

交直流电网电压稳定评估方法

Voltage Stability Assessment Method of AC/DC Power Grid

高熙远

Xiyuan Gao

国网榆林供电公司二次检修中心 中国·陕西 榆林 719000

State Grid Yulin Power Supply Company Secondary Maintenance Center, Yulin, Shaanxi, 719000, China

摘要: 电力作为人们日常生活的一个组成部分,在出现问题时会产生无法估量的影响。重视电网电压稳定,确保电力使用安全,投入大量能源、劳动力和物力,是亟待解决的重大问题。随着社会经济的快速发展,中国电力建设规模不断扩大。其中,在交流直流传输系统中,直流变压器需要消耗更多的无功功率,这将严重影响交流直流系统过渡电压的稳定性。因此,有必要深入研究交流直流电力系统过渡电压的稳定性。在此基础上,从影响过渡电压稳定性的因素出发,提出了防止直流系统过渡电压不稳定的预防措施。

Abstract: As a part of People's Daily life, electricity will have an incalculable impact when problems occur. It is one of the major problems to solve the stability of the power grid and voltage, to invest a lot of energy, labor and the inability to be solved. With the rapid development of social economy, the scale of electric power construction in China continues to expand. In the AC/DC transmission system, the DC transformer needs to consume more reactive power, which will seriously affect the stability of the transition voltage of the AC/DC system. Therefore, it is necessary to deeply study the stability of the transition voltage of the AC/DC electric force system. On this basis, starting from the factors affecting the stability of the transition voltage, the paper proposes the unstable prevention precautions.

关键词: 交直流; 电网电压; 稳定; 评估方法

Keywords: AC/DC; power grid voltage; stability; evaluation method

DOI: 10.12346/peti.v5i2.7990

1 引言

过渡电压的稳定性是指电力系统在大干扰后受到冲击后每个负载节点的电压稳定性。站在时间区模拟的角度上,可以将瞬态电压不稳定事故分为两种:一种是耦合电压不稳定事故,另一种是简单地快速电压崩溃事故。在交流直流网络中,为了减少损耗,避免安全事故,必须保持电压的稳定状态。注意交流和直流网络中的稳定电压水平,注意直流和交流连接中出现的各种问题,这些问题增加了动态过程的复杂性。发生故障时,如果直流传输系统在换相过程中失败,交流系统将电抗消耗过多,导致电压不稳定。这一点应该得到更多的关注。目前,中国和其他国家对交流直流电力系统过渡电压稳定性的研究还不够。在此基础上,针对影响过度电

压稳定性的因素,提出了交流直流系统过度电压稳定性丧失的预防措施^[1]。

2 当前直流电网电压稳定研究

随着经济发展,中国出现了远程输电模式,如中国现有的“西向东输电”。远程和大功率传输模式对电压稳定性提出了更高的要求。电压稳定也一直是电力行业的一个关键问题,中国和其他国家许多员工和研究人员对直流系统、无功电压等多方面进行了深入研究。许多专家谈到了电压稳定的重要性:电力系统中的电压稳定表现在恢复稳定电压的能力上,无论系统中出现什么干扰。高压直流传输减少损耗,同时增加功率,影响系统电压稳定性,在一定程度上妨碍系统

【作者简介】高熙远(1989-),男,中国陕西榆林人,本科,助理工程师,从事交直流系统研究。

正常运行。目前的静态分析理论没有很好地分析当前的电压不稳定性，静态分析侧重于基于流方程的系统中的临界点。只要系统运行稳定，流动方程就成立了。然而，随着一些不确定性因素的增加，静态分析相对落后，此时概率评估方法可以更好地帮助分析。在交流直流电网电压稳定动态分析中也存在一些问题，建立交流直流系统模型的过程比较复杂，需要结合各种因素才能找到合适的模型。

电压失稳事故的分类：第一，变压器无故断开等。在这种情况下，电网不会受到短路冲击，而是电流转移到交流系统进行传输，从而降低客户网络中的电压，造成电压不稳定。第二，交流系统短路，直流系统相位变换失败，导致电压稳定性丧失。通过观察交流直流电网不稳定电压下的事故角，我们发现交流系统和直流系统相互作用，两者在交流直流电网电压下协同工作。

不稳定电压事故的原因：第一，随着时间的推移，许多发电厂和传输设备的使用强度已经达到极限，设备老化可能会引起安全问题的关注。第二，随着经济的发展，电力供应情况正在改善。第三，电压质量越来越受到关注。第四，中国目前没有足够的处理能力处理紧张局势崩溃等问题。

目前，中国交流直流电网的形势更加复杂，在动能活跃时期，如果电压不稳定，对中国国民经济的影响将越来越大。然而，在许多情况下，电压稳定无法事先预测，一旦发生，很难恢复。因此，利用互联网技术开发在线评估系统对电压稳定研究具有重要意义^[2]。

3 影响过渡电压稳定性的主要因素

3.1 负载特性

由于负载总线电压的持续降低，负载从系统中吸收的无功功率会对系统的区域无功平衡产生严重影响，从而形成降压正反馈系统。此外，为了平衡输入输出有功功率，动态负载需要自动调整内部电导特性，从而产生不同类型的动态特性，因此容易引起电压不稳定事故。此外，感应电动机是影响过度电压稳定性的主要因素。

3.2 发电机部件及其控制单元

随着发电机无功需求逐渐增加，发电机励磁也越来越大，促使发电机保持强励磁状态，由于励磁绕组热容量的限制，过了一段时间，如果发电机恢复强励磁，这将导致励磁突然减少，导致网络中没有更大的无功功率，最终导致过度电压的稳定性丧失^[1]。

3.3 静态无功补偿器

静态无功补偿器的动态调节可以提高系统瞬态电压的稳定性，如果静态无功补偿器的功率达到一定的极限，它就不再具有无功调节的能力。HVDC系统的严重故障会引起显著的电流偏移，只要电压降低，终端网络对电机无功负载的需求就会继续增加，而固定电容器提供的无功补偿逐渐降低，整个网络的电压开始加速。导致过渡电压不稳定。交流

系统故障排除后，及时恢复直流电源有助于缓解交流系统中出现的功率不平衡，但如果恢复速度太快，很容易导致相位开关延迟故障，影响交流系统过渡电压稳定性的因素，这种特性在多直流电源系统中尤为明显。

4 直流电网电压稳定性评价方法

4.1 建立直流电网电压稳定研究模型

首先，采用双直流交流直流网络模型研究了电压稳定性。当交流系统相对较弱时，会不时发生电压不稳定。

4.2 应使用适当指标计算电压稳定

电压稳定安全指标用于电力系统规划。重点放在两个方面：一个是找到合适的安全指标，另一个是找到精确和快速计算的方法。目前使用的许多安全指标很难完全实现这两个目标，也存在许多问题。例如，精度不足、不安全，这些问题的存在需要不断检测安全指标，实现电压稳定。

第一，沟通系统。

交流系统的静态分析可以用短路系数来测量，交流系统的动态分析也应该用系统的机械惯性来测量。

第二，直流系统。

通过在控制模式和系统电压稳定性之间建立联系，直观地反映系统电压稳定性取决于控制模式。

第三，交流直流电网系统。

通过连接交流和直流系统来实现电压稳定。

4.3 交流直流电网电压稳定性分析

首先，进行灵敏度分析。灵敏度分析基于定性物理概念，通过分析研究变量获得电压稳定指标。它们可以有效地解决系统缺陷。电流方程是灵敏度分析公式的基础，该公式使用某些系统变量来分析对电压稳定的灵敏度。其次，进一步深化灵敏度分析，解决细小尺度灵敏度分析无法识别所有电压崩溃模型的问题。模型类型小，便于模型分析。最后，分析负载。找到该环节的电压崩溃点至至关重要，根据一定的功率，将电压崩溃点传递到电压崩溃点，确定负载储备。评价方法确定电压稳定是电路中的局部问题，确定交流直流网络中的弱节点是控制电压稳定的重要步骤。交流和直流电网电压稳定分析应在整体和局部进行。通过灵敏度分析、模式分析和储备分析，确定整体电压稳定性，计算和分析相关参数，找到系统中不稳定的电压环节，提高整体和局部电压稳定性。通过利用计算机技术和互联网大数据信息，建立在线评估系统，更好地检测电压崩溃点，及时作出响应具有重要意义。

5 提高过渡电压稳定性的有效措施

在现阶段，有效防止过度电压稳定事故的措施主要包括更加重视反应冗余，提高应急反应能力和系统容量，防止远程无功功率传输和应急负载。在此基础上，提高过渡电压稳定性的控制措施具体如下：

①发生紧急故障时，发电机和励磁机的过载能力有助于

减缓电压崩溃。在这种情况下,操作员会改变计划或降低负载,此外,为了增加发电机的输出功率,必须提高发电机末端的电压水平。如果将控制发电机高压侧的直流电压设置为发电机电压自动调节器的控制目标,则电源与负载之间的电气距离减小,从而提高交流直流电力系统过渡电压的稳定性。

②必须对电压和区域不作为进行适当管理,对不作为进行规划。不仅需要使电抗层接近平衡,而且还需要确保有足够的电抗储备,特别是快速的电抗储备,如发电机、调制室和静态电抗补偿器。此外,应采取与分散相结合的预防性控制措施,以便在必要时可自动短路并将电容器单元的一部分连接到电容器上。此外,在高压条件下运行可以降低系统的无功需求,使发电机的运行不接近无功极限。

③一般来说,传统的直流输电控制器不适合应急控制,只适合正常运行或小干扰,这意味着直流控制器在过渡过程中应采用合理的控制方法和对策。为了帮助它们保持更好的强度,更快地适应不同的故障位置和故障类型,减少大扰动故障时逆变器的电抗消耗。此外,在交流直流多馈电系统中,还需要提高逆变器侧交流电压水平及其过渡稳定性。

④使用低压减速器。目前,为了避免电压故障,国内外都采用UVLS自动装置来解决这一问题。如果电力系统发生严重故障,UVLS将努力避免电压急剧下降,并迅速恢复。因此,网络必须配备更智能的设备,以减轻低压负荷。低剪电压是一种非常有效的过渡状态应急电压控制方法。

⑤广域测量和观测系统。WAMS可对宽带电力系统运行状态进行在线测量,可实时监控电力系统动态无功冗余,有助于全面了解系统一般电压状态的薄弱环节,从而从全球角度出发,可以充分考虑其他反应性调节措施,以找到最合适的负载和数量减少点。根据WAMS收集的电压相位信息,系统中的电压分布是实时监控的,一旦过渡电压变得更加有限,WAMS就会自动警告并启动记录。由于现代电力系统在多个控制器之间有更明显的交互,并且容易相互退化,因此它们必须协调。基于WAMS收集的实时信息,可以有效地协调不同的控制器。因此,完全提取WAMS功能也是提高过渡电压稳定性的有效反应。

⑥加强对电力系统瞬态电压稳定性的研究,不断完善自动电压调节设备,并对控制保护系统进行良好的管理和维护,以确保其操作的可靠性。严格按照有关安全准则的规定,实施合理的运行模式组织,将传输流控制在合理的范围内,只有这样才能避免系统中瞬态电压稳定性的丧失。

6 优化电网运行管理方案

首先,在交流直流超高压混合电网运行期间,由于电网功率传输不均匀,可采用直流电源应急控制为核心,因电网交换功率超标问题,建立可靠的交流直流超高压混合电网应急功率控制程序。通过对直流系统传输功率的控制,可以适当提高交直流混合电网的直流传输功率和承载能力,提高超高压交直流混合电网的运行稳定性。值得注意的是,在直流电源应急管理方案中,为了确保电力系统中短路能量的有效释放,超高压交流直流混合电网的维护人员可以集中精力解决更严重的交流电网局部潮汐故障问题。根据直流系统控制的前提,设置直流功率反向下限控制、直流功率增加应急控制等附加措施。超高压电网运行系统维护人员可基于新型混合代数模型建模平台,进一步扩大电磁瞬态建模范围。结合实际稳定性控制装置的配置,对超高压混合电网交流直流特性进行了全面分析。同时,优化直流交流滤波器程序以重新启动。结合延长终端电力系统交流线路的复断时间,可以有效降低直流扰动对混合电力系统交流系统的负面影响^[3]。

7 结语

综上所述,电力系统动态无功短缺是影响瞬态电压稳定性的主要原因。影响这一点的主要因素是负载特性、静态无功补偿器、HVDC以及发电机及其控制元件。此外,充分利用发电机和励磁机的过载能力,合理规划区域反应能力,采取有效的控制措施,配备足够的设备以减轻低压负荷,深入研究WAMS功能,注重瞬态电压稳定性研究,可以有效提高交流直流电力系统瞬态电压稳定性。虽然静态电压稳定性分析方法原则上不严格,所得结果也不可靠,但计算简单,不需要很难精确获得的动态负载特性。适当地电压稳定性动态分析方法不仅面临负载动态模拟的困难,而且在研究实际大规模系统时也面临数值计算的困难。因此,人们仍然对静态分析电压稳定性的方法持积极态度,并试图在雅可比流矩阵的性质和系统电压稳定性之间找到联系。还积极研究将动力系统动态分析技术与静态分析技术相结合的电压稳定分析技术。

参考文献

- [1] 和敬涵,李智诚,王小君,谢毓毓.计及多种控制方式的直流电网潮流计算方法[J].电网技术,2016(3).
- [2] 高峰,谢宁,李阮昭,等.高压直流输电在我国应用的前景分析[J].高科技与产业化,2015(12):4.
- [3] 吴学光,李保宏,许韦华,等.直流控制方式与受端电压稳定性研究[J].智能电网,2015(11):6.