

# 浅谈县级电网 AVC 系统的应用和技术特点

郝文海<sup>1</sup> 段如<sup>2</sup> 薛玮<sup>2</sup> 亢晓飞<sup>2</sup> 杨玉龙<sup>2</sup>

(1. 包头供电公司生产技术部 内蒙古自治区包头市 014030; 2. 包头供电公司 内蒙古包头市 014030)

**摘要:** AVC 系统的引入, 使得县级电网能够在维持特定电压水平的同时, 实现无功潮流的高效管理, 从而大幅减少网络损耗, 并显著减轻调度人员的工作负担。在确保电网运行安全的基础上, AVC 系统通过优化整个区域电网的无功控制, 打破了传统以电压为单一控制标准的模式。本文详细阐述了县级 AVC 系统的结构框架、硬件配置以及多样功能, 突出了该系统在与上级 AVC 系统保持协调的同时, 如何更好地适应本地的具体运行环境和需求。这一探讨不仅为县级 AVC 系统的后续设计提供了理论支撑, 还为其在实际应用中的推广和应用奠定了坚实基础。相信随着这一系统的广泛应用, 县级电网的安全、稳定与经济运行将得到进一步加强。

**关键词:** 电网; 自动电压控制; 无功; 电压

智能电网在“十二五”规划中的地位提升, 使得电压不仅成为衡量供电质量的指标, 还成为地区内工业安全生产的关键因素。目前, 县级电网在无功电压管理上面临诸多问题, 如县域内各变电站之间缺乏有效的协调, 无功电压控制效果不尽如人意。因此, 建立 AVC 系统成为了县级电网当前工作的重中之重。AVC 系统在对地区等级相同的输电网进行无功补偿设备闭环控制系统时, 主要合理使用自动化主站的方式, 目的在于快速实现县级电网在电压限制性约束下的无功潮流优化运行, 进而提升电压质量。实施县级电网 AVC 控制系统有深远意义, 主要体现在三个方面。首先 AVC 系统具有强大的自动调节功能, 大幅减轻了电网工作人员的工作负担, 实现了县级电网内电压的自动调节, 显著提高了电压质量, 为大型工业的安全经济生产提供了有力保障。其次, 通过无功调节模式, AVC 系统能够显著降低电网损耗, 这是改善输配电网经济性的关键措施, 对于提高电网运行效率、降低运营成本具有重要意义。最后, AVC 系统的应用使得县级电网运行更加稳定, 无功调节响应迅速, 为县级电网的稳定运行提供了坚实的技术支持。

## 1 AVC 系统概述

AVC 系统 (自动电压控制系统) 通常采用两种主要的电压控制模式: 二级模式和三级模式。这些模式都是为了优化和管理县级电网的电压水平, 确保电网的稳定运行和供电质量。在二级电压控制模式下, AVC 系统以一定的时间周期为基础, 对整个县级电网进行全面的潮流计算。一旦潮流计算完成, AVC 系统会根据计算结果生成相应的电压控制指令。这些指令是针对各个变电所的控制设备而设计的, 旨在调整变压器的分接头位置或投切无功补偿设备, 从而改变电网的电压分布。这些控制指令通过服务器直接发送给变电所的控制设备。变电所的控制设备接收到指令后, 会执行相应的操作, 如调整变压器的分接头位置或投切无功补偿设备, 以实现电网电压的精确控制。二级电压控制模式的控制方框图如图 1 所示。



图 2 二级模式控制方框图

三级电压控制模式采用的是分级控制的原则。该模式最初由法国提出, 并很快在欧洲国家得到了广泛的应用。在三级电压控制模式下, AVC 系统被划分为多个层级, 每个层级负责不同的电压控制任务。最上层是中央控制器, 负责监控整个电网的电压水平, 并生成全局的电压控制策略。中央控制器通过与下层控制器通信, 将控制策略传达给它们。中层控制器是区域控制器, 负责将中央控制器的全局控制策略转化为具体的控制指令, 并发送给下层控制器。区域控制器会根据其所在区域的电网运行状况, 对控制指令进行调整和优化。最下层是本地控制器, 位于各个变电所。它们接收到来自区域控制器的控制指令后, 会执行相应的操作, 如调整变压器的分接头位置或投切无功补偿设备, 以实现电网电压的精确控制。三级电压控制模式的控制原理方框图如图 2 所示。江苏地区作为我国电网技术创新的先驱, 率先采用了三级模型。

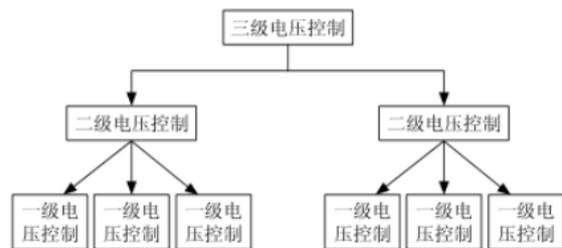


图 3 三级模式控制方框图

当前, 某县级电网的电压调控方式仍然停留在较为典型的阶段, 主要依赖工作人员的经验进行手动调整。这种方式不仅使调度人员面临沉重的工作负担, 而且很难确保电压质量的稳定。由于缺乏科学化和自动化的调控手段, 电网的运行效率和质量都受到了一定程度的限制。为了应对这一挑战, 提升县级电网的供电质量, 降低网络损耗, 并改善电网无功潮流引发的有功损耗问题, 研发和应用县级电网 AVC 系统变得至关重要。AVC 系统, 是一种智能化的电网管理工具, 能够在确保电压安全的前提下, 对整个区域电网进行无功最优化控制。现有的 AVC 系统主要分为集中控制和分散控制两种模式。在集中控制模式下, 电网调度系统 (SCDA/EMS) 与各个无功补偿设备之间实现协同工作。而在分散控制模式下,

无功补偿设备控制器 (VQC) 负责实现 AVC 功能。每个无功补偿设备控制器都具备独立的计算模块和控制模块。计算模块根据本地电网的实时运行数据, 计算出适合的无功补偿量, 并通过控制模块对设备进行相应调整。这种模式能够实现快速响应和局部优化, 但需要各个设备之间具备协同工作的能力。

## 2 AVC 系统的结构及功能

### 2.1 AVC 系统的结构

某县级智能电网采纳了 LD-6000-AVC 型自动调控系统, 该系统不仅提升了电网的智能化水平, 还极大地优化了县级电网的运行效率。这套系统可以细分为核心层、数据层、执行层三个部分, 每个部分都扮演着不可或缺的角色, 共同维持着电网的稳定运行。系统的架构布局如图 3 所示, 清晰展示了各组成部分之间的关系和数据流动路径。县级 AVC 系统在运行过程中, 主要依赖经济压差法来确定最优的调控策略。这种方法综合考虑了电网的经济性和安全性, 确保在保障供电质量的同时, 最大限度地降低网络损耗。对于 35kV 及以下级别的变电站, 其 AVC 系统完全由县级电网调度中心进行控制, 确保了这些变电站的电压稳定。

而对于 110kV 变电站, 其调节指令则需要通过以太网由地区调度中心传送到县级电网, 随后由县调度中心负责转发至相应的变电站。这种分级的调控模式既保证了调控的灵活性, 又确保了调控的及时性。主站系统的网络架构以 100M 的以太网为基础, 确保了数据传输的高效性和稳定性。在网络架构中, 配置了两台主服务器和两台通信服务器, 这些服务器共同协作, 为主站系统提供强大的计算能力和数据存储能力。主服务器的主要任务是进行优化计算。它负责接收并分析从系统前置机传来的数据, 运用先进的算法和模型, 对县域内 110kV 变电站的 AVC 系统进行优化计算。

通过计算, 主服务器能够得出最优的无功补偿方案, 确保电网电压的稳定性和经济性。计算完成后, 主服务器会将开关动作序列通过网络发送给对应县的子站, 指导子站进行相应的调整。而通信服务器则主要负责数据的保存和提供。它实时接收并存储主服务器所需的所有数据, 确保数据的完整性和可靠性。同时, 通信服务器还负责存储 AVC 系统的优化计算结果, 为后续的决策分析和系统优化提供了宝贵的数据支持。通过这样一套精妙设计的 LD-6000-AVC 型自动调控系统, 县级智能电网不仅实现了对电压的精确控制, 还提高了电网的运行效率和供电质量。这对于满足日益增长的电力需求、降低网络损耗、提升县级电网的整体竞争力具有重要意义。

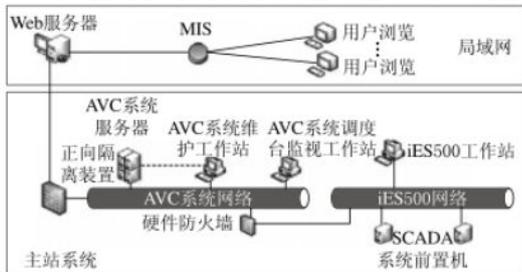


图 4 LD-6000-AVC 型自动调控系统结构图

### 2.2 AVC 系统的功能

AVC 系统, 针对县级电网的特定运行状况, 被赋予了以下四个关键功能。

#### 2.2.1 快速响应与精确分析

县级电网运行过程中, 10kV 电压母线可能会出现电压过高的情况。面对这一挑战, AVC 系统展现出其快速响应和精确分析的能力。一旦检测到电压异常, 系统会立即对涉及的变压器, 包括当前级及其上级变压器, 进行深度的运行状态分析。这种分析基于大量的运行数据和算法模型, 确保能够快速确定最佳的调节方案。目标是确保调节过程既迅速又精准, 从而在最大程度优化系统运行效率。

#### 2.2.2 无功功率平衡与功率因数提升

当县域内的所有变电站电压均保持在正常范围内时, AVC 系统致力于实现无功功率的分层平衡。这意味着系统会根据各层级电网的实际情况, 合理分配无功功率, 确保各级电网之间的无功流动达到最优状态。这一功能的实现, 不仅有助于提升整个电网的功率因数, 还能确保电网在经济、高效的状态下运行。

#### 2.2.3 电压调节与无功补偿

面对 10kV 电压母线电压过高或过低的状况, AVC 系统会进行相应的调节。对于电压过高的情况, 系统会调整变压器的分接头; 而电压过低时, 系统会接入电容器, 并对电压母线的负荷进行评估, 确保无功补偿设备稳定、有效地运行。

#### 2.2.4 数据统计与曲线生成

除了上述的实时调节和控制功能外, AVC 系统还具备强大的数据统计功能。它能够全面收集并整理该区域内无功设备的运行情况, 包括电压、电流、功率因数等多项关键指标。这些数据不仅为电网的日常运行管理提供了有力支持, 还能自动生成各种分布曲线, 如电压曲线、有功曲线、功率因数曲线等。这些曲线为工作人员提供了直观的运行状态展示, 帮助他们更好地了解电网的运行情况, 从而做出更为精准的决策。

### 结束语

AVC 系统在电网控制和无功优化方面已成为当前管理和技术的主要趋势。随着时间推移, 它有望逐渐取代现有的 VQC 装置。从现有文献中可见, AVC 系统在已经投入使用的县级市中表现优异。逐步推广至各个县级电网, 旨在构建一个全面完善的地区电网 AVC 系统。这不仅将提高电网的电压合格率、减少无功传输, 还能优化电网潮流分布, 降低网损, 增强设备安全, 确保系统稳定运行, 并降低工作人员的劳动强度。

### 参考文献:

[1]李宏梅,张万杰,张磊,等.地区电网 AVC 系统应用与优化分析[J].电子技术(上海), 2022(3).  
 [2]邓文彬.AVC 系统在电力调度监控工作中的应用分析[J].通信电源技术, 2023(11).  
 [3]赖鹏.县级电网 AVC 系统的应用和技术特点[J].电子世界, 2012(9)

单位名称: 内蒙古电力(集团)有限责任公司包头供电分公司, 内蒙古电力公司 2023 年科技项目内电生(2023)14 号文地调 AVC 控制策略优化研究与应用科技项目资助