

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2018.04.012

交流侧接地方式对多端柔性直流配电网 保护配置的影响

张庆, 于光远, 秦昌龙

(国家电网济南供电公司, 济南 250000)

摘要: [目的]为了提高多端环形柔性直流配电网的供电可靠性,研究了交流侧不同接地方式下的故障特征及其对保护配置的影响。[方法]首先确定了两电平、模块化多电平等不同类型换流设备的交直流故障等效通路,从故障过压、过流水平及故障恢复等方面分析了不同接地方式下交直流不对称故障对保护配置的影响。随后从保护原理配置、定值整定、出口方式及配合原则等方面,给出了多端环形柔性直流配电网典型保护配置方案。最后,在PSCAD/EMTDC仿真软件下搭建了三端柔性直流配电网的电磁暂态模型。[结果]仿真结果表明:当交流侧采用高电阻接地方式时,通过合理的保护配置可提高交流不对称故障时系统的稳定性、实现直流不对称故障的零停电时间故障穿越。[结论]研究成果为多端柔性直流配电网的接地方式设计、保护配置研究提供了一定参考。

关键词: 多端柔性直流配电网; 保护配置; 交流接地方式; 故障恢复

中图分类号: TM77; TM72

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2018)04-0078-08

Effect of AC-side Grounding Mode on Protection Configuration of Multi-terminal Flexible DC Distribution Network

ZHANG Qing, YU Guangyuan, QIN Changlong

(State Grid Ji'nan Electric Power Company, Ji'nan 250000, China)

Abstract: [Introduction]The paper aims to improve the reliability of the multi-terminal circular flexible DC distribution network, the characteristics of the fault in the different grounding mode of the AC side and its influence on the protection configuration are studied. The fault characteristics of multi-terminal circular flexible DC distribution network under different AC grounding modes were studied, and the impact on protection configuration had been given. [Method]First of all, the equivalent AC/DC fault path of two-level and modular multi-level converter equipment was determined, and the influence of different grounding modes were analyzed from the aspects of fault overvoltage, overcurrent level and fault recovery. Then from the aspect of protection principle configuration, setting value setting, export mode and cooperation principle, the typical protection configuration scheme of multi-terminal circular flexible DC distribution network was given. Finally, the electromagnetic transient model of the three-terminal flexible DC distribution network was established under the PSCAD /EMTDC simulation software. [Result]The simulation results show that when the AC side adopts a high resistance grounding mode, a reasonable protection configuration can improve the stability of the system when the AC asymmetrical fault occurs, and achieve zero interruption time fault ride through when the DC asymmetrical fault occurs. [Conclusion]The research provides some reference for the design of grounding mode and the research on protection configuration of flexible multi-terminal DC distribution network.

Key words: multi-terminal flexible DC distribution network; protection configurations; grounding mode of AC distribution network; fault recover

现有交流配网结构存在网架结构薄弱、动态无

功不足及线路损耗较大等一系列问题,随着更多的分布式能源的接入、微网的推广,会导致电网电源的高度分散化。直流配网在未来的人口密集的城市供电将有极大的优势,可以减少无功补偿设备的投资与占地面积、线路损耗、以及线路走廊占地面积

收稿日期: 2018-02-27 修回日期: 2018-05-08

基金项目: 国网山东省电力公司科技项目“泛在智能配电网快速发展下的接地容量控制及接地方式分区规划研究与应用”(2017B-9)

等,其发展趋势不言而喻。未来配电网的形态将是多个电压等级构成多层次环网状、交直流混联的架构模式,以区域直流、交流环形母线为基本结构单元,支持新能源、储能接入和能量双向流动。

多端柔性直流配电网是指在同一直流网架下,含有2个以上电压源换流器VSC(Voltage Source Converter)的直流配电系统。其最显著的特点是能够实现多电源供电、多落点受电,线路损耗小、供电质量高、输送容量大、不会出现电磁环网等特点,在风电等新能源并网、构筑城市直流配电网等领域具有广阔的应用前景^[1-4]。

两/三电平换流器VSC具有电路结构简单、占地面积小及运行经验丰富等优点,但谐波特性差、开关损耗大、开关器件故障处理能力差,会出现动态均压等问题。模块化多电平换流器MMC(Modular Multi-level Converter)谐波特性好、开关损耗低而且冗余子模块设计致使故障处理能力强,但是所用器件数量较多,约为传统VSC的2倍,而且存在电容电压不平衡、桥臂环流等问题,使得控制系统变的更为复杂^[2]。这两种换流器在直流配网中的应用已有学者研究探讨。接地方式设计是柔性直流配网必须首先解决的关键性问题,它为整个柔性直流系统提供参考电位,是系统设计中非常重要的环节。目前很多国内外学者对其接地方式及故障控制特性等进行了研究。

文献[5-6]介绍了两/三电平VSC在直流输电领域的接地方式选择方法;文献[7-8]则介绍了两/三电平VSC应用在直流配电网时接地方式的设计以及不同接地方式对故障特性的影响,并给出两电平VSC直流侧不接地的设计方式具有优越故障特性的结论;文献[9]介绍了MMC的接地方式在舟山多端直流输电领域中的工程应用情况;文献[10]针对典型交流接地方式分量MMC-HVDC单极故障特性及恢复策略;文献[11-12]研究了基于MMC的直流配电网的接地方式方案,基于此接地方案文献[13]介绍了典型保护配置方案。

虽然上述文献对MMC或两电平VSC所组成的直流配电网的接地设计及对应的故障特性做了相关研究,但对两类换流器共存的直流配电系统接地方式及故障保护配合研究较少。本文在现有研究的基础上,从保护配置的角度分析了多端直流配电网在不同交流侧接地方式下的故障特性及系统影响特

征,为工程中的保护配置提供了一定的理论依据。

1 直流配网接地方式

1.1 接地方式分析

直流配电网接地设计的目的是给装置提供一个零参考电位,避免设备电位悬空而发生意,一般分为直流侧接地和交流侧接地两种形式。

其中两电平VSC的接地需求包括2个方面:(1)交流侧滤波器的接地需求;(2)直流侧电容的接地需求。由于VSC电平数少,采用高频脉宽调制方式,开关频率高,换流器出口将含有较大的高次谐波,需在变压器阀侧加装较小容量的高频谐波滤波器。VSC在直流线路路上有集中电容,可采取电容中点直接接地或通过组件接地的方式,如图1所示。

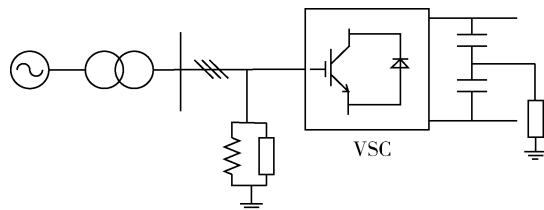


图1 两电平VSC接地方式

Fig. 1 Two-level VSC grounding mode

MMC由于直流侧没有集中布置的电容器,为保持直流母线电压正负极对称,需在直流侧或换流变二次侧设置接地点。常见接地方式主要有直流侧经电阻接地、交流侧构造接地点或利用换流变压器接地。

直流侧接地方式结构简单易行,通过电容或电阻的箝位作用使直流极线正负极电压保持对称又为直流系统提供电位参考点。在直流侧找不到满足要求的接地点的情况下将接地点转移到了交流侧,如人工构造一个星形电抗器中性点或直流利用联接变压器接地。

交直流侧接地方式在直流输电工程中都有应用,如图2所示:直流线路间经大电阻接地的上海南汇风电场输电工程,在换流变阀侧人工构造一个星形电抗器的中性点的Trans Bay Cable直流工程,经换流变压器阀侧电阻接地的南澳、舟山多端柔性直流输电工程等。

与直流输电不同,直流配电网通常采用伪双极系统接线,只要换流器单元或直流线路发生故障,整个双极系统就会全部不再运行,不会出现单极运

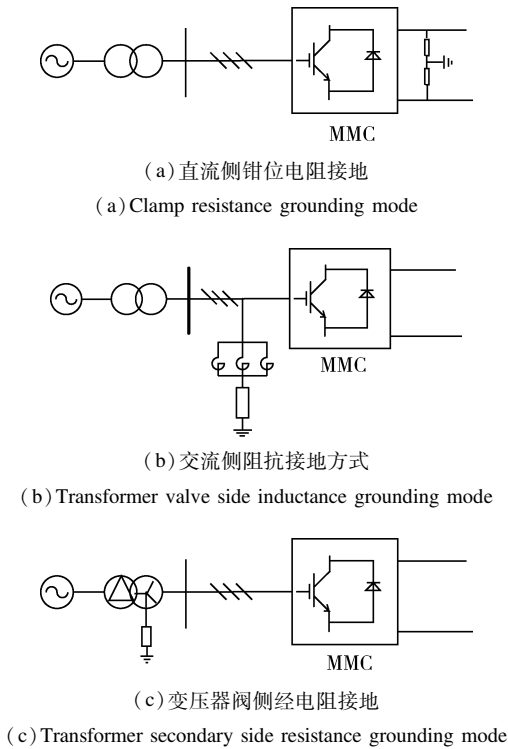


图2 MMC 接地方式

Fig. 2 MMC grounding mode options

行的工况。而且从故障后系统恢复特性、限制零序通路等角度分析，直流侧采用不接地的设计方式具有更明显的优势^[7]。鉴于此，本文主要分析两电平换流器不接地前提下交流侧不同接地方式，交直流不平衡故障对多端柔性直流配电网的保护配置方案的影响。

1.2 交流侧接地方式下故障特性研究

1.2.1 交流不对称故障

换流器交流侧故障可以分为变压器网侧故障与变压器阀侧故障，如图3中F1与F2所示故障点。为了隔离交流不对称故障产生的零序分量在直流侧与交流侧之间的传递通路以及由调制模式引起的直流侧零序谐波分量向交流系统的传递，联结变压器一般采用星三角接法。联结变压器无论采用Yn/Δ接线还是Δ/Yn接线，由于变压器的零序隔离作用，交直流侧产生的零序分量不能相互传递。

但当F2点发生交流侧不对称故障时，产生的零序电压分量会穿过VSC经过直流线路到达对侧接地点并引起直流侧正负极电压的工频共模波动^[11]，两端系统的零序通路示意图如图3中虚线所示。

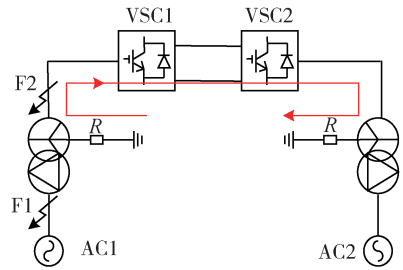


图3 柔性直流配电网典型故障位置

Fig. 3 Fault position of flexible DC distribution network

换流器阀侧不对称故障时的电气量特征与交直流碰线故障类似，保护可能无法区分这两类故障。

1.2.2 直流不对称故障

当直流侧发生单极故障时，换流器故障侧电容会对地放电，导致上下桥臂电容的不平衡。在故障清除后，电容电压能否恢复与联接变压器的连接型式直接相关。若采用Yn/Δ接线，则故障清除后由于没有恢复通路直流侧正负极电压保持故障被清除时刻的值不变，则不平衡电压不能恢复；若采用Δ/Yn接线，则不平衡电压能够恢复至正常^[8]。因此从故障恢复的角度建议交流侧采取如图3所示的阀侧接地的方式。

两电平VSC在直流侧发生单极故障时，由于直流侧电容未接地，故障电流自短路点过换流器流入交流滤波器接地点形成故障电流通路，如图4所示。故障极直流电容没有放电回路，所以系统中不会出现放电过电流现象。

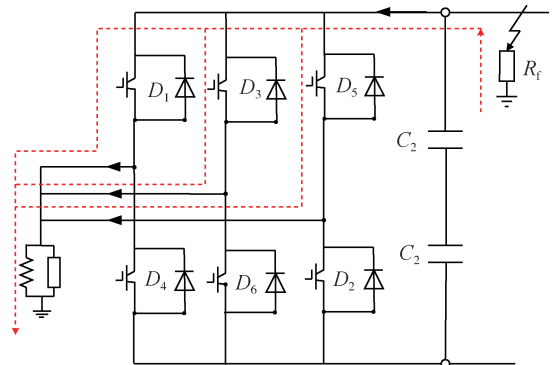


图4 两电平VSC直流不平衡故障通路示意图

Fig. 4 Two-level VSC DC unbalanced fault path diagram

模块化多电平MMC在直流侧发生单极故障时，由于直流侧没有集中电容的存在，故障电流自短路点过换流器桥臂子模块流入联接变压器接地点形成故障通路，如图5所示。故障电流的幅值取决

于直流电压、接地电阻及短路过渡电阻的大小^[13-15]。

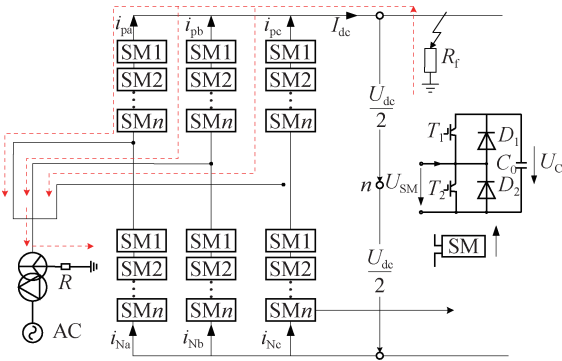


图5 MMC直流不平衡故障电流通路示意图

Fig. 5 MMV DC unbalanced fault path diagram

1.2.3 接地电阻参数

联接变压器接地电阻的选择将直接影响直流配电网的故障特性及保护的配置方案,本文主要考虑如下几方面:

1) 故障电流的水平

直流侧不平衡故障时差动电流的幅值与接地电阻值的大小成反比;阻值越大入地差流越小,对设备及人身安全危害越小;但高电阻同时会降低直流配网中差动保护的灵敏度,甚至无法识别故障。

2) 变压器直流偏磁、直流设备绝缘

直流侧不平衡故障相当有将系统的零电位从换流器上下桥臂中点移向故障点,从而引起交直流电压的偏置。交流侧变压器由于流过直流电流而发生直流偏磁,影响变压器的安全运行;直流电压偏置将对设备的绝缘造成影响,但配网设备的绝缘水平相对容易提高。

3) 故障恢复能力

故障被清除后系统应能恢复正常运行且不发生过流及过压现象。从图5的拓扑结构容易看出,接地电阻值越大直流电压的恢复速度将越慢。

综上所述,接地电阻值越大对系统的故障恢复越有利,但也会减小故障特性影响保护的灵敏性。

2 多端柔性直流配电网保护配置

2.1 多端柔性直流配电网主接线结构

构造如图6所示的环形结构的多端柔性配电网,其中包含三端柔性换流器(MMC1、MMC2、两电平VSC)和三端负载换流器(DC/DC、DC/

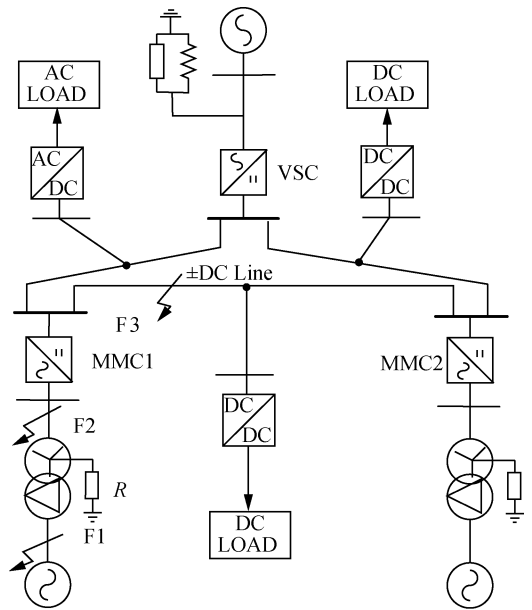


图6 三端柔直配电网拓扑结构

Fig. 6 Topology structure of three-terminal VSC-DC distribution network

AC)。其中,模块化多电平MMC1与MMC2换流器采用联接变压器Y/Δ且阀侧中性点经高电阻的接地设计,两电平VSC经交流滤波器接地。选取直流高压侧电压等级 ± 10 kV,低压侧电压等级 ± 400 V^[3,7]。

交流负荷通过AC/DC换流器、直流负荷通过DC/DC换流器与直流线路连接。直流线路由直流电缆构成该输电形式可以节约城市供电空间减少直流线路发生故障的概率。

2.2 故障特征研究

根据设备所处的不同区域,柔性直流配电网的故障被分成三类:交流侧故障、换流器故障以及直流侧故障等。故障区域涉及交直流两侧的配电系统,加上直流负荷侧可能存在的分布式电源,故障特征变的更为复杂。

交流侧常见的故障有电源或变压器侧的单相、相间以及三相短路故障引起的过流、过压、欠压以及不平衡等。换流器故障主要包括桥臂、电抗器、电容以及其他元器件的各类短路故障。直流侧可分为线路/母线的单极、极间短路故障,断线故障以及交直流碰线故障等。

与交流配网不同,多端柔性直流配电网内带有大量电力电子设备,系统阻抗小短路电流传播速度快、幅值大;存在多电源环网运行方式,直流线路

存在 T 型接法且长度较短, 使得故障选线定位较为困难。鉴于此, 需要研究适用于多端直流配电网的保护配置策略。

2.3 典型保护配置策略

多端柔性直流配电网的保护配置目标是防止危害直流系统内设备的过应力, 以及危害整个交直流配网运行的故障, 应自适于各种运行方式、潮流方向以及功率反转。设计典型保护配置策略如表 1 所示。

表 1 多端柔性直流配电网典型保护配置策略

Tab. 1 Protection principle configuration of flexible DC distribution network

交流侧	换流器	直流侧
联接变压器过流保护	桥臂电抗器差动保护	直流线路/母线差动保护
交流连接母线接地保护	桥臂差动保护	直流电压不平衡保护
直流系统接地过流保护	阀直流过流保护	直流低压过流保护
启动回路差动保护	桥臂过流保护	直流过电压保护
交流低电压保护	桥臂电抗器谐波保护	直流低电压保护
交流过电压保护	—	直流过电流保护
—	—	交直流碰线保护

针对不同类型、位置和持续时间的故障, 各保护的出口方式也不相同, 包括告警、跳断路器、闭锁换流器、启动失灵策略以及请求运行方式切换等。

以下将主要针对交直流侧不平衡故障时, 交流侧不同接地设计方式对保护配置原理、出口方式、动作时序配合等各方面的影响进行仿真分析与验证。

3 仿真验证

利用 PSCAD/EMTDC 仿真软件搭建如图 6 所示的多端柔性直流配电网电磁暂态仿真模型, 并测试交流侧不对称故障、直流线路单极故障对保护配置的影响。

3.1 交流侧不对称故障

设置 MMC1 交流侧 F2 点发生 A 相金属性短路故障, 故障持续时间 0.1 s; 联接变压器接地电阻均设置为 500Ω , 故障仿真波形如图 7 ~ 图 9 所示。

由图 7 可见, 换流器 MMC1 阀侧发生 A 相不对称短路故障时, 对端 MMC2、VSC 同样感应到故障导致 A 相电压降低, 非故障相 BC 电压升高, 且有幅值相等的故障电流流入各换流端中性点。各换流端中性点故障电流与接地电阻 R 成反比, 当直流

系统接地电阻取 $2.0 \text{ k}\Omega$ 时的中性点电流明显减小, 如图 8 所示。

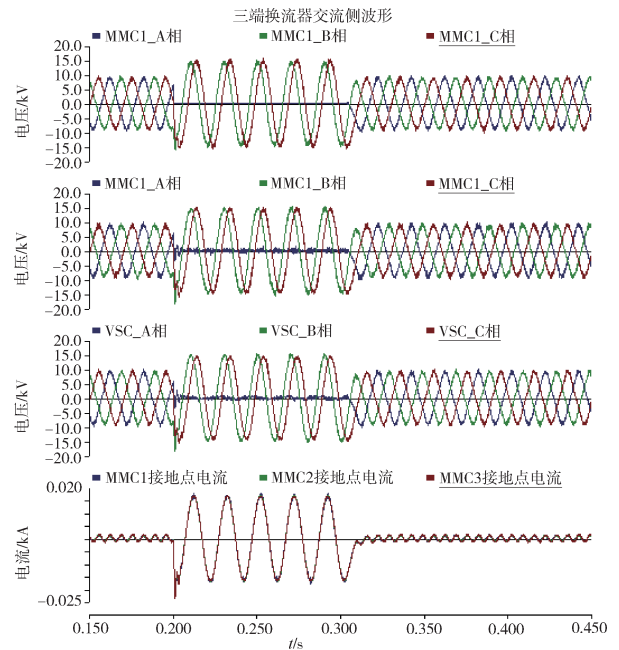


图 7 三端换流器交流侧电压及中性点电流波形

Fig. 7 Three-terminal converter AC side voltage and neutral current waveform

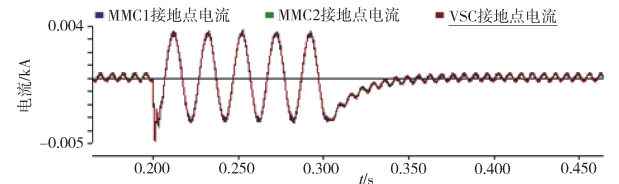


图 8 接地电阻 $2.0 \text{ k}\Omega$ 时中性点故障电流波形

Fig. 8 Neutral current waveform under $2.0 \text{ k}\Omega$ ground resistance

故障时在直流电压、电流上出现交流分量, 由图 9 所示。可见交流故障已经穿过换流器流经直流线路到达非故障换流站侧, 整个直流配电网直流侧均感应到交流故障分量, 交流故障分量的大小与交流故障类型相关。

交流侧不对称故障的上述特性, 可能会引起非故障换流端的交流欠压保护、直流系统接地过流保护的误动作失去选择性。直流侧感受到的故障特征与交流碰线保护类似, 也会引其误动作。因此, 该类故障的保护配置方案是: 启动回路电流差动保护作为主保护且动作延时按短于交流欠压保护、直流系统接地过流保护以及直流碰线保护的動作时间整定。各换流端均采用此保护配置方法, 可以解决单端交流不对称故障时非故障端保护误动的问题, 在多端柔性直流配电网中具有较好的适应性。

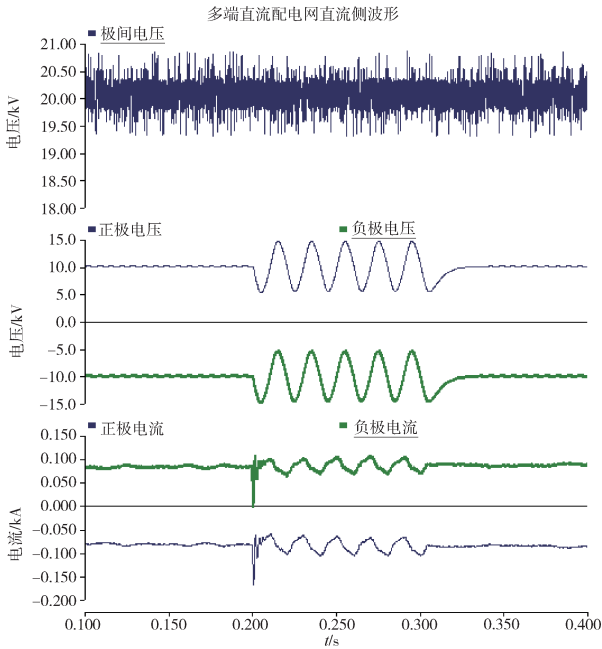


图 9 交流单相故障时直流侧电压电流波形

Fig. 9 DC side voltage and current waveform

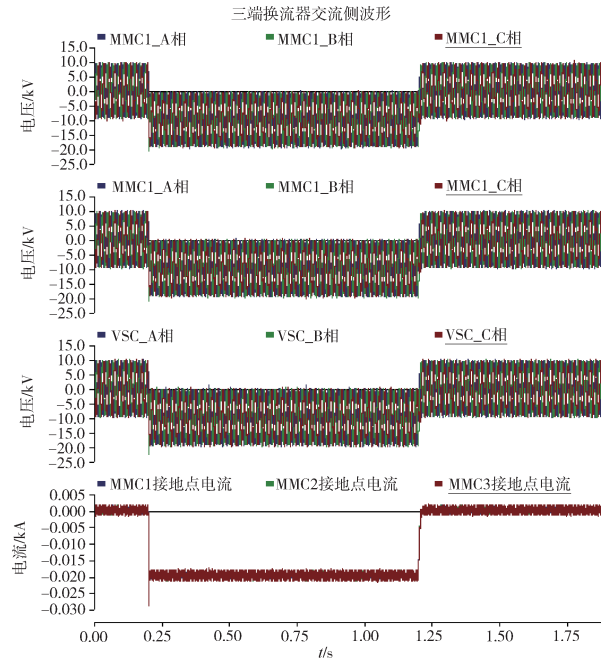


图 11 接地电阻 2.5 kΩ 时, 直流正极故障交流侧电压电流波形

Fig. 11 AC voltage and current waveforms under grounding resistance 2.5 kΩ

3.2 直流线路单极接地故障

设置直流线路发生 F3 点正极金属性短路故障, 故障持续时间 1 s; 联接变压器接地电阻均设置为 2.5 kΩ, 故障仿真波形如图 10 ~ 图 11 所示。

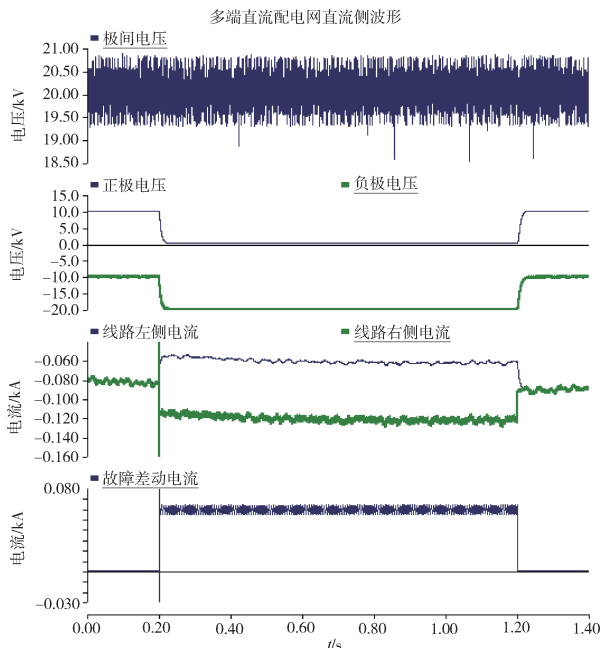


图 10 接地电阻 2.5 kΩ 时, 直流正极故障直流侧电压电流波形

Fig. 10 DC voltage and current waveforms under grounding resistance 2.5 kΩ

由图 11 可见, 直流正极接地故障发生时, 故障极直流电压降至零, 非故障极电压升高至极间电压, 即直流零电位参考点发生偏移; 但直流极间电压保持不变。同时导致三端换流器发生交流电压偏置、出现中性点故障电流。故障电流经故障线路两端向故障点流入, 故障电流的大小与接地电阻值成反比。

设置联接变压器接地电阻为 5 Ω 时, 故障仿真波形如图 12 ~ 图 13 所示。

由于接地电阻较小导致故障放电电流较大、直流极间电压降低; 故障点与接地点电压偏差小, 交流电压几乎无偏置。直流低压保护、直流过电流保护可能发生动作。基于上述分析, 应选择合适的接地电阻值, 既保证故障时不发生过热及低电压现象保证系统不停运, 又有足够的电流差动保护灵敏度。

因此, 直流单极故障保护配置方案是: 直流电压不平衡保护只动作于报警, 确定多端直流配电网内发生直流单极故障, 系统带故障运行; 根据接地电阻及故障过渡电阻的大小由直流线路/母线差保护或其他方法^[13-15]定位并隔离故障; 故障清除后系统恢复正常。

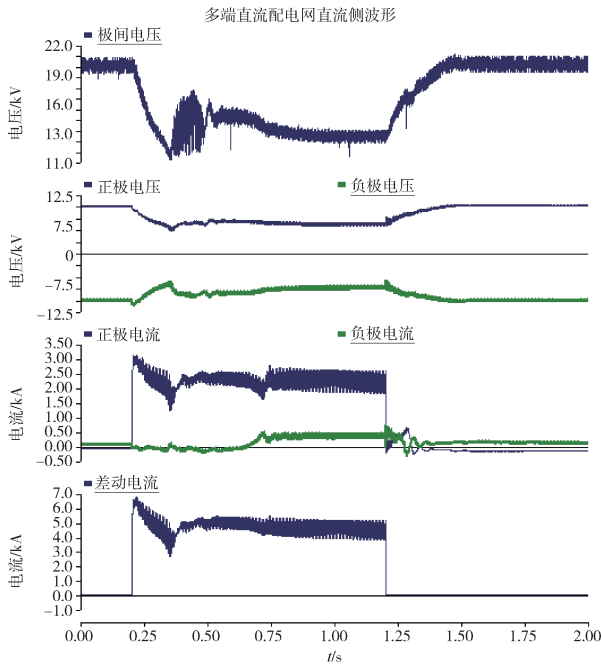


图12 接地电阻5 Ω时, 直流正极故障直流侧电压
电流波形

Fig. 12 DC voltage and current waveforms under 5 Ω
grounding resistance

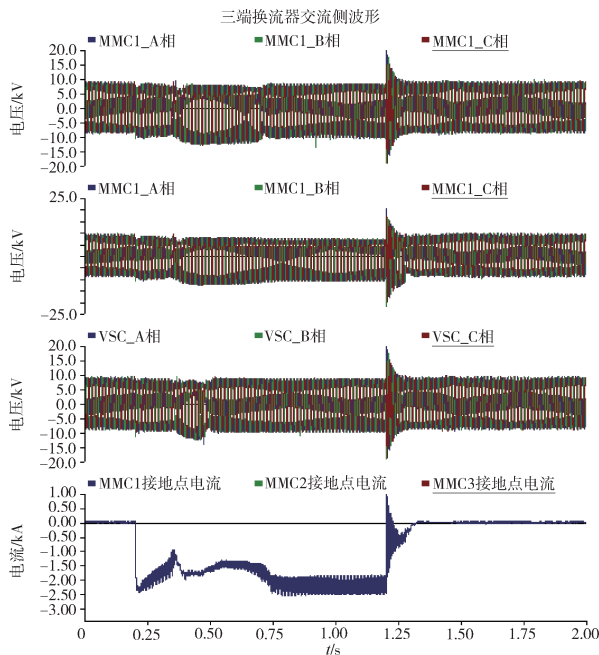


图13 接地电阻5 Ω时, 直流正极故障交流侧电压
电流波形

Fig. 13 AC voltage and current waveforms under
5 Ω grounding resistance

4 结论

本文针对由 MMC/VSC 柔性直流设备组成的多

端直流配电网, 分析了交流侧不同接地方式下发生交流侧不对称和直流侧单极故障时的暂态特性对保护配置的影响, 结论如下:

1) 联接变压器 Δ/Y_n 接线并且阀侧经高阻接地的方式, 在交直流不对称故障时相比其他接地方式在故障穿越及恢复过程中优势明显。

2) 变压器阀侧发生不对称故障时, 故障特征会传至直流线路及非故障换流端导致保护误动作; 该类故障需设置启动回路电流差动保护作为主保护且应与其他保护有动作时序上的配合。

3) 直流侧单极故障时高接地阻值有利于故障穿越及系统恢复, 直流电压不平衡保护作为该类故障的主保护并动作于报警, 系统可带故障运行; 由故障选线定位策略实现该故障类型的隔离。

参考文献:

- [1] 徐政. 柔性直流输电系统 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [2] 宋强, 赵彪, 刘文华, 等. 智能直流配电网研究综述 [J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(25): 9-19+5. SONG Q, ZHAO B, LIU W H, et al. An overview of research on smart DC distribution power network [J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(25): 9-19+5.
- [3] 马钊, 焦在滨, 李蕊. 直流配电网架构与关键技术 [J]. 电网技术, 2017, 41(10): 3348-3357. MA Z, JIAO Z B, LI R. Network structures and key technologies of DC distribution systems [J]. Power System Technology, 2017, 41(10): 3348-3357.
- [4] 章晋龙, 史述青, 杨海森, 等. 国内外直流配电网技术发展研究综述 [J]. 南方能源建设, 2016, 3(增刊1): 93-98. ZHANG J L, SHI S Q, YANG H S, et al. Overview of development of DC power distribution network [J]. Southern Energy Construction, 2016, 3(Supp. 1): 93-98.
- [5] 管敏渊, 徐政. 两电平 VSC-HVDC 系统直流侧接地方式选择 [J]. 电力系统自动化, 2009, 33(5): 55-60. GUAN M Y, XU Z. DC side grounding methodology for a two-level VSC HVDC system [J]. Automation of Electric Power System, 2009, 33(5): 55-60.
- [6] 杨杰, 郑健超, 汤广福, 等. 电压源换相高压直流输电系统接地方式设计 [J]. 中国电机工程学报, 2010, 30(19): 14-19. YANG J, ZHENG J C, TANG G F, et al. Grounding design analysis of VSC-HVDC system [J]. Proceeding of the CSEE, 2010, 30(19): 14-19.
- [7] 吴峻, 武迪, 朱金大, 等. 多端柔性直流配电网接地方式设计 [J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(9): 2551-2561.

- WU J, WU D, ZHU J D, et al. Grounding method design of multi-terminal flexible DC distribution [J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(19): 2551-2561.
- [8] 戴志辉,葛红波,严思齐,等.柔性直流配电网接地方式对故障特性的影响分析[J].电网技术,2017,41(7): 2353-2364.
- DAI Z H, GE H B, YAN S Q, et al. Effects of grounding mode on fault characteristics in flexible DC distribution system [J]. Power System Technology, 2017, 41(7): 2353-2364.
- [9] 邓旭,沈扬,王东举,等.基于模块化多电平换流器的多端柔性直流系统接地方式[J].电力建设,2014,35(3): 24-30.
- DENG X, SHEN Y, WANG D J, et al. Grounding methods of multi-terminal VSC-HVDC system based on modular multi-level converter [J]. Electric Power Construction, 2014, 35(3): 24-30.
- [10] 赵成勇,李探,俞露杰,等.MMC-HVDC直流单极接地故障分析与换流站故障恢复策略[J].中国电机工程学报,2014,34(21): 3518-3526.
- ZHAO C Y, LI T, YU L J, et al. DC Pole-to-ground fault characteristic analysis and converter fault recovery strategy of MMC-HVDC [J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(21): 3518-3526.
- [11] 高一波,徐习东,金阳忻,等.交流侧接地故障对直流配电网电压平衡影响[J].电网技术,2014,38(10): 2665-2670.
- GAO Y B, XU X D, Jin Y X, et al. Impact on the voltage balancing of DC distribution network under AC side grounding fault [J]. Power System Technology, 2014, 38(10): 2665-2670.
- [12] 何秋萍,韩永霞,阮耀萱,等. ± 10 kV柔性直流配电系统接地方案研究[J].广东电力,2015,28(12): 109-114.
- HE Q P, HAN Y X, RUAN Y X, et al. Study on the grounding scheme of ± 10 kV flexible DC distribution system [J]. Guangdong Electric Power, 2015, 28(12): 109-114.
- [13] 孙刚,时伯年,赵宇明,等.基于MMC的柔性直流配电网故障定位及保护配置研究[J].电力系统保护与控制,2015,43(22): 127-133.
- SUN G, SHI B N, ZHAO Y M, et al. Research on the fault location method and protection configuration strategy of MMC based DC distribution grid [J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 127-133.
- [14] 毕天姝,王帅,贾科,等.基于短时能量的多端柔性直流单极接地故障线路识别方法[J].电网技术,2016,40(3): 689-695.
- BI T S, WANG S, JIA K, et al. Short-term energy based approach for monopolar grounding line identification in MMC-MT-DC system [J]. Power System Technology, 2016, 40(3): 689-695.
- [15] 和敬涵,张明,罗国敏,等.一种利用故障暂态过程的柔性直流配电网故障测距方法[J].电网技术,2017,41(3): 985-992.
- HE J H, ZHANG M, LUO G M, et al. A fault location method for flexible DC distribution network based on fault transient process [J]. Power System Technology, 2017, 41(3): 985-992.

作者简介:



ZHANG Q

张庆

1969-,男,山东蓬莱人,工程师,电气工程硕士,主要从事电网规划与运维检修的工作(e-mail)jndlzq@163.com。

于光远

1985-,男,山东临沂人,工程师,电气工程硕士,主要从事电网规划的工作(e-mail)15963100862@163.com。

秦昌龙(通信作者)

1987-,男,山东临沂人,工程师,电气工程硕士,主要从事配电网规划的工作(e-mail)2542526519@qq.com。

项目简介:

项目名称 泛在智能配电网快速发展下的接地容量控制及接地方式分区规划研究与应用”(2017B-9)

承担单位 国网济南供电公司

项目概述 项目主要对国外常用接地容量控制及接地方式技术调研;研究泛在智能配电网在新能源接入,故障诊断、恢复及自动重构,多端柔性直流配电网等技术条件下接地配置规划原则,用以指导智能配电网规划中的接地方案选择工作。

主要创新点 (1)借鉴先进国家的短路电流方式选择经验,优化济南电网接地方式选择的技术指标;(2)运用国外先进的PSS软件建立济南电网模型,全景化分区域分析电网接地短路电流水平;(3)对智能配电网快速发展情况下,新能源接入,故障诊断、恢复及自动重构,多端柔性直流配电网等技术条件下进行接地方式适应性分析,确定相关配置规划原则。

(责任编辑 郑文棠)