

异步联网工程柔性直流测量异常导致功率反转机理分析和优化策略研究

彭茂兰

(南方电网超高压输电公司检修试验中心, 广东 广州 510663)

摘要:云南电网与南网主网直流背靠背异步联网工程中采用了柔性直流输电技术, 针对异步联网工程柔性直流因直流电压测量异常导致功率反转的问题进行了分析。在现有异步联网工程柔性直流输电系统控制器结构的基础上, 通过理论分析得到了发生功率反转时测量偏差系数的临界值和功率反转期间直流电压的真实值计算方法; 提出了逆变侧只采用定有功功率控制且选取整流侧和逆变侧计算的有功功率较大者作为控制器功率测量值输入的优化策略。通过异步联网工程柔性直流的 EMTDC 仿真模型, 验证了所提优化策略的有效性和可行性。

关键词:异步联网; 柔性直流; 测量异常; 功率反转; 高压直流输电

中图分类号: TM 721.1

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2018.08.031

0 引言

南方电网目前已形成“八交八直”的西电东送主网架输电格局, “交直流并联运行、强直弱交、远距离大容量输电、多回直流集中馈入”的主网架结构特征带来了复杂的安全、稳定问题。为了优化电网结构、降低电网大面积停电风险, 南方电网将被分解为 2~3 个独立的同步电网方案, 云南电网作为一个独立的送端电网, 其区域电网间采用背靠背直流输电异步联网是一种有效的方式。2013 年, 南方电网提出了在云南电网外送通道上建设鲁西背靠背直流的异步联网方案, 国家能源局《南方电网 2013—2020 年电网规划研究报告》中也明确了云南电网与南网主网实施异步联网^[1-3]。

基于模块化多电平换流器 (MMC) 结构^[4-6] 的高压直流输电 (MMC-HVDC) 技术, 凭借其模块化、低谐波含量、区域交流电网异步互联等优势受到广泛的关注, 具有广阔的应用前景^[7-9], 因此云南电网与南网主网直流背靠背异步联网方案中采用了 MMC-HVDC 技术。该工程远期规模为 3 000 MW, 采用 2×1 000 MW 常规直流和 1×1 000 MW 柔性直流的组合方案, 目前已完成一期工程一个常规直流单元和一个柔性直流单元的投运^[10-11]。

针对异步联网工程, 文献[12-13]研究了云南电网与南网主网异步互联后对系统可能带来的风险; 文献[14]对前期柔性直流背靠背主接线方案和控制保护设计方案进行了研究; 文献[15]对柔性直流各点的过电压水平进行了研究, 为关键设备选型、设计、制造和试验提供参考, 但目前针对异步联网工程柔性直流控制器的相关研究相对较少。

本文通过异步联网工程柔性直流输电系统的

PSCAD/EMTDC 模型仿真发现了因直流电压测量异常导致功率反转的问题, 并在现有异步联网工程柔性直流输电系统控制器结构的基础上对该问题进行了理论分析, 得到了发生功率反转时测量偏差系数的临界值和功率反转期间直流电压的真实值计算方法, 同时提出了相应的优化策略可避免因直流电压测量异常引起功率反转, 最后通过 EMTDC 模型仿真验证了优化策略的有效性和可行性。

1 异步联网工程柔性直流输电系统

1.1 柔性直流输电系统主回路

异步联网工程柔性直流输电系统主回路如图 1 所示, 额定直流电压为 ± 350 kV, 额定直流电流为 1.49 kA, 双端额定运行容量为 1 044 MV·A (有功功率为 1 000 MW, 无功功率为 ± 300 Mvar)。换流阀采用 MMC 结构, 云南侧 (整流侧) 每个桥臂功率模块数为 335, 广西侧 (逆变侧) 每个桥臂功率模块数为 468, 桥臂电感为 105 mH; 联接变采用单相双绕组 YNyn0 变压器, 容量为 3×375 MV·A, 额定变比为 525 kV/375 kV, 漏抗为 0.14 p.u., 阀侧中性点接地电阻为 5 000 Ω 。图 1 中, U_{p1} 、 U_{p2} 分别为整流侧、逆变侧的正极直流电压; U_{n1} 、 U_{n2} 分别为整流侧、逆变侧的负极直流电压; i_{dp1} 、 i_{dp2} 分别为整流侧、逆变侧的正极直流电流; i_{dn1} 、 i_{dn2} 分别为整流侧、逆变侧的负极直流电流; i_{ac1} 、 i_{ac2} 分别为整流侧、逆变侧的阀侧电流。

1.2 柔性直流输电系统控制器结构

异步联网工程柔性直流输电系统控制器结构如图 2 所示, 两端控制器的结构和比例积分 (PI) 参数相同, 均采用常用的 dq 轴旋转坐标系下的直接电流控制方式^[16], 包括电流外环和电流内环控制。电流外环控制分为有功类外环控制和无功类外环控制,

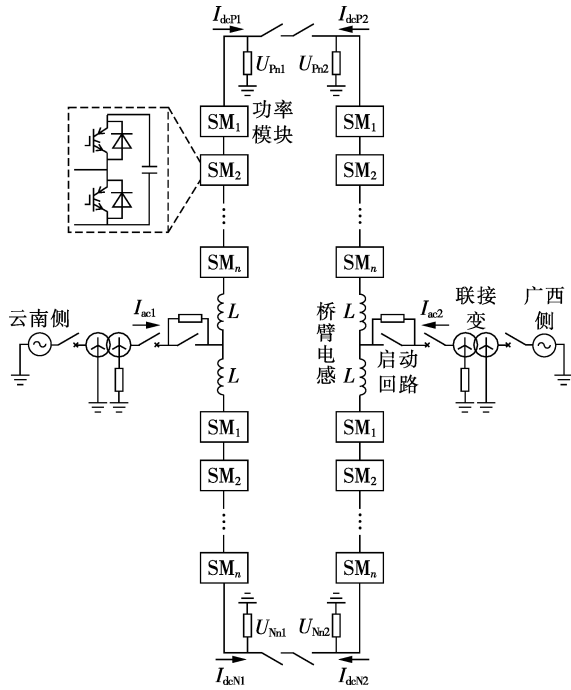


图 1 异步联网工程柔性直流输电系统的主回路

Fig.1 Main circuit of flexible DC transmission system in asynchronous interconnection project

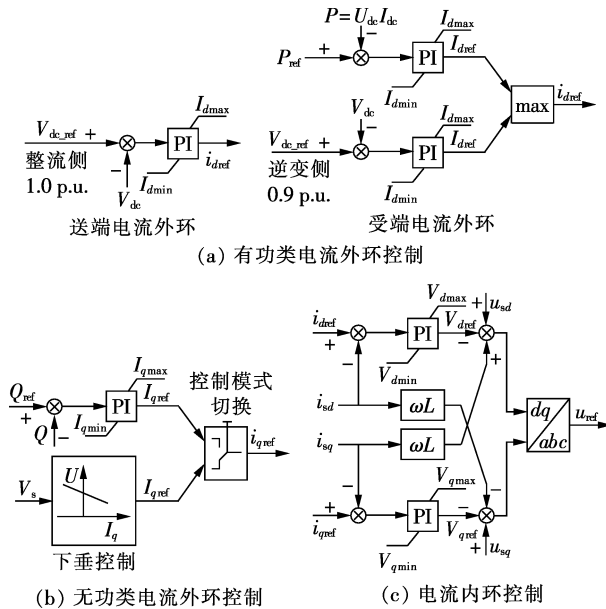


图 2 异步联网工程柔性直流输电系统控制器结构

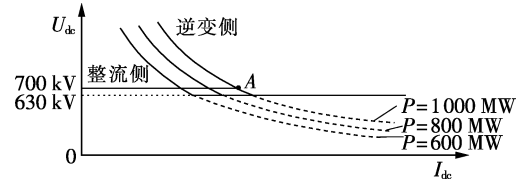
Fig.2 Controller structure of flexible DC transmission system in asynchronous interconnection project

分别如图 2(a)、图 2(b) 所示,其中,有功类电流外环控制包括有功功率控制和直流电压控制 2 种类型,无功类电流外环控制包括无功功率控制和网侧交流电压下垂控制 2 种类型。图中, V_{dc_ref} 和 V_{dc} 分别为直流电压的目标值与实测值; P_{ref} 和 P 分别为有功功率的目标值与实测值; I_{dref} 为 d 轴电流参考值; I_{dmax} 和 I_{dmin} 分别为 d 轴电流参考值的上、下限幅值; Q_{ref} 和 Q 分别为无功功率的目标值与实测值; V_s 为交流系统电压实测值,根据交流系统电压 U 与 q 轴实测

电流值 I_q 的线性关系,实现交流电压的下垂控制; I_{qref} 为 q 轴电流参考值; I_{qmax} 和 I_{qmin} 分别为 q 轴电流参考值的上、下限幅值。

图 2(c) 为电流内环控制器,图中 i_{sd} 、 i_{sq} 分别为 d 轴、 q 轴电流实测值; u_{sd} 、 u_{sq} 分别为 d 轴、 q 轴电压实测值; V_{dref} 、 V_{qref} 分别为 d 轴、 q 轴电压参考值; V_{dmax} 、 V_{dmin} 分别为 d 轴电压参考值的上、下限幅值; V_{qmax} 、 V_{qmin} 分别为 q 轴电压参考值的上、下限幅值; u_{ref} 为变换为三相静止坐标系下的换流器电压参考值。

其中,2 种无功类电流控制类型可通过手动切换实现控制模式转换。有功类电流控制在正常运行、无交流故障的情况下,整流侧采用定直流电压控制,逆变侧通过比较定有功功率控制、定直流电压控制的输出,取较大者作为输入电流内环控制的 d 轴电流参考值,其中有功功率测量值为本端极间直流电压和直流电流的乘积。由于逆变侧直流电压的参考值为 630 kV (0.9 p.u.), 正常情况下逆变侧定有功功率控制输出的 d 轴电流参考值较大,因此逆变侧有功类控制模式为定有功功率控制。当由于交流系统发生接地故障等原因,导致逆变侧测量的直流电压下降至 630 kV 时,定直流电压控制输出的 d 轴电流参考值逐渐超过定有功功率控制,此时逆变侧有功类控制模式切换为直流电压控制。控制器 U_{dc}/I_{dc} 外特性曲线如图 3 所示,系统额定功率运行在点 A,整流侧定直流电压控制将电压稳定在 700 kV,逆变侧定有功功率控制将功率稳定在设定的目标值。

图 3 控制器 U_{dc}/I_{dc} 外特性曲线Fig.3 U_{dc}/I_{dc} external characteristic curve of controller

2 直流电压测量异常导致功率反转机理分析

2.1 整流侧单极直流电压测量偏高

假设图 1 中整流侧正极直流电压 U_{pn1} 测量偏高,为真实值乘以偏高系数 k ,此时测量值 U_{pn1m} 与真实值 U_{pn1} 之间的关系为:

$$U_{pn1m} = kU_{pn1} \quad (1)$$

由于联接变中性点的箝位作用,整流侧正极电压与逆变侧负极电压的绝对值相等,且在整流侧定直流电压控制器的作用下,极间电压稳定在 700 kV,则有:

$$U_{pn1} = -U_{nn1} = \frac{700}{k+1} \quad (2)$$

极间直流电压的真实值 U_{dc} 为:

$$U_{dc} = U_{Pn1} - U_{Nn1} = \frac{1400}{k+1} \quad (3)$$

由式(3)可知,若整流侧一极直流电压测量偏高即 $k>1$,则极间直流电压的真实值将变小,若下降至 630 kV (0.9 p.u.) 逆变侧将进入定直流电压控制,此时整流侧和逆变侧两端均为定直流电压控制模式,系统处于不稳定的运行状态,则系数 k 的临界值为 $k=1400/630-1 \approx 1.22$,即 $k>1.22$ 时逆变侧也进入定直流电压控制模式。

在送端和受端均处于定直流电压控制的情况下,为了继续维持系统运行,整流侧和逆变侧电流外环控制输出的 d 轴参考值幅值需相等,即:

$$\left| K_{p1}(U_{dref1} - U_{dc1m}) + K_{i1} \int (U_{dref1} - U_{dc1m}) dt \right| = \left| K_{p2}(U_{dref2} - U_{dc2m}) + K_{i2} \int (U_{dref2} - U_{dc2m}) dt \right| \quad (4)$$

其中, K_{p1} 、 K_{i1} 和 K_{p2} 、 K_{i2} 分别为整流侧和逆变侧定直流电压 PI 控制器参数; U_{dref1} 、 U_{dc1m} 分别为整流侧直流电压目标值(700 kV)、测量值; U_{dref2} 、 U_{dc2m} 分别为逆变侧直流电压目标值(630 kV)、测量值。由于两端定直流电压控制的 PI 控制器参数相同,因此可得两端直流电压目标值与测量值幅值之差 ΔU_{dc} 相等,且由图 1 可知两端交流电流参考方向相反,则有:

$$\Delta U_{dc} = (k+1)U_{Pn1} - 700 = 630 - 2U_{Pn1} \quad (5)$$

可解得单极直流电压真实值为:

$$U_{Pn1} = -U_{Nn1} = \frac{1330}{k+3} \quad (6)$$

对应的 ΔU_{dc} 如式(7)所示,由于 $k>1.22$,则 $\Delta U_{dc} > 0$,说明整流侧直流电压测量值大于 700 kV,逆变侧直流电压测量值小于 630 kV,经直流电压 PI 控制器不断累积误差,电流外环输出的 d 轴电流参考值将发生极性反转,整流侧由正电流参考值反转为负,逆变侧由负电流参考值反转为正,直至达到电流外环输出的限幅值。

$$\Delta U_{dc} = (k+1)U_{Pn1} - 700 = 630 - 2U_{Pn1} = \frac{630k-770}{k+3} > 0 \quad (7)$$

当 $k=1.25$ 时异步联网工程柔性直流输电系统的 EMTDC 仿真结果如图 4 所示(图中广西侧、云南侧 d 轴电流参考值均为标么值,后同),2.5 s 时云南侧正极直流电压发生测量偏高的现象。从图中可看出,有功功率经过约 2.5 s 的时间从 1 000 MW 反转至 -1 000 MW,两端的 d 轴电流参考值也随之反转,其中广西侧通过有功外环输出和直流电压外环输出的比较,在发生整流侧测量异常时选择了较大的直流电压外环输出作为 d 轴电流参考值。在功率反转

期间,单极直流电压 U_{Pn1} 、极间直流电压的真实值 U_{dc} 分别为 312.9 kV、625.8 kV,与理论计算值基本相符。

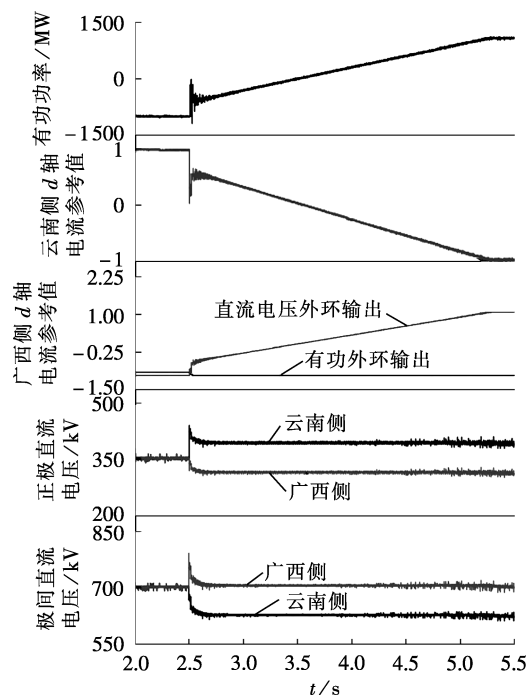


图4 $k=1.25$ 时的仿真结果

Fig.4 Simulative results when $k=1.25$

2.2 逆变侧单极直流电压测量偏低

同理,当逆变侧某一极直流电压测量偏低至 630 kV 时,将进入定直流电压控制,假设图 1 中逆变侧正极直流电压 U_{Pn2} 测量偏低,为真实值乘以偏低系数 k ,此时极间电压将稳定在 630 kV,则极间直流电压的真实值 U_{dc} 为:

$$U_{dc} = U_{Pn2} - U_{Nn2} = \frac{2 \times 630}{k+1} = \frac{1260}{k+1} \quad (8)$$

由式(8)可知,若逆变侧直流电压下降至 630 kV (0.9 p.u.) 将进入定直流电压控制,则系数 k 的临界值为 $k=1260/700-1=0.8$,即 $k<0.8$ 时逆变侧也进入定直流电压控制模式。

与整流侧直流电压测量偏高类似,为了维持系统继续运行,两端电流外环控制输出的 d 轴参考值幅值需相等,即直流电压目标值与测量值之差幅值 ΔU_{dc} 相等,如式(9)所示。

$$\Delta U_{dc} = 2U_{Pn2} - 700 = 630 - (k+1)U_{Pn2} \quad (9)$$

对应的 ΔU_{dc} 见式(10),由于 $k<0.8$,则 $\Delta U_{dc} > 0$,说明整流侧直流电压测量值大于 700 kV,逆变侧直流电压测量值小于 630 kV, d 轴电流参考值将发生极性反转,直至达到电流外环输出的限幅值。

$$\Delta U_{dc} = 2U_{Pn2} - 700 = 630 - (k+1)U_{Pn2} = \frac{560-700k}{k+3} > 0 \quad (10)$$

$k=0.75$ 时异步联网工程柔性直流输电系统的 EMTDC 仿真结果如图 5 所示, 2.5 s 时广西侧正极直流电压发生测量偏低。从图中可看出, 有功功率经过约 1.2 s 的时间从 1 000 MW 反转至 -1 000 MW, 两端的 d 轴电流参考值也随之反转, 其中广西侧(逆变侧)选择了较大的直流电压外环输出作为 d 轴电流参考值。在功率反转期间, 单极直流电压 U_{pn1} 和极间直流电压的真实值 U_{dc} 分别为 354.7 kV、709.3 kV, 与理论计算值基本相符。

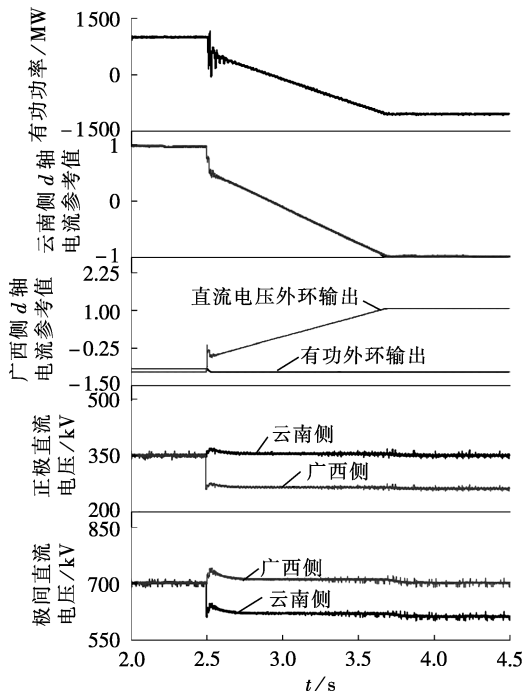


图 5 $k=0.75$ 时的仿真结果

Fig.5 Simulative results when $k=0.75$

3 防止功率反转控制器优化策略

直流电压测量异常导致功率反转的根本原因是: 逆变侧测量得到的极间直流电压降低, 使其定直流电压控制的电流外环发挥作用, 出现两端均控制直流电压但目标值不一致的情况, 最终导致系统传输的有功功率发生反转。

为了防止因直流电压测量异常引起的功率反转现象, 最直观的解决方法是禁止逆变侧定直流电压控制器的输出, 发挥定有功功率控制器的作用, 稳定有功功率。若整流侧单极直流电压测量偏高, 此时逆变侧采取定有功功率控制, 整流侧将采用测量偏高的值进行电压控制, 控制结果将导致实际直流电压偏低, 而逆变侧测量的直流电压为真实值, 因此在定有功功率控制器的作用下功率将维持稳定, 但由于实际直流电压偏低, 将导致直流电流升高, 长时间运行将对换流阀及直流场设备造成损坏。若逆变侧单极直流电压测量偏低, 逆变侧将采用测量偏低的功率值进行有功功率控制, 控制结果将导致实际传

输有功功率偏高, 超出换流器传输功率的范围将导致系统失稳, 无法维持稳定的直流电压。因此需对逆变侧控制器进行优化, 如图 6 所示, 在未发生交流系统故障导致直流电压下降的情况下, 逆变侧只有定有功功率控制器起作用, 且通过比较整流侧和逆变侧计算的有功功率, 选取较大者作为功率控制器功率测量值的输入。

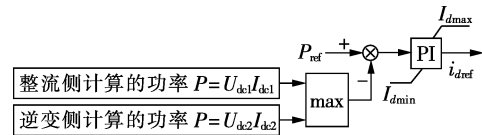


图 6 逆变侧控制器优化策略

Fig.6 Optimization strategy of inverter-side controller

若整流侧单极直流电压测量偏高, 则整流侧计算的有功功率值偏大, 将被选择作为逆变侧功率控制器的输入, 此时有功功率稳定在目标值, 极间电压测量值稳定在 700 kV, 但真实值为式(3)计算得到的值, 则功率的真实值为测量功率 P_m 的 $2/(k+1)$, 如式(11)所示。逆变侧控制器优化后的 U_{dc}/I_{dc} 外特性曲线见图 7, 此时测量值系统运行在点 A, 但由于直流电压真实值偏小, 系统实际运行在点 B。

$$P = U_{pn1} I_{dc} = \frac{1}{k+1} I_{dc} = \frac{2}{k+1} P_m \quad (11)$$

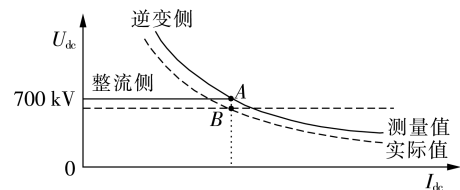


图 7 逆变侧控制器优化后 U_{dc}/I_{dc} 外特性曲线

Fig.7 U_{dc}/I_{dc} external characteristic curve of inverter-side controller after optimization

若逆变侧单极直流电压测量偏低, 则整流侧计算的有功功率值偏大, 仍将被选择作为逆变侧功率控制器的输入, 此时整流侧定直流电压控制器、逆变侧定有功功率控制器均选取了测量无异常的整流侧测量值, 则极间电压将稳定在 700 kV, 且有功功率也能稳定在目标值, 即逆变侧的测量异常对系统无任何影响, 在图 7 所示外特性曲线中系统运行于点 A。

控制器优化后 $k=1.25$ 时异步联网工程柔性直流输电系统的 EMTDC 仿真结果如图 8 所示(图中有功外环输出为标么值, 后同), 2.5 s 时云南侧正极直流电压发生测量偏高。从图中可以看出, 在云南侧定直流电压控制器的作用下, 云南侧极间直流电压测量值稳定在 700 kV, 单极直流电压测量值为 388.9 kV, 真实值为 311.1 kV, 与理论计算值基本相符。广西侧定有功功率控制采用的是云南侧计算的有功功率, 因此功率测量值仍稳定在目标值 1 000

MW,直流电流维持在测量异常前的水平,但功率真实值为 888.9 MW,有功外环输出也随之减小。此时实际功率虽然较功率目标值小,但系统仍保持稳定运行且直流电流仍维持在额定水平,验证了所提优化策略的有效性。

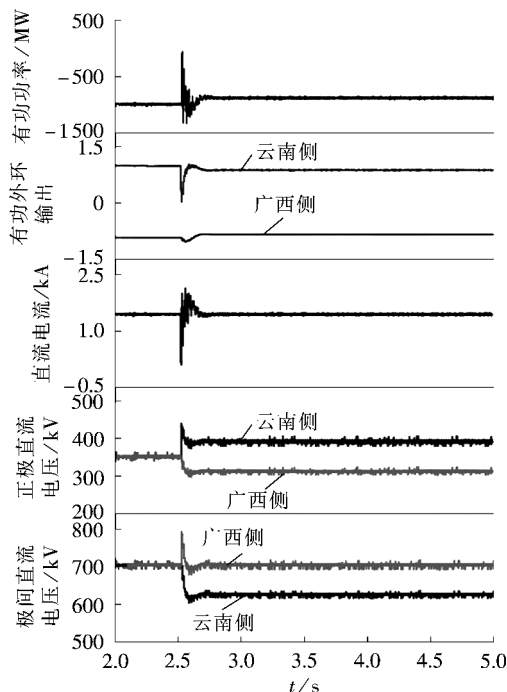


图8 优化后 $k=1.25$ 时的仿真结果

Fig.8 Simulative results when $k=1.25$ after optimization

控制器优化后 $k=0.75$ 时异步联网工程柔性直流输电系统的 EMTDC 仿真结果如图 9 所示,2.5 s 时广西侧正极直流电压发生测量偏低。从图中可以

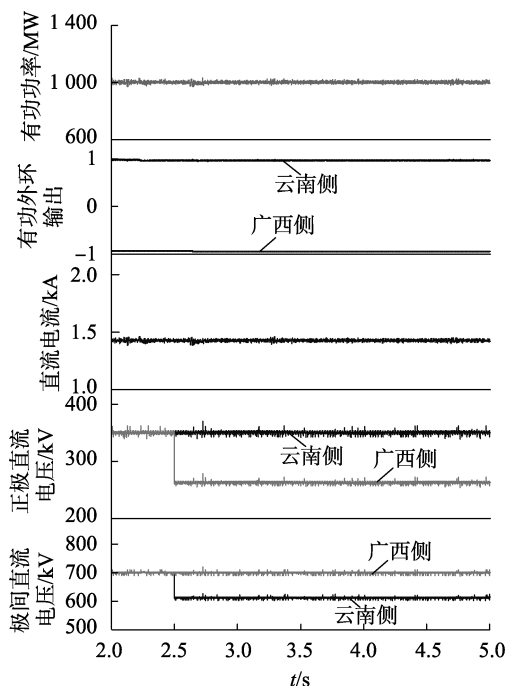


图9 优化后 $k=0.75$ 时的仿真结果

Fig.9 Simulative results when $k=0.75$ after optimization

看出,在发生测量异常后,有功功率、有功外环输出、直流电流及云南侧直流电压均无明显变化,仍维持测量异常前的水平,证明了所提优化策略的有效性。广西侧单极直流电压和极间直流电压测量值分别为 262.5 kV、612.5 kV,与理论计算值基本相符。

5 结论

本文在现有异步联网工程柔性直流输电系统控制器结构的基础上,对直流电压测量异常导致功率反转的问题进行了分析,并提出了相应的优化策略避免测量异常引起功率反转,所得结论如下。

a. 测量异常导致功率反转的根本原因在于,因逆变侧测量的极间直流电压降低,使其定直流电压控制的电流外环起作用,两端均控制直流电压,导致系统传输的有功功率发生反转。若整流侧测量偏高系数 $k>1.22$,或逆变侧测量偏低系数 $k<0.8$,均会出现功率反转现象。

b. 功率反转期间,由于两端定直流电压控制的 PI 控制器参数相同,因此两端直流电压目标值与测量值之差幅值相等,可由此计算得到功率反转时直流电压的真实值。

c. 为了防止因直流电压测量异常引起的功率反转问题,提出了逆变侧只定有功功率控制,且通过比较整流侧和逆变侧计算的有功功率,选取较大者作为功率控制器功率测量值输入的优化策略,仿真结果验证了该优化策略的有效性和可行性。

参考文献:

- [1] 张东辉,冯晓东,孙景强,等. 柔性直流输电应用于南方电网的研究[J]. 南方电网技术,2011,5(2):1-6.
ZHANG Donghui, FENG Xiaodong, SUN Jingqiang, et al. Research of VSC HVDC application to China Southern Power Grid [J]. Southern Power System Technology, 2011, 5(2): 1-6.
- [2] 电力规划设计总院. 南方电网中长期网架结构研究[R]. 北京: 电力规划设计总院, 2012.
- [3] 南方电网科学研究院. 云南电网与南网主网异步联网方案研究[R]. 广州: 南方电网科学研究院, 2013.
- [4] MARQUARDT R, LESNICAR. A new modular voltage source inverter topology [C] // Proceedings of European Conference on Power Electronics and Applications. Toulouse, France: EPE, 2003: 1-10.
- [5] LESNICAR A, MARQUARDT R. An innovative modular multilevel converter topology suitable for a wide power range [C] // Proceedings of Power Technology Conference. Bologna, Italy: IEEE, 2003: 1-6.
- [6] 徐政,陈海荣. 电压源换流器型直流输电技术综述[J]. 高电压技术, 2007, 33(1): 1-10.
XU Zheng, CHEN Hairong. Review and applications of VSC HVDC [J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(1): 1-10.
- [7] MARQUARDT R. Modular multilevel converter topologies with DC-short circuit current limitation [C] // Power Electronics and ECCE, 2011 IEEE 8th International Conference. Jeju, Korea: IEEE, 2011: 1425-1431.

- [8] 赵静,赵成勇. 模块化多电平直流输电联网风电场时的低电压穿越技术[J]. 电网技术,2013,37(3):726-732.
ZHAO Jing,ZHAO Chengyong. Low voltage ride through technology for wind farms connected to power grid via MMC-based HVDC transmission[J]. Power System Technology,2013,37(3):726-732.
- [9] 张东辉,洪潮,周保荣,等. 云南电网与南方电网异步联网系统方案研究[J]. 南方电网技术,2014,8(6):1-6.
ZHANG Donghui,HONG Chao,ZHOU Baorong, et al. Asynchronous interconnection system scheme for Yunnan Power Grid and the main grid of China Southern Power Grid[J]. Southern Power System Technology,2014,8(6):1-6.
- [10] 周保荣,洪潮,金小明,等. 南方电网同步运行网架向异步运行网架的转变研究[J]. 中国电机工程学报,2016,36(8):2084-2092.
ZHOU Baorong,HONG Chao,JIN Xiaoming, et al. Study of back-bone structure change from synchronous to asynchronous in China Southern Power Grid[J]. Proceedings of the CSEE,2016,36(8):2084-2092.
- [11] 周磊,张丹,刘福锁,等. 异步联网后云南电网的频率特性及高频切机方案[J]. 南方电网技术,2016,10(7):17-22.
ZHOU Lei,ZHANG Dan,LIU Fusuo, et al. Frequency characteristics of Yunnan Power Grid and corresponding over-frequency generator tripping scheme after asynchronous interconnection[J]. Southern Power System Technology,2016,10(7):17-22.
- [12] 杜斌,张丹,张军民,等. 异步联网后云南电网的稳定特性与控制措施[J]. 南方电网技术,2016,10(7):13-16.
DU Bin,ZHANG Dan,ZHANG Junmin, et al. Stability characteristics and control measures of Yunnan Power Grid after asynchronous interconnection[J]. Southern Power System Technology,2016,10(7):13-16.
- [13] 游广增,徐政,刘昇,等. 小水电富集电网的柔性直流异步联网方案研究[J]. 电网技术,2016,40(4):1059-1065.
YOU Guangzeng,XU Zheng,LIU Sheng, et al. Study on VSC-HVDC asynchronous interconnection schemes for regional grids with concentrated small hydropower[J]. Power System Technology,2016,40(4):1059-1065.
- [14] 刘涛,李婧靓,李明,等. 南方电网鲁西背靠背直流异步联网工程控制保护系统设计方案[J]. 南方电网技术,2014,8(6):18-22.
LIU Tao,LI Jingjing,LI Ming, et al. Control and protection system design of Luxi back-to-back asynchronous interconnection HVDC project of China Southern Power Grid[J]. Power System Technology,2014,8(6):18-22.
- [15] 刘大鹏,程晓绚,苟锐锋,等. 异步联网工程柔性直流换流站过电压与绝缘配合[J]. 高压电器,2015,51(4):104-108.
LIU Dapeng,CHEN Xiaoxuan,GOU Ruifeng, et al. Overvoltage and insulation coordination for MMC-HVDC asynchronous project[J]. High Voltage Apparatus,2015,51(4):104-108.
- [16] 徐政,屠卿瑞,管敏渊,等. 柔性直流输电系统[M]. 北京:机械工业出版社,2012:27-42.

作者简介:



彭茂兰(1991—),女,江西吉安人,工程师,硕士,研究方向为柔性直流输电工程设计及试验技术(E-mail:pml1081170912@163.com)。

Mechanism analysis and optimization strategy of active power reversal caused by abnormal measurement of flexible HVDC in asynchronous interconnection project

PENG Maolan

(Maintenance & Test Center of Extra High Voltage Power Transmission Company of China Southern Power Grid Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: The flexible HVDC transmission technology is adopted in the back-to-back DC asynchronous interconnection project between Yunnan Power Grid and the main grid of China Southern Power Grid, and the active power reversal problem caused by the abnormal measurement of DC voltage is analyzed. Based on the existing controller structure of flexible HVDC system in the asynchronous interconnection project, the critical value of the measured deviation coefficient while occurring active power reversal and the calculation method of real DC voltage value in the active power reversal process are obtained by theoretical analysis. The optimization strategy is proposed that only the constant active power control is adopted in the inverter side and the larger active power calculated of the rectifier side and the inverter side is chosen as the power measurement input of controller. The validity and feasibility of the proposed optimization strategy are verified by the EMTDC model of the flexible HVDC in the asynchronous interconnection project.

Key words: asynchronous interconnection; flexible HVDC; abnormal measurement; active power reversal; HVDC power transmission