

# 电力系统负荷对电压稳定性影响因素研究

雷 薇

国网天津市电力公司城西供电分公司 天津 300000

**摘要：**目前是我国的电网建设与发展的一个新浪潮时期，因此建设稳定的供电系统以及电压已经成为国民建设的重中之重。稳定的电力系统与电压不稳定或电压崩溃的情况相比更加便捷、智能，也为城市居民生活提供了更多的便利。但是我国的电网在建设过程中还存在一些问题，电压不稳定和电压崩溃的情况还时常发生，因此深入研究电力系统负荷对电压稳定性的影响，对于预防和应对潜在的电压稳定问题具有重要意义。

**关键词：**电力系统负荷；电压稳定性；影响因素

引言：在当今高度依赖电力的现代社会中，电力系统的稳定性和可靠性成为了国家经济、社会发展和民众生活的基石。而电压稳定性，作为衡量电力系统运行状态的重要参数之一，维持其稳定对于确保电网的安全、高效和经济运行具有至关重要的作用。电力负荷的波动和不确定性可能导致电压波动，甚至可能引发电压崩溃等严重事故。因而，深入研究电力系统负荷对电压稳定性的影响，对于预防和应对潜在的电压稳定问题具有重要意义。为此，论文探讨了电力系统负荷变化对电压稳定性的具体影响，并提出相应的控制策略和建议，以期为电力系统的规划、设计和运行提供理论支持和实践指导。

## 1 维持电压稳定性的重要性

### 1.1 保障电网安全运行

电力系统中，各种电气设备的正常运行均依赖于稳定的电压水平。当电压发生大幅度波动或失稳时，可能导致电气设备的绝缘损坏、过热、甚至烧毁，进而引发停电事故，给人们的生产生活带来极大的不便。特别是对于关键基础设施来说，如医院、数据中心等领域，电压失稳可能直接导致设备故障，影响公共服务的正常运行，甚至造成生命财产损失。因而，维持电压稳定性是确保电网安全、稳定运行的首要任务。

### 1.2 提高电力系统的运行效率和经济性

众所周知，电压的波动会直接影响电力设备的效率。具体表现如下：比如，当电压降低时，电动机的功率因数会下降，导致电流增大，损耗增加，从而降低了整个电力系统的效率<sup>[1]</sup>。与此同时，电压失稳还可能引发电网的频率波动，影响发电机组的稳定运行，进一步增加电网的运营成本。而维持电压稳定性，则能够确保电力设备的运行在最佳状态，提高电网的效率和经济性。

1.3 维持电力市场的健康发展和电力资源的优化配置  
面对电力市场，电压的稳定性直接决定着电力价格

的波动和电力交易的顺利进行。一方面，电压失稳可能导致电力供应不足或过剩，进而引发电力价格的剧烈波动，最终深刻影响电力市场的公平竞争和消费者的利益。另一方面，电压稳定性也是电力资源优化配置的基础。维持电压稳定性，可以确保电力资源的合理分配和高效利用，促进电力市场的健康发展。

### 1.4 促进可再生能源的有效接入和利用

随着现阶段可再生能源在电力系统中的占比不断提高，其波动性和间歇性对电压稳定性带来了新的挑战。由于稳定的电压有助于确保可再生能源发电设备的正常运行和输出功率的稳定，提高其发电效率和可靠性。所以，维持电压稳定性能够为可再生能源的有效接入提供良好的电网环境。而且，也能更好地实现可再生能源与传统能源的协同运行，促进电力系统的可持续发展，为实现能源转型和绿色发展目标奠定坚实基础。

## 2 负荷对电压稳定性的影响因素分析

### 2.1 负荷大小

负荷的大小是影响电压稳定性的关键因素之一。其影响深究如下：当负荷增加时，系统中的电流随之增大，导致线路和变压器的压降增加，母线电压下降。若负荷增长过快，超出系统供电能力，可能引发电压崩溃。而负荷集中增长尤其危险，可能导致局部电压过低，影响设备运行，甚至造成停电。相反，负荷减少时，电流减小，压降降低，母线电压可能升高，过高的电压同样可能损坏设备或引起过电压，威胁系统安全稳定运行。

### 2.2 功率因数

功率因数是衡量电力负荷对电网产生无功功率影响的重要指标。低功率因数意味着负荷需要消耗更多的无功功率，其结果会增加系统中的无功电流，导致线路和变压器的压降增大，从而使电压下降，最终影响电压稳

定性,而且为了满足无功需求,电网必须增设更多的无功补偿设备,此举无疑增加了系统的投资和运行成本。相反,高功率因数负荷所需的无功功率较少,系统中的无功电流相应减小,线路和变压器的压降也随之降低,从而提高了电压稳定性<sup>[2]</sup>。除此之外,高功率因数还有助于减少无功补偿设备的投资和运行成本,提升整个电力系统的经济效益。因而,优化功率因数对于维护电压稳定性、降低系统成本具有重要意义。

### 2.3 动态特性

负荷的动态特性对电压稳定性有着显著影响。电动机负荷方面,启动时冲击电流大,若系统中电动机数量多或容量大,会导致电压下降,影响其他负荷正常运行。运行中,电动机的转速和转矩随电压变化,电压下降会使输出功率减小,可能引发电动机过载或停转,进一步影响系统稳定性。电子设备负荷同样影响电压稳定性,其对电压变化敏感,电压波动超允许范围时会出现故障或性能下降,如计算机死机、数据丢失,通信设备中断通信。而且大量电子设备接入可能增加系统谐波含量,影响电压质量,也对电压稳定性产生不利影响。也就是说,无论是电动机还是电子设备负荷的动态特性,都在不同方面给电压稳定性带来挑战,需要在电力系统设计和运行中加以重视和应对。

### 2.4 负荷分布

当负荷集中在某一区域时,该区域的电力需求会急剧增加,导致线路和变压器承受沉重负载,进而引发电压显著下降。一旦负荷集中度过高,超出了系统的供电极限,便有可能触发电压崩溃,造成广泛且严重的电力供应中断现象。更严重的是,负荷的集中分布还容易导致系统无功功率的不均衡分配,使得局部地区陷入无功短缺的困境,从而进一步削弱电压稳定性<sup>[3]</sup>。相比之下,负荷的分散分布则展现出诸多优势。它能够有效减轻线路和变压器的负载压力,降低电压降,进而提升电压稳定性。更为重要的是,负荷分散分布有利于实现无功功率的就地平衡补偿,从而提高整个系统的功率因数,显著改善电压质量。

## 3 提高电压稳定性的策略和措施

### 3.1 优化负荷管理

为提高电压稳定性,优化负荷管理是关键策略之一。为此,需采取的具体策略如下:3.1.1调整产业布局和优化电力用户的接入,可实现负荷的合理分布,从而减轻局部地区的电力负担。这种合理的负荷分布有助于降低线路和变压器的负载压力,进而提高电压稳定性。3.1.2鼓励用户采用分布式电源和储能设备。分布式电源

和储能设备能够实现负荷的就地平衡,减少长距离输电带来的损耗和压降,从而提高电压质量。3.1.3提高负荷功率因数。推广使用高效节能设备,可以降低负荷的无功需求,从而提高功率因数。并且,安装无功补偿设备,如电容器、电抗器等,可以对系统进行无功补偿,进一步提高电压稳定性。3.1.4控制负荷增长速度。加强电力需求侧管理,引导用户合理用电,避免负荷的过快增长,可以有效防止系统过载。在此基础上,制定科学的电力发展规划,确保电力系统的供电能力与负荷增长相适应,也是维持电压稳定的关键所在。

### 3.2 加强电网建设

第一,优化电网结构,合理规划变电站和输电线路。科学的布局能够提高电网的供电可靠性和电压稳定性。精心的设计,可减少线路损耗和电压降,确保电力能够高效、稳定地输送到各个用户。并且,加强电网的互联和互供能力也不可或缺。此举有助于实现电力资源的优化配置,当某个区域出现电力供应紧张或故障时,可以迅速从其他区域调配电力,提高系统的抗干扰能力,保障整体电网的稳定运行。第二,提高电网设备性能<sup>[4]</sup>。采用先进的变压器、开关设备等,能提升电网的运行效率和电压调节能力。先进设备具有更高的精度和可靠性,能够更好地适应不同的负荷变化和运行条件。第三,加强电网的智能化建设。实时监测和控制电网运行状态,可及时发现电压稳定性问题,并迅速采取相应措施进行处理。智能化系统能够收集大量数据,进行科学分析和预测,能够提前预警潜在的电压不稳定风险,为电网的安全稳定运行提供有力保障。

### 3.3 采用先进的控制技术

有效提升电力系统的电压稳定性离不开先进的控制技术。为此,需从多个方面入手:

3.3.1 无功补偿控制技术是一个重要的手段。引入静止无功补偿器(SVC)和静止同步补偿器(STATCOM)等先进设备,能够实现对系统无功功率的快速、精确调节。这些设备不仅能根据电力系统的实际需求进行动态补偿,还能在负载变化或系统故障时迅速响应,有效维持电网电压的稳定。

3.3.2 结合智能电网技术,可以对无功补偿设备进行更为合理的优化配置和协调控制。智能电网技术以其强大的数据分析和处理能力,能够实时监测电力系统的运行状态,并据此调整无功补偿设备的控制策略,从而达到提高系统整体性能的目的。

3.3.3 电压稳定控制技术的合理运用。自动电压调节器(AVR)和低压减载装置等设备的开发与应用,使

我们能够对系统电压进行实时监测和控制。在电压波动较大或存在潜在崩溃风险时,这些设备能够迅速采取行动,有效防止电压崩溃事故的发生。而为了更好地应用技术,相关机构与企业还需借助电力系统的动态仿真和分析技术,制定科学合理的电压稳定控制策略。以上策略的实施,可以进一步提升电力系统的安全性和可靠性,确保其在各种工况下都能保持稳定的运行状态。

### 3.4 加强电力系统监测与预警

加强电力系统监测与预警,能够为电压稳定性管理提供有力的技术支持,确保电力系统的安全稳定运行。第一,安装先进的传感器和监测设备,可实时获取电力系统的各项运行参数,如电压、电流、功率等。科学的数据能够及时反映系统的运行状态,为电压稳定性分析提供依据<sup>[5]</sup>。利用大数据分析和人工智能技术,对监测数据进行处理和分析,可提前发现潜在的电压不稳定因素。比如,当监测到负荷增长过快、无功功率不平衡等情况时,系统可以发出预警信号,提醒相关人员采取措施。第二,积极建立完善的预警机制,制定应急预案,在电压不稳定情况发生时能够迅速响应,采取有效的控制措施,以防止电压崩溃事故的发生。

### 3.5 提升人员技术水平与管理能力

提高电压稳定性需先进的技术和设备,还需提升人员的技术水平和管理能力。一是对电力系统工作人员进行专业培训,使其掌握先进的电力技术和管理方法,能够更好地应对各种复杂的电力系统运行情况。培训内容应涵盖电力系统分析、控制技术、设备维护等方面。二是建立科学的管理体系,明确各部门和人员的职责,加强协作与沟通,提高工作效率。日常管理工作中要注重对电力系统的运行维护,及时发现和处理各种潜在的设备故障,最大程度地确保设备的正常运行。三是应加强对电力市场的监管,规范电力交易行为,保障电力系统的稳定运行。提升人员技术水平与管理能力,是提高电压稳定性的重要保障。

### 3.6 推动科技创新与合作

推动科技创新与合作是提高电压稳定性的重要策略。在科技创新方面,应加大对电力科研的投入,鼓励科研机构和企业研发新型的智能电网技术。像是开发

先进的电力电子设备,能够实现对电压的快速、精确调节,有效应对各种复杂的电力系统工况。然后,利用大数据、人工智能等技术对电力系统进行实时监测和分析,提前预测电压不稳定风险,并制定相应的控制策略。而仅仅只是推动科技创新远远不够,合作也是关键环节。应加强国内不同地区电力企业之间的合作,实现电力资源的优化配置和共享。合作可以共同应对大规模电力系统的稳定性问题,提高整体的抗风险能力。对于国际层面来说,积极参与国际电力技术交流与合作,引进国外先进的电压稳定技术和管理经验。与国际科研机构合作开展联合研究项目,共同攻克电力系统稳定性难题。另外,建立产学研合作机制,促进科研成果的转化和应用,将创新技术迅速应用到实际电力系统中,为提高电压稳定性提供有力支撑。

结语:综上所述,维持电压稳定性对于保障电网安全运行、提高电力系统运行效率和经济性、促进电力市场健康发展以及应对新能源接入带来的挑战都具有重要意义。因此,我们应该高度重视电压稳定性的问题,加强相关研究和技术创新,推动电力系统的优化升级和可持续发展。同时,政府、企业和公众也应共同努力,形成合力,共同维护电力系统的稳定性和可靠性,为构建安全、高效、绿色的现代能源体系贡献力量。

### 参考文献

- [1]谢文涛.变电站自动无功控制装置的研究与实现[J].电气开关,2021,59(05):30-33.
- [2]席嫣娜,王方敏,李占赫,等.计及系统级控制的柔性直流牵引供电系统潮流计算方法[J].电工电能新技术,2021,40(02):9-14.
- [3]肖勇,肖小兵,金鑫,等.含储能和分布式光伏的配电网系统计及静态电压稳定性的多目标优化[J].广东电力,2024,37(04):24-32.
- [4]彭琦,涂建,高珍,等.基于蛇优化算法的电力系统无功优化[J].现代电子技术,2024,47(08):126-130.
- [5]马喜平,李亚昕,梁琛,等.考虑高比例多元调节资源互动的配电网无功优化降损方法[J].中国电力,2024,57(01):123-132.