

# 调相机对光伏电站并网点电压稳定性影响

王彦辉 张娟霞

国网宁夏电力有限公司宁东供电公司 宁夏 银川 750411

**【摘要】**：电压稳定性是光伏电站并网过程中的关键问题，尤其是对于调相机的使用。在电力系统中，调相机作为重要的调节工具，对电网的电压稳定性起到了至关重要的作用。本文分析了调相机对光伏电站并网点电压稳定性的影响，探讨了不同调节方式下电网电压的响应特性，重点关注调相机调节参数的选择与控制策略的优化。通过仿真分析和实验验证，提出了一种优化的调相机调节方案，以确保电压的稳定性和系统的安全性。研究表明，调相机能够有效提高光伏电站并网点的电压稳定性，从而增强电网的可靠性。

**【关键词】**：调相机；光伏电站；并网点；电压稳定性；优化调节

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.059

## 引言

在全球能源转型的背景下，光伏电站的并网已成为电力系统的重要组成部分。由于光伏发电的波动性和不稳定性，电网在光伏电站并网后容易出现电压波动甚至不稳定的情况。为了解决这一问题，调相机作为一种可调节设备，能够有效稳定电压，提升电网的可靠性。调相机通过调节系统功率因数及其对电压的影响，发挥了重要作用。电压稳定性直接影响到电力系统的安全运行，而光伏电站并网点的电压波动不仅影响系统的稳定性，还可能引起设备的损坏。因此，深入研究调相机对光伏电站并网点电压稳定性的影响，并优化其调节策略，已成为保障电网稳定运行的重要课题。

## 1 调相机与电压稳定性之间的关系

### 1.1 调相机在电网中的作用

调相机作为电网中的调节设备，主要通过调整电力系统的无功功率来稳定电网的电压。它能够实时响应电网负荷波动、发电量变化等情况，调节电压水平，确保电网电压在设定范围内，避免过高或过低的电压对设备的影响。在光伏电站并网过程中，调相机能够有效补偿光伏发电的波动性，调节电网的无功功率输出，维持电压的稳定。调相机通过调节电网中的相位差，使得电压波动得以平缓，有助于提高电网的稳定性和安全性，尤其在大规模可再生能源接入的背景下，调相机的作用显得尤为重要。

### 1.2 电压稳定性的重要性

电压波动过大或过小会直接影响设备的正常运行，甚至可能导致电网崩溃。在光伏电站并网的情况下，电网的电压稳定性尤为重要，因为光伏发电的间歇性和不稳定性可能导致电网频繁发生电压波动<sup>[1]</sup>。电压过低可能导致设备无法正常启动或停止运行，而电压过高则可能损坏电力设备，甚至引发电力系统事故。因此，维持电网的电压稳定是保障电力系统安全可靠运行的关键，尤其是在光伏等可再生能源的大规模并网背景下，电压稳定性的重要性愈加突出。

### 1.3 光伏电站并网点电压波动的原因分析

光伏电站并网点的电压波动主要受到光伏发电量波动、负荷变化和电网调度能力等因素的影响。光伏发电量的波动性较大，尤其在日照条件变化或天气不稳定的情况下，发电量可能大幅波动，导致电网电压的波动。光伏电站的无功功率输出不足或过多，也可能引发电压的不稳定。负荷的变化也是影响电压稳定性的因素之一，尤其是负荷突然增加或减少时，电压容易发生剧烈波动。电网的调节能力若不足，也无法有效应对这些波动，导致并网点电压出现异常波动。通过调相机对无功功率的调节，能够有效缓解这些问题，保持电网的电压稳定。

## 2 调相机对电压稳定性的影响机理

### 2.1 调相机调节原理解析

调相机的主要功能是通过调节电网中的无功功率输出来维持电压稳定。其原理基于对电力系统相位差的调节，通过改变电力系统的相位角，调相机能够调节电网的无功功率，并与电网中其他设备进行配合，确保电压保持在一个适当的范围内。在电网中，无功功率的调节影响着电压水平。调相机通过控制无功功率的输出或吸收，调节电网的电压，满足电压稳定性要求。在不同的负荷变化、发电量波动以及电网结构变化下，调相机的调节策略能够迅速响应，保证电网电压不出现剧烈波动。其调节原理对于光伏电站并网点尤为重要，因为光伏发电的波动性使得调相机的作用更加关键，确保电网在光伏并网后的电压稳定性。

### 2.2 调相机对电压稳定性的作用分析

调相机在电网中的作用至关重要，尤其是对光伏电站并网点的电压稳定性。在电力系统中，调相机通过调节无功功率，直接影响电网的电压水平。电网中的电压波动通常由负荷变化、发电波动以及无功功率的不平衡引起。调相机能够补偿因负荷波动或发电不稳定所导致的无功功率不足，从而维持电网电压在稳定范围内。对于光伏电站，调相机能有效应对光伏发电的波动性，防止由于光伏发电过高或过低而导致电压不稳定

[2]。通过实时监测和调节,调相机不仅提高了电网的电压调节能力,还增强了电网对光伏电站等可再生能源波动的适应性。调相机在电压稳定性方面的作用,使其成为电网中不可或缺的调节设备。

### 2.3 调相机参数设置对电压稳定性的影响

调相机的性能及其对电压稳定性的影响与其参数设置息息相关。调相机的主要调节参数包括无功功率调节范围、响应时间和控制策略等,这些参数的选择直接决定了其在电网中的调节效果。在光伏电站并网过程中,调相机的无功功率调节范围需要根据电网负荷和光伏发电的变化情况进行精确设置,过小的调节范围可能无法应对大幅度的电压波动,过大的调节范围则可能导致电压过于剧烈的波动。调相机的响应时间同样对电压稳定性有重要影响,过长的响应时间会导致电网电压无法迅速恢复到稳定状态,从而影响电网的运行安全。精确的参数设置能够最大化调相机对电网电压稳定性的调节作用,特别是在面对光伏电站并网后的电压波动时,合理的调节策略能有效提高电网的电压稳定性和可靠性。

## 3 光伏电站并网点电压稳定性优化方法

### 3.1 传统调相机调节方法的不足

传统调相机调节方法通常依赖于固定的调节策略和预设的调节参数,但这种方法在光伏电站并网后的电压稳定性方面存在一定局限性。光伏电站的发电特性具有较强的波动性,这种波动常常对电网电压产生较大的冲击,传统的调相机调节方法无法及时响应快速变化的电网状态。由于光伏电站的发电量受天气、季节和日照等因素影响,发电量随时可能发生剧烈波动,这种波动对电网的电压稳定性带来了挑战。而传统调相机的调节范围和响应速度有限,难以满足光伏电站并网时对电网快速调节的要求。尤其在光伏发电快速增加或减少时,传统调相机往往未能及时调整无功功率,导致电网电压出现波动,影响电力系统的安全运行。传统调相机调节策略未能考虑到电网中其他电力设备的协同作用,可能会导致调节过程中的资源浪费和效率低下。传统方法亟需进行优化,以适应现代电网中光伏等可再生能源的接入。

### 3.2 优化调节策略设计

优化调节策略的设计,主要目的是提高调相机对光伏电站并网点电压稳定性的响应能力和调节精度。在传统调节方法的基础上,优化策略应考虑更精细化的无功功率调节模型和更为灵活的调节机制。为应对光伏电站的发电波动,优化调节策略需要具备较快的响应时间和宽广的调节范围,使其能够实时调整电网中的无功功率,保证电压在设定范围内<sup>[3]</sup>。优化策略可以通过引入智能算法,如模糊控制、PID控制、神经网络等,实时根据电网的负荷变化、光伏发电量的波动及电压水平,自动调节调相机的输出功率,达到电压稳定的目标。优化策略还

应考虑调相机与其他电网设备的协调工作,例如与电力储能系统、自动化控制系统等的配合,最大程度地提高电网的调节能力和电压稳定性。优化设计还需要进行多场景的仿真测试和实验验证,确保在各种不同条件下都能够有效发挥作用。通过这种精确控制和协同作用,调相机能够更高效地应对光伏电站并网后可能出现的电压波动,提升电网整体的稳定性和安全性。

### 3.3 仿真与实验分析结果

为了验证优化调节策略的有效性,仿真与实验分析成为关键环节。通过建立电网模型,仿真可以模拟不同光伏电站并网场景下电网的电压波动情况,以及调相机在各种条件下的调节响应。在仿真过程中,考虑光伏电站的发电特性、负荷变化、气候因素等变量,模拟不同情况下电网电压的变化。仿真结果表明,在优化调节策略的支持下,调相机能够快速响应电网电压波动,及时调整无功功率输出,有效抑制电压波动,保证电网在光伏电站并网后的电压稳定性。通过与传统调节方法的对比,优化调节策略的响应速度更快,调节精度更高,且在面对较大负荷波动和光伏发电波动时,能够实现更好的电压控制效果。进一步的实验验证则通过在实际电网环境中对优化调节策略进行测试,结果显示该策略在多个测试场景下均能有效提升电压稳定性,尤其是在光伏电站并网后的电网电压波动问题上,优化调节策略的效果尤为显著。实验数据与仿真结果一致,进一步证明了优化调节策略在实际应用中的可行性和有效性。

## 4 调相机在不同条件下的电压稳定性表现

### 4.1 负荷变化对电压稳定性的影响

负荷变化是电网电压波动的重要因素,特别是在电网负荷波动较大的情况下,电压的稳定性面临更大的挑战。电力系统中的负荷变化往往是突发性的,当负荷大幅增加时,电网中的电压可能出现下降,而负荷减少时则可能导致电压上升。这种波动性直接影响电网的电压控制要求,需要调相机及时响应。调相机通过调节无功功率的输出,可以对电网电压进行有效调节。当负荷突然增加时,调相机会自动增加无功功率的输出,以补偿电压下降的趋势;相反,当负荷减少时,调相机会适度降低无功功率输出,防止电压过高。负荷波动不仅影响电压的瞬时变化,也可能引发长时间的电压不稳定,因此调相机必须具有快速、精确的响应能力,确保在负荷变化较大时,电压能够及时恢复到稳定状态。

### 4.2 光伏电站输出波动对电压的影响

光伏电站的输出波动性是影响电网电压稳定性的一个重要因素。光伏发电量通常与太阳辐射强度密切相关,受到天气、季节等外部条件的影响,因此其输出功率波动较大。尤其在阴天或云层变化时,光伏电站的发电功率会出现剧烈波动,这直接影响并网点的电压稳定性<sup>[4]</sup>。调相机在这种情况下起到了调节电网电压的关键作用。当光伏电站发电功率下降时,调相机

会自动增加无功功率输出,以弥补电网中无功功率的不足,避免电压因功率缺失而下降;当光伏发电量迅速增加时,调相机则会减少无功功率输出,防止电压过高。光伏电站输出的波动性要求调相机具有较高的响应速度与调节精度,能够根据发电量的变化,迅速调整无功功率输出,确保电网电压不受到剧烈波动的影响,维持电网的平稳运行。

#### 4.3 调相机调节参数在不同场景下的优化

调相机的调节参数设置对电压稳定性有着直接的影响。在不同的电网运行环境和负荷需求下,调相机的参数需要进行灵活调整,以适应电网的动态变化。调节参数如无功功率调节范围、响应时间和控制策略的选择,对电网电压的影响至关重要。在光伏电站并网的情况下,调相机必须具备较快的响应时间,以应对光伏发电量的波动性。优化调节参数能够提高调相机在电网中的调节效率,例如在光照变化剧烈时,调相机的调节幅度应较大,以应对电网电压的波动。而在负荷变化较平稳的情况下,调相机的调节幅度可以适当减小,避免过度调节。针对不同的场景需求,调相机的调节参数应根据实际情况进行优化,以达到最佳的电压稳定性效果。通过模拟与实验研究,调整调节参数可以显著提高调相机对电压波动的应对能力,确保电网在各种运行条件下保持稳定。

### 5 优化调相机调节策略的实现与效果

#### 5.1 优化算法的设计与实现

优化算法的设计在提高调相机调节效率中扮演着至关重要的角色。为了适应电网中负荷变化和光伏发电波动带来的挑战,采用了基于实时数据的智能控制算法。该算法通过动态调整调相机的无功功率输出,确保电压始终保持在稳定范围内。通过对电网状态的实时监控,结合模糊控制或自适应PID控制算法,系统能够根据负荷波动和光伏发电量的变化,自动调节调相机的工作状态。优化算法还考虑了电网中的其他设备协同工作,以提高整体调节效果。调相机的调节响应不仅取决于系

统的反馈信号,还受到预设调节参数和外部环境变化的影响,优化后的算法能在多变的电网条件下保持高效稳定的运行。

#### 5.2 优化调节方案的效果验证

通过多种仿真和实验方法验证了优化调节方案的有效性。在仿真环境中,考虑了光伏电站的输出波动、负荷变化及电网故障等多种因素,评估了优化算法对电压稳定性的提升效果<sup>[5]</sup>。实验结果显示,在光伏电站并网的条件下,优化调节策略相比传统方法具有更强的应对能力。调相机能够迅速响应电网电压的波动,及时调整无功功率输出,减少了电压波动幅度,并显著提高了电网的稳定性。与传统调节方法相比,优化方案能够在更短时间内恢复电网电压,尤其在负荷急剧变化或光伏发电波动较大时,表现出更高的调节精度和响应速度。

#### 5.3 总结与展望

优化调节策略的实施显著提高了调相机在电网中的调节能力,尤其在面对光伏电站并网时,增强了电网电压的稳定性。通过精确的算法和调节参数优化,调相机能够在电网环境变化时快速有效地调整电压,提升了电网对可再生能源波动的适应性。未来,随着电力系统的不断发展和智能化水平的提升,调相机的调节策略将更加多样化和智能化。特别是在大规模光伏、风电等可再生能源接入的情况下,调相机将与其他智能设备协同工作,实现更加高效的电网调节。进一步的研究将聚焦于提高调相机在极端条件下的调节性能,以应对更加复杂的电网运行环境。

### 6 结语

调相机在光伏电站并网点电压稳定性中的作用日益显现,通过优化调节策略与控制算法,能够显著提升电网电压的响应速度与稳定性。优化调节方法使调相机能够有效应对光伏发电波动和负荷变化,保证电网的安全稳定运行。未来随着智能化技术的进一步发展,调相机的调节能力将得到更加全面的提升,为实现更加稳定的电力系统奠定基础。

#### 参考文献:

- [1] 刘建发.一种分布式调相机在光伏电站中的应用[J].新潮电子,2025(22):136-138
- [2] 王贤,刘文颖,夏鹏,聂雅楠,王维洲.光伏电站参与电网主动调压的无功优化控制方法[J].电力自动化设备,2020,40(7):76-82
- [3] 唐榕,何文字.分布式调相机在某大型光伏项目的设计研究[J].小水电,2023(6):55-5766
- [4] 卢有润,张小龙.调相机在新能源大规模并网电网中的动态无功支撑能力评估[J].自动化应用,2025,66(21):108-111.
- [5] 铉子逸,李永刚.高比例光伏送端系统分布式调相机优化配置研究[J/OL].华北电力大学学报(自然科学版),1-10[2026-01-10].