

静止无功补偿装置SVG对电力系统电压稳定性

林 伟

京能电力乌兰察布分公司内蒙古京能岱海新能源有限公司 内蒙古 乌兰察布 013700

摘要：静止无功补偿装置SVG在电力系统电压稳定性中扮演着重要角色。它通过实时检测电网中的无功需求，快速调节输出无功功率，有效平衡电网无功，显著提升电压稳定性。优化SVG的控制策略、结合智能控制系统，以及与发电机、变压器等设备的协调控制，能够进一步提高SVG的补偿效果和电压稳定性。SVG的应用为电力系统的安全、高效运行提供了有力保障。

关键词：静止无功补偿装置（SVG）；风电场；应用

1 电力系统中电压稳定性的重要性

在电力系统中，电压稳定性无疑是至关重要的一环。它直接关系到电网的安全、高效运行，以及供电的可靠性和经济性。在现代社会，电力作为生产生活的基础能源，其稳定性直接关系到社会的稳定和经济的持续发展。第一，电压稳定性对于保障电网安全至关重要，当电压波动过大或不稳定时，不仅会导致设备损坏，还可能引发连锁反应，造成整个电网的崩溃。确保电压稳定是电网安全运行的前提和基础。第二，电压稳定性对于提高电网运行效率具有重要意义，在稳定的电压下，电力设备能够运行在最佳状态，从而提高设备的效率和寿命。稳定的电压还能减少电网中的能量损耗，提高整个电网的运行效率。第三，电压稳定性对于保障供电可靠性至关重要，稳定的电压能够确保电力用户获得稳定、可靠的电力供应，避免因电压波动导致的设备停机、数据丢失等问题。特别是在一些对电力供应要求极高的领域，如医疗、通信等，电压稳定性更是至关重要。第四，电压稳定性对于提高电力系统的经济性也具有重要意义，在稳定的电压下，电力设备能够长时间稳定运行，减少因设备损坏、维修等带来的经济损失。稳定的电压还能提高电网的能源利用效率，降低能源浪费，从而提高了电力系统的经济性。

2 静止无功补偿装置 SVG 的介绍及作用机理

静止无功补偿装置SVG，即Static Var Generator，是一种先进的电力电子装置，旨在动态地补偿电力系统中的无功功率。SVG通过采用全控型电力电子器件构成的桥式变流器，能够迅速、精确地调节其输出或吸收的无功功率，从而实现对电网电压的稳定控制^[1]。SVG的作用机理主要体现在其灵活的无功功率调节能力上。它基于电压源换流技术（VSC），通过控制桥式变流器中电力电子器件的开关状态，可以实时调整交流输出电压的幅

值和相位。当SVG输出电压的相位滞后于电网电压时，它发出感性无功功率，补偿电网的感性无功功率；反之，当SVG输出电压的相位领先于电网电压时，它发出容性无功功率，补偿电网的容性无功功率。这种双向无功补偿的能力使得SVG能够在各种电网工况下保持稳定的电压输出。SVG还具有响应速度快、补偿范围广、系统稳定性高、节能效果显著以及维护方便等优点。其毫秒级的响应速度能够迅速响应电网的无功需求，提高电能质量；SVG可以实现感性、容性以及双向无功补偿，适用于各种类型的电网故障；先进的控制策略如预测控制和直接功率控制等，能够有效地提高电网的稳定性；通过精确控制无功功率的流动，SVG能够减少线路损耗，提高系统的功率因数；而模块化设计则使得SVG在故障时可以快速更换模块，降低了维护成本。

3 SVG 对电力系统电压稳定性影响的研究

3.1 SVG对无功功率补偿的影响

SVG对电力系统电压稳定性影响的研究是一个深入且关键的领域。随着电力系统的不断发展和电力负荷的日益增长，电网电压的稳定性成为了确保系统安全、高效运行的关键因素。SVG对电力系统电压稳定性的影响主要体现在其快速、精确的无功功率调节能力上。SVG通过控制其内部电力电子器件的开关状态，可以实时调整交流输出电压的幅值和相位，从而实现了对电网无功功率的动态补偿。当电网中无功功率不足时，SVG可以迅速发出感性或容性无功功率，以平衡电网中的无功需求，保持电压的稳定。这种快速响应和无功补偿的精准性，使得SVG在电力系统中起到了关键的电压支撑作用。SVG对无功功率补偿的影响也是显著的，在传统的电力系统中，无功功率的补偿主要依赖于电容器和电感器等被动元件。然而，这些被动元件无法根据电网的实际无功需求进行实时调节，且其补偿效果受到电网电压

波动和负载变化的影响较大。相比之下,SVG作为一种主动补偿装置,可以实时检测电网中的无功功率需求,并通过控制其输出或吸收的无功功率来实现对电网的无功补偿。这种主动补偿的方式不仅提高了无功功率补偿的效率和精度,还有助于优化电网的功率因数,减少线路损耗,提高系统的整体效率。SVG在无功功率补偿方面的应用还具有一些独特的优势。例如,SVG可以实现双向无功补偿,即既可以发出感性无功功率也可以发出容性无功功率,从而适应不同类型的电网故障。同时,SVG还可以根据电网的实际需求进行快速、平滑的无功功率调节,避免了传统被动补偿方式中可能存在的过补或欠补问题。

3.2 SVG对谐波治理的影响

SVG在电力系统电压稳定性影响的研究中占据了举足轻重的地位。SVG对电力系统电压稳定性的影响主要体现在其动态无功补偿的功能上,在电力系统中,无功功率的波动往往会导致电压的不稳定。SVG通过实时监测电力系统的无功需求,快速调整其输出的无功功率,以维持电力系统的无功平衡,进而稳定电网电压。SVG的这种快速响应和精确调节的能力,对于保障电力系统的电压稳定性具有至关重要的作用。SVG在谐波治理方面也发挥了显著的影响,在电力系统中,谐波是一种普遍存在的现象,它会对电网的电能质量产生负面影响,如导致电压波形畸变、增加线路损耗等。SVG作为一种先进的电力电子装置,其工作原理和设计特性使其具有出色的抗谐波能力。SVG采用先进的控制算法和滤波器技术,可以实时检测电网中的谐波,并通过发出与谐波电流相位相反的电流来抵消谐波电流,从而实现谐波的治理。这种治理方式不仅可以减少谐波对电网的负面影响,还可以提高电网的电能质量和稳定性。SVG在谐波治理方面的应用,不仅解决了传统电容器等被动补偿装置无法有效治理谐波的问题,还克服了传统有源滤波器成本高、结构复杂等缺点^[2]。

3.3 SVG在不同扰动条件下的性能评估

SVG在电力系统电压稳定性影响的研究中占据了核心地位。随着电力系统对电压稳定性要求的不断提高,SVG作为一种先进的无功补偿装置,其性能评估在多种扰动条件下显得尤为重要。SVG在电力系统中的主要作用是动态补偿无功功率,以维持电压的稳定。在电力系统运行过程中,可能会遇到各种扰动,如负荷的突然变化、发电机组的投切、短路故障等。这些扰动都会导致电网中的无功功率出现不平衡,进而引发电压波动。SVG能够实时监测电网的无功功率需求,并通过快速调

整其输出的无功功率来平衡电网中的无功,从而稳定电压。为了全面评估SVG在不同扰动条件下的性能,需要模拟各种扰动场景,并观察SVG的响应和调节效果。同样,在发电机组投切或短路故障发生时,SVG也应能够迅速响应,通过调整其输出或吸收的无功功率来平衡电网中的无功,防止电压崩溃。性能评估的指标可以包括SVG的响应时间、调节精度、稳定性等。响应时间是指SVG从感知到扰动到开始调节输出的时间,它反映了SVG的实时性和快速性。调节精度是指SVG在调节过程中能够准确控制其输出的无功功率,以满足电网的需求,它反映了SVG的精确性和可靠性。

3.4 SVG控制策略对电压稳定性影响的分析

SVG在电力系统电压稳定性影响的研究中占据着核心地位。SVG的控制策略决定了其无功补偿的响应速度和精度,进而影响了电力系统的电压稳定性,在电力系统中,电压的稳定性直接关联到电能质量和系统运行的可靠性。当系统发生无功功率不平衡时,SVG通过快速响应和精确调节,能够有效地补偿无功功率,维持电压的稳定。具体而言,SVG的控制策略通常包括电压控制和电流控制两种方式。电压控制策略主要关注电网电压的波动,通过测量电压信号,控制SVG的输出电压,以达到稳定电网电压的目的。这种策略能够直接针对电压变化进行补偿,对于由负荷变化、电源波动等因素引起的电压波动具有良好的补偿效果。电流控制策略则侧重于无功功率的精确补偿,通过测量电流信号,控制SVG的输出电流,以实现无功功率的精确调节。电流控制策略能够确保SVG在复杂多变的电力系统中准确判断无功功率的需求,并快速响应,有效抑制电压波动,提高电压稳定性。在SVG的控制策略中,稳定性和响应速度是评估其性能的重要指标。稳定性是指SVG在长时间运行和频繁调节过程中能够保持其性能的稳定,不出现失效或故障。响应速度则反映了SVG对电网无功功率变化的响应能力,决定了其补偿的及时性和有效性^[3]。在SVG控制策略的设计和优化中,需要综合考虑稳定性和响应速度等因素。通过合理的控制算法和参数设置,可以实现SVG对电网无功功率的快速、准确补偿,从而有效提高电力系统的电压稳定性,SVG的控制策略还需要考虑电力系统的实际情况和需求。

4 SVG在电力系统电压稳定性中的优化策略

随着电力系统规模的不断扩大和复杂性的增加,电压稳定性成为了确保电网安全、高效运行的关键因素。SVG作为一种先进的无功补偿装置,在提升电力系统电压稳定性方面发挥着重要作用。

4.1 SVG控制策略的优化

SVG的控制策略直接决定了其无功补偿的效果和电力系统的电压稳定性。优化SVG的控制策略是提高其性能的关键。可以采用先进的控制算法,如预测控制、直接功率控制等,以提高SVG的响应速度和补偿精度。预测控制能够提前预测电网的无功需求,使SVG能够提前进行补偿,减少电压波动。直接功率控制则能够直接控制SVG的输出功率,实现对无功功率的精确补偿。考虑到电力系统中存在的非线性、不确定性因素,可以引入自适应控制策略。自适应控制能够根据电力系统的实际运行状态,自动调整SVG的控制参数,以适应不同的运行条件。这种策略能够提高SVG的适应性和鲁棒性,进一步提升电力系统的电压稳定性。

4.2 智能控制系统对电压稳定性提升的效果

随着人工智能和大数据技术的快速发展,智能控制系统在电力系统中的应用越来越广泛。智能控制系统能够实时收集、处理和分析电力系统的运行数据,为SVG的控制提供更为准确、全面的信息支持。在SVG的应用中,智能控制系统可以通过以下方式提升电压稳定性:首先,智能控制系统能够实时监测电网的电压和无功功率状态,为SVG提供精确的补偿指令。其次,智能控制系统能够根据历史数据和实时数据,预测电网的未来运行状态,提前调整SVG的控制策略,以应对可能的电压波动。最后,智能控制系统还能够与其他控制系统进行协同工作,实现对整个电力系统的优化控制,进一步提高电压稳定性。

4.3 SVG与其他设备的协调控制

在电力系统中,SVG并不是孤立的设备,它与其他设备如发电机、变压器、电容器等共同构成了电力系统的无功补偿体系。SVG与发电机的协调控制可以实现无功功率的互补,发电机是电力系统中的无功电源之一,其发出的无功功率可以部分补偿电网中的无功需求。

SVG可以实时监测电网的无功功率状态,并与发电机进行协调控制,确保发电机发出的无功功率与电网需求相匹配,从而减少SVG的补偿压力,提高电压稳定性。SVG与变压器的协调控制可以优化电网的电压分布,变压器是电力系统中的重要设备之一,其变比和档位的选择会影响电网的电压分布^[4]。SVG可以与变压器进行协调控制,根据电网的实际需求调整变压器的档位,使电网电压保持在合理的范围内,进一步提高电压稳定性。SVG与电容器的协调控制可以实现无功功率的分层补偿,电容器是电力系统中的另一种无功补偿设备,其补偿效果与SVG有所不同。SVG可以与电容器进行协调控制,根据电网的实际需求选择合适的补偿方式,实现无功功率的分层补偿,提高补偿效果和电压稳定性。

结束语

SVG作为电力系统中不可或缺的静止无功补偿装置,其在维护电压稳定性方面的作用不可忽视。随着电力技术的不断发展,SVG的性能和应用也将持续优化和完善。期待SVG在未来的电力系统中发挥更大的作用,为电网的稳定运行贡献更多力量。同时,也需要不断研究和探索新的控制策略和技术,以满足电力系统对电压稳定性日益严格的要求。

参考文献

- [1]褚晨.静止无功补偿装置SVG对电力系统电压稳定性的影响机理[J].数码设计(上),2020,9(2):113.
- [2]陈亮亮,张堃,于佼,等.青海莫合风电场330kV升压站SVG无功补偿装置协调控制系统的设计[J].西北水电,2019,(5).DOI:10.3969/j.issn.1006-2610.2019.05.018.
- [3]李慧波.无功补偿装置在降低线损和稳定电压方面的比较研究[J].上海节能,2019,(7).DOI:10.13770/j.cnki.issn2095-705x.2019.07.007.
- [4]江文辉.无功功率发生器SVG在电力系统中的应用[J].铜业工程,2021,(2).DOI:10.3969/j.issn.1009-3842.2021.02.023.