流站收到 BPS 分位信号后,触发角保持,经过一定延时后,在线投入第二阀组信号复归,触发角控制器由 SCA 切换至 CCA。

案例 1 为分层接入系统采用常规直流触发角等待时间(200 ms)进行的阀组在线投入操作,其控制系统时序如图 10 所示。结合图 5,在线投入阀组时,整流站收到解锁单阀组指令,判断旁通断路器在合位后延时 300 ms 释放触发脉冲,此时进入快速移相状态。经过约 30 ms,触发角由 164° 移至 105° 。阀控系统实时监测 BPS 开关电流值,经过约 500 ms 后,电流判据满足,下发拉开 BPS 指令。BPS 状态返回时间约为 50 ms,约 880 ms 时阀控系统收到 BPS 返回的分位信号。此时为了给逆变站 BPS 创造合适的拉开时间,整流站在收到 BPS 分位信号后,案例 1 中按照常规直流触发角保持 200 ms。在约 1 080 ms 时,SCA 切换至 CCA,整流站触发角向 15° 移动。

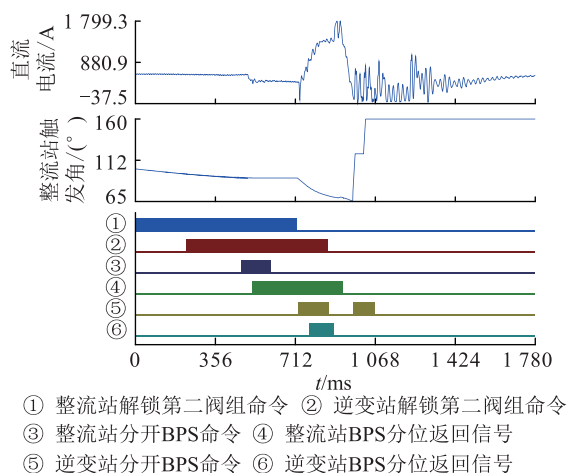


图 10 案例 1 控制系统时序
Fig.10 Control system timing in case 1

逆变器发出解锁第二阀组命令后进行移相,当电流判据满足后,发出拉开 BPS 指令,如图 11 所示,此时整流站触发角已向 15° 移动,直流电流进入快速建立阶段。显然,此时拉开 BPS 的时间区间并不合适。随着整流站触发角减小,直流电流逐渐增大,此时逆变器拉开 BPS,在拉弧过程中 BPS 电流出现剧烈振荡,旁通开关保护动作,在线投入阀组失败。

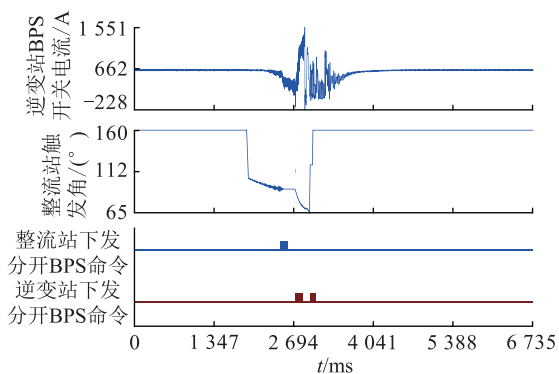


图 11 整流站触发角变化以及逆变器拉开 BPS 命令波形
Fig.11 Waveforms of the rectifier station triggering angle changing and the inverter station issuing a separate BPS command

案例 1 在线投入阀组失败的原因在于逆变器拉开 BPS 的时间区间迟于整流站在线解锁第二阀组信号复归时间,造成逆变器 BPS 拉弧过程中直流电流迅速增大,导致阀组在线投入失败。为了使逆变器拉开 BPS 在整流站在线投入锁第二阀组信号复归前,案例 2 中采取了延长整流站触发角等待时间的方式,将等待延时设置为 400 ms。

结合时序图 5 及试验波形图 12,以整流站开始下发在线解锁第二阀组命令为计时起点,此时经 300 ms 延时后在线投入第二阀组命令有效,整流站

在 880 ms 时收到 BPS 返回信号,此时触发角处于保持状态,延时 400 ms 后,在 1 280 ms 时在线解锁第二阀组命令复归,整流站进入快速移相状态。在此区间内,约 1 100 ms 时逆变器下发拉开 BPS 命令,约 50 ms 后 BPS 分位信号返回,开关成功断弧。逆变器拉开 BPS 时,整流站触发角处于保持状态,约为 91.9° ,拉弧过程中电流最大瞬时值约为 380 A,远低于保护定值,在线投入阀组成功。

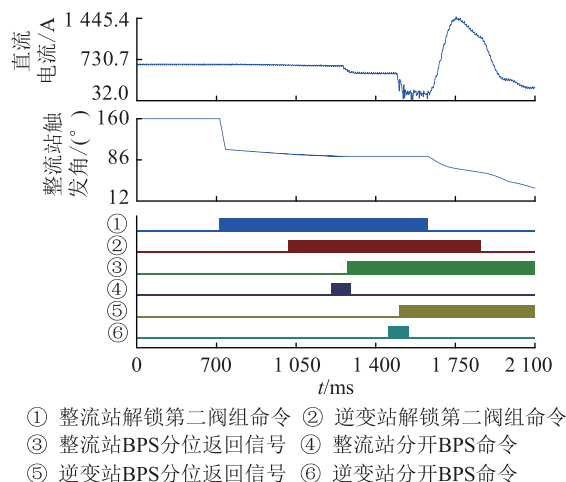


图 12 案例 2 实际试验波形
Fig.12 Actual experiment waveforms in case 2

比较案例 1 和案例 2 可以发现,对于分层接入系统,在线投入第二阀组的成功与否与逆变器拉开 BPS 开关的时间区间是否恰当有很强的相关性。若逆变器拉开 BPS 在整流站在线投入第二阀组命令复归之后,此时整流站处于快速移相的过程中,极易造成在线投入第二阀组失败。因此,对于分层接入系统,逆变器 BPS 最佳断流点应在整流站触发角保持过程中,即整流站 BPS 分位信号返回后,在线第二阀组解锁命令信号复归前。

4 结论

文中详细论述了分层接入方式下阀组在线投入的新策略,分析了分层接入工程与常规直流工程在线投入的异同点,基于实际案例证明了在线投入过程中逆变器 BPS 处于合适断开区间的必要性。通过分析,可以得出如下结论:

(1) 在线投入阀组成功的关键是逆变器拉开 BPS 开关,分层接入逆变器拉开 BPS 合理区间应在整流站 BPS 分位信号返回后,在线第二阀组解锁命令信号复归前;

(2) 对于整个阀组在线投入过程来讲,分层接入工程较常规直流延长 500~700 ms,主要表现在逆变器在线投入第二阀组命令较整流站延时较长,为

为了确保逆变站绝对最小滤波器可靠投入;

(3) 合理设置 SCA 和 CCA 控制器的切换时间, 可以实现在线投入阀组的平稳投入, 分层接入工程控制器切换等待时间较常规直流延时较长, 目的是保证逆变站 BPS 寻找到可靠的断开点。

参考文献:

- [1] 刘振亚. 特高压交直流电网[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
LIU Zhenya. Ultra high voltage AC-DC grid[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2013.
- [2] 周孝信, 鲁宗相, 刘应梅, 等. 中国未来电网的发展模式和关键技术[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(29): 4999-5008.
ZHOU Xiaoxin, LU Zongxiang, LIU Yingmei, et al. Development models and key technologies of future grid in China[J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(29): 4999-5008.
- [3] YANG W, ZENG B, JIA Y, et al. Simulation analysis of split connection mode system control for Ximeng to Taizhou UHVDC project[C]//2018 International Conference on Power System Technology (POWERCON). Guangzhou, China; 2018: 2972-2977.
- [4] SUN Wangqian, FU Rong, ZHOU Zhenkai, et al. Analysis on the operating characteristic of UHVDC hierarchical connection mode to AC system[C]//International Conference on Electric Utility Deregulation & Restructuring & Power Technologies. IEEE, 2016.
- [5] PU Ying, XIONG Lingfei, GONG Xun, et al. Study on operation characteristics of UHVDC power system with hierarchical connection to AC grid[C]//2018 International Conference on Power System Technology (POWERCON). Guangzhou, China; 2306-2312.
- [6] 刘振亚, 秦晓辉, 赵良, 等. 特高压直流分层接入方式在多馈入直流电网的应用研究[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(10): 1-7.
LIU Zhenya, QIN Xiaohui, ZHAO Liang, et al. Study on the application of UHVDC hierarchical connection mode to multi-infeed HVDC system[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(10): 1-7.
- [7] 管永高, 张诗滔, 许文超, 等. 特高压直流分层接入方式下层间交互影响研究[J]. 电力工程技术, 2017, 36(2): 32-37.
GUAN Yonggao, ZHANG Shitao, XU Wenchao, et al. Study on hierarchical interaction of UHVDC hierarchical connection mode[J]. Electric Power Engineering Technology, 2017, 36(2): 32-37.
- [8] 汤奕, 陈斌, 皮景创, 等. 特高压直流分层接入方式下受端交流系统接纳能力[J]. 中国电机工程学报, 2016, 36(7): 1790-1800.
TANG Yi, CHEN Bin, PI Jingchuang, et al. Analysis on absorbing ability of receiving AC system for UHVDC hierarchical connection to AC grid[J]. Proceedings of the CSEE, 2016, 36(7): 1790-1800.
- [9] 李艳梅, 李泰, 李少华, 等. ± 800 kV 特高压直流输电工程换流器投退策略分析[J]. 电力与能源, 2015, 36(6): 751-757.
LI Yanmei, LI Tai, LI Shaohua, et al. Strategy of converter entry/exit for ± 800 kV UHVDC project[J]. Power & Energy, 2015, 36(6): 751-757.
- [10] 黎东祥, 王渝红, 丁理杰, 等. 基于双十二脉动共同控制的单阀组单阀组投退策略[J]. 电力自动化设备, 2014, 34(4): 148-154.
LI Dongxiang, WANG Yuhong, DING Lijie, et al. Blocking and deblocking strategy of single UHVDC converter group under joint control mode of dual 12-pulse converter groups[J]. Electric Power Automation Equipment, 2014, 34(4): 148-154.
- [11] 李岩, 黄立滨, 洪潮, 等. ± 800 kV 直流输电系统双十二脉动阀组投退策略分析[J]. 南方电网技术, 2010, 4(2): 21-25.
LI Yan, HUANG Libin, HONG Chao, et al. Analysis on the strategy of block/deblock dual 12-pulse valve groups in ± 800 kV DC transmission system[J]. Southern Power System Technology, 2010, 4(2): 21-25.
- [12] 张尧, 房宣合, 胡列良, 等. 特高压直流输电系统阀组投退策略[J]. 高电压技术, 2010, 36(8): 1858-1864.
ZHANG Yao, FANG Xuanhe, HU Lieliang, et al. Blocking and deblocking strategies of valve group for UHVDC power transmission[J]. High Voltage Engineering, 2010, 36(8): 1858-1864.
- [13] 李新年, 李涛, 吕鹏飞. 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, LYU Pengfei. Analysis on the strategy of converter entry/exit for Xiangjiaba to Shanghai UHVDC project[J]. High Voltage Engineering, 2011, 37(5): 1232-1238.
- [14] 李国栋, 陈龙翔, 金一丁. ± 800 kV 特高压直流换流器在线投入失败案例分析[J]. 电力与能源, 2015, 36(2): 218-222.
LI Guodong, CHEN Longxiang, JIN Yiding. Case analysis of ± 800 kV UHVDC converter on-line deblocking failure[J]. Power & Energy, 2015, 36(2): 218-222.
- [15] 王庆, 石岩, 陶瑜, 等. ± 800 kV 直流输电系统双十二脉动阀组平衡稳定运行及投退策略的仿真研究[J]. 电网技术, 2007, 31(17): 1-6.
WANG Qing, SHI Yan, TAO Yu, et al. Simulation study on control strategy for balanced steady operation and block/deblock of dual 12-pulse converter groups in ± 800 kV DC transmission project[J]. Power System Technology, 2007, 31(17): 1-6.
- [16] 马玉龙, 陶瑜, 周静, 等. 基于实时数字仿真器的特高压直流换流单元投退特性分析[J]. 电网技术, 2007, 31(21): 5-10.
MA Yulong, TAO Yu, ZHOU Jing, et al. Analysis on deblocking and blocking characteristics of UHVDC commutation units based on real-time digital simulator[J]. Power System Technology, 2007, 31(21): 5-10.
- [17] 张民, 石岩, 孙哲. 特高压直流单 12 脉动阀组的投退策略及其对交流系统无功冲击的影响[J]. 电网技术, 2007, 31(15): 1-6.

ZHANG Min, SHI Yan, SUN Zhe. Influence of blocking and deblocking strategies of single 12-pulse converter group for UHVDC power transmission on reactive power impact to AC power grid[J]. Power System Technology, 2007, 31(15): 1-6.

[18] 赵婉君. 高压直流输电工程技术[M]. 北京:中国电力出版社, 2011.

ZHAO Wanjun. HVDC transmission engineering technology [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2011.

[19] 张庆武,王永平,陈小军,等. 特高压直流控制保护系统设计与开发[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(21): 88-93.

ZHANG Qingwu, WANG Yongping, CHEN Xiaojun, et al. Design and development of control and protection system for

UHVDC[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(21): 88-93.

作者简介:



谷相宏

谷相宏(1992),男,硕士,助理工程师,从事直流控制保护技术研究工作(E-mail: 2335012868@qq.com);

邓凯(1986),男,博士,高级工程师,从事直流控制保护技术研究工作;

施琳(1988),男,博士,高级工程师,从事直流控制保护技术研究工作。

Online deblocking strategies of valve group for UHVDC system under hierarchical connection mode

GU Xianghong, DENG Kai, SHI Lin, HE Maohui, FENG Xuan, LI Wei

(State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd. Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China)

Abstract: Nowadays, the technology of the receiving end under hierarchical connection mode is widely adopted in the UHVDC project. With the affection of hierarchical connection mode, high and low-end reactive power is controlled respectively and core controller is put down to the valve group layer. How to optimize the mode of online valve group deblock and making it apply ripely into hierarchical connection mode should be explored urgently. This paper introduces the control strategy of online valve group deblock under hierarchical connection mode in detail, and points out the relationship between controller switch and trigger angle change in the process of online input. By comparing with the conventional one, it puts forward the new features of online valve group deblock strategy under hierarchical connection mode. It also indicates the key steps of online valve group deblock through the actual modeling and test support. The field test results show that the control strategy described in this paper is applicable to the existing UHVDC project under hierarchical connection mode, and the inverter station under hierarchical connection mode should open the BPS switch in a reasonable time interval to ensure the reliable operation of the valve group.

Keywords: ultra-high voltage direct current; hierarchical connection mode; valve group deblock; control strategy; bypass switch

(编辑 钱悦)