

# Electrical engineering and its automation reactive power compensation technology application

Yonghui Liu

Lingbao Huaxiang Wind Power Development Co., Ltd., Sanmenxia, Henan, 450000, China

## Abstract

In the modern power system, the transmission and consumption of reactive power is inevitable. Reactive power compensation technology through the rational configuration of reactive power supply to improve the reactive power distribution of power grid, to improve the power factor of power grid, reduce power loss, in recent years, with the continuous development of power electronics technology, reactive power compensation technology has made great progress, all kinds of new reactive power compensation device, for the development of electrical engineering and automation provides a strong support. This paper mainly expounds the main technical methods of electrical engineering and its automation reactive power compensation, and expounds the application value of the technology, and puts forward the corresponding application points, which provides a reference for the better application of reactive power compensation technology.

## Keywords

reactive power compensation; automation; application; electrical engineering

## 电气工程及其自动化无功补偿技术的应用

刘永辉

灵宝华祥风电开发有限公司, 中国 · 河南 三门峡 450000

## 摘要

现代电力系统中, 无功功率的传输和消耗是不可避免的。无功补偿技术通过合理配置无功电源来改善电网的无功分布, 从而提高电网的功率因数, 减少电能损耗, 近年来, 随着电力电子技术的不断发展, 无功补偿技术也取得了长足的进步, 各种新型的无功补偿装置不断涌现, 为电气工程及其自动化发展提供了有力的支持。本文主要阐述了电气工程及其自动化无功补偿的主要技术方式, 同时阐述了该技术的应用价值, 并提出了相应的应用要点, 为更好地应用无功补偿技术提供了参考。

## 关键词

无功补偿; 自动化; 应用; 电气工程

## 1 引言

随着社会经济的发展, 电气工程及其自动化在各个领域的应用越来越广泛, 无功补偿技术对于提高电网质量、降低电能损耗具有至关重要的作用。无功补偿技术方式各有优缺点, 适用于不同的应用场景, 实际应用中应根据电力系统的具体情况、负荷特性、无功分布等因素综合考虑, 选择合适的无功补偿技术方式或组合方式, 进而实现最佳的无功补偿效果。

## 2 电气工程及其自动化无功补偿技术的应用价值

### 2.1 挖掘设备潜力, 提高功率因数

电气工程及其自动化中, 对于一些变压器、电动机等设计容量较大的电气设备, 在轻载运行时往往不能充分发挥其效能, 无功补偿技术的应用可使设备的功率因数接近于 1, 从而在相同的视在功率下, 能够输出更多的有功功率, 从而挖掘了设备的潜力, 减少了设备容量的浪费, 提高设备的利用率, 为企业的生产和发展提供了更有力的支持。此外, 无功补偿技术的应用能够快速响应系统无功功率的变化, 及时提供所需的无功支持, 当功率因数提高后, 对于新建或改建的电力工程项目, 可以减少供电设备和线路的设计容量, 进而降低了设备投资成本。在系统受到冲击负荷或故障等情况时, 无功补偿装置可以迅速调整无功功率输出, 维持电网电压的稳定, 避免系统出现电压崩溃等严重事故, 进而增强电

【作者简介】刘永辉 (1993-), 男, 中国河南鹤壁人, 本科, 工程师, 从事电力工程及运维检修研究。

网的稳定性和抗干扰能力,保障电力系统的安全稳定运行<sup>[1]</sup>。

## 2.2 改善电压质量, 促进节能减排

无功补偿技术的应用可以根据系统无功功率的变化,快速、准确地进行无功功率的补偿,使电网电压保持在稳定的范围内,有效减少电压波动和闪变现象,确保电气设备在额定电压下稳定运行,同时在配电网中,合理配置无功补偿装置可以改善电压分布,提高线路末端的电压水平,减少因电压过低导致的设备无法正常运行或损坏的情况。无功补偿通过减少线路中的无功电流,降低了电流在输电线路电阻上的有功损耗,从而提高了电能传输效率,减少了能源浪费,还可以使电能更有效地从发电端输送到用电端,满足了用户对电能质量和供电可靠性的要求。企业通过无功补偿提高功率因数和电能传输效率,减少了电能在传输和使用过程中的损失,符合国家节能减排的政策要求,同时电能的有效利用减少了对一次能源的消耗,间接降低了因能源开采和发电过程中产生的污染物排放,如二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等,有利于实现碳达峰、碳中和的目标<sup>[2]</sup>。

## 3 电气工程及其自动化无功补偿的主要技术方式

无功补偿的主要技术方式有集中补偿、分组补偿、就地补偿等,其中集中补偿通常在变电站或大型配电系统中应用,通过安装并联电容器组或同步调相机来补偿无功功率,可以提高整个变电站所辖区域的功率因数和电压稳定性,减少上级电网的无功传输损耗,分组补偿是将电力系统划分为若干个区域或负荷中心,在每个区域或负荷中心的母线上安装无功补偿装置,如静止无功补偿器、无功发生器等,根据各区域的无功需求进行分组补偿,可以更灵活地适应不同区域的无功变化,提高补偿效果。此外,串联补偿是通过在电力系统的输电线路中串联接入电容器或其他形式的阻抗元件,以改变系统的阻抗特性,可以减少输电线路的电抗,减少线路两端的电压降,最常见的设备是电容器,可以提供容性无功功率,帮助抵消输电线路的感性无功功率。混合补偿是将多种无功补偿方式结合起来使用,如在变电站集中补偿的基础上,对部分重要的负荷或线路进行分组补偿或就地补偿,或者将串联补偿与并联补偿相结合,充分发挥各种补偿方式的优点。

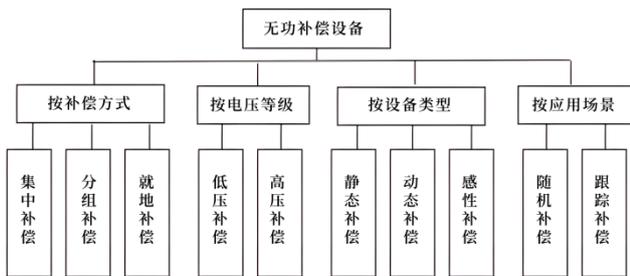


图 1 无功补偿设备的常见类型

## 4 电气工程及其自动化无功补偿技术的应用要点

### 4.1 在配电网管理中的应用

配电网管理中,集中补偿适用于中压配电网,通常在变电站的 10kV 或 35kV 母线上进行集中补偿,如某城市的一个区域变电站,通过在 10kV 母线上安装集中补偿装置,有效提高了该区域配电网的整体电能质量,降低了线路损耗。为了准确确定补偿容量,应分析配电网中各种负荷的无功功率需求,对于长期稳定运行的负荷,可根据其额定功率和功率因数来计算所需的无功补偿容量,同时考虑配电网的电压等级、供电半径、线路阻抗等因素对无功传输的影响,计算无功功率在不同位置和电压等级下的损耗情况,还需考虑配电网的未来发展规划和负荷增长趋势,如在新建的工业园区配电网规划中,应充分考虑未来企业的入驻和生产设备的增加,预留足够的无功补偿容量扩展空间。无功补偿装置应尽量安装在靠近无功负荷中心的位置,配电网中一般优先考虑在配电变压器低压侧、重要负荷节点或无功功率需求较大的区域进行配置,同时根据配电网的具体情况和应用需求选择合适的无功补偿设备,如在数据中心等对供电可靠性和电能质量要求极高的场所,通常会采用 SVG 等动态无功补偿设备。为保证无功补偿装置的安全可靠运行,应配备完善的保护装置,如过流保护、过压保护、欠压保护等,可以通过安装智能监测终端和控制系统,实时采集电网的电压、电流、功率因数等参数,根据这些参数的变化自动调节无功补偿装置的输出,确保配电网始终保持良好的运行状态<sup>[3,4]</sup>。

### 4.2 在回路电流平衡中的应用

电力系统中,较多用电设备如电动机、变压器等属于感性负载,在运行过程中需要消耗大量的无功功率来建立和维持磁场,无功补偿技术通过在负荷附近或电源端安装无功补偿装置,如电容器组、静止无功补偿器等,产生与感性负载所需的无功功率大小相等、方向相反的无功电流,无功电流可以在本地得到补偿,减少了在输电线路中的传输,有助于实现回路电流平衡,而且当系统无功不足时,电压会下降,导致电流增大且不平衡度增加,适当的无功补偿可以补充系统无功,稳定电压,使各相电流保持在相对平衡的状态。应用无功补偿技术实现回路电流平衡时,应对电力系统的负荷特性、功率因数、电压水平等参数进行详细的测量和分析,确定无功补偿的容量和位置,同时考虑系统的未来发展和负荷变化趋势,确保无功补偿方案具有一定的前瞻性和适应性,并根据不同的应用场合和要求,选择合适的无功补偿装置。例如,对于固定负载且无功需求相对稳定的情况,可以选择固定电容补偿;对于负荷变化较大、无功需求不稳定的情况,可选择动态补偿装置。此外,为了充分发挥无功补偿装置的作用,应采用合理的控制策略来实时监测和调整无功补偿的输出,如根据系统电压、电流、功率因数等参数的变化,自动调节无功补偿装置的投入容量和时间,实现最佳的无功补偿效果,确保回路电流始终保持平衡,同时还可以采

用智能控制算法,如模糊控制、神经网络控制等,提高控制的精度和灵活性。

#### 4.3 在真空断路器中的应用

电气工程及其自动化领域,在真空断路器合闸瞬间,由于电路状态的突然变化,可能会产生较高的电压,为了避免这种情况对系统和设备造成损害,应选择合适参数的电容器进行无功补偿,通过调整真空断路器的合闸速度,可以减缓电路状态的变化速度,从而降低过电压的产生。在真空断路器分断时,为了尽快熄灭电弧,可以利用电容器中储存的能量,当断路器开始分断时,将电容器中的能量快速释放到电弧中,操作中应精确控制电容器的放电时间和放电电流使电弧迅速冷却和收缩,从而达到快速熄灭电弧的目的。与电容器配合使用的电抗器可以在分断过程中起到限制电流变化率的作用,进一步稳定电路中的电流和电压,电抗器的电感值要根据电路的参数和无功补偿的要求进行合理选择,进而实现最佳的电弧抑制效果,同时,电抗器还可以与电容器一起构成滤波器,减少电路中的谐波含量,提高电能质量。在选择用于无功补偿的电容器、电抗器等设备时,考虑其适应的环境条件,对于高温、高湿度、高海拔等恶劣环境,应选择具有相应防护等级和耐受能力的设备,同时在安装设备时注意采取适当的防护措施,如防水、防尘、防腐蚀等,延长设备的使用寿命。安装无功补偿设备时应进行合理的布局和布线,设备之间要保持一定的安全距离,避免相互干扰和电磁兼容问题。布线要整齐、规范,尽量缩短线路长度,减少线路电阻和电感,此外还应考虑到设备的散热问题,确保设备在运行过程中不会因过热而影响性能。无功补偿系统应与真空断路器以及其他电气设备进行良好的协调配合,无功补偿系统可以与电网调度系统进行通信和交互,根据电网的运行状态和需求调整无功补偿的容量和方式,实现整个电力系统的优化运行。

#### 4.4 在故障诊断中的应用

电气工程及其自动化领域,无功补偿技术在故障诊断中发挥着重要作用,通过安装智能监测设备,实时采集电压、电流、无功功率等关键参数,可以建立长期的数据记录机制,将实时监测数据与历史数据进行对比分析。企业应利用电力系统的数学模型和仿真技术,模拟不同故障情况下的无功功率变化特征,当实际监测到的无功功率变化与某种特定故障

模型相符时,可以初步判断故障类型和位置,同时采用先进的信号处理技术,如傅里叶变换、小波分析等,对监测信号进行分析,提取与故障相关的特征信息。电容器是无功补偿装置中的重要组成部分,常见的故障包括电容值下降、电容器击穿等,通过监测电容器的电流、电压、温度等参数,可以及时发现电容器的异常情况,若电容器的电流明显增大,可能是电容值下降或电容器内部短路。电抗器故障主要表现为电感值变化、过热、振动异常等,通过监测电抗器的电流、电压、温度和振动信号等,可以判断电抗器的工作状态,若电抗器的电感值发生变化,会导致无功补偿效果不佳,同时还可能引起电流不平衡等问题。故障预警与预测中应根据历史监测数据,运用时间序列分析、机器学习等方法,对无功功率等参数的变化趋势进行预测,若预测结果显示某一参数将超出正常的运行范围,及时发出预警信号,以便采取相应的措施避免故障的发生。企业应建立无功补偿装置的健康评估模型,综合考虑设备的年龄、运行环境、维护记录等因素,对装置的整体健康状况进行评估。当健康指数低于一定阈值时,提示需要进行维护或更换部件。企业在进行常规的电气试验时,如绝缘电阻测试、介质损耗角正切值测量等,结合无功补偿装置的运行数据,更全面地评估设备的状态。

## 5 结语

综上所述,电气工程及其自动化无功补偿技术的应用可以挖掘设备潜力、提高功率因数,改善电压质量,促进节能减排。在未来的电气工程建设中,企业应进一步深入研究和应用无功补偿技术,将其应用在回路电流平衡、真空断路器中、故障诊断中,不断优化无功补偿方案,加强对无功补偿技术的管理和监测,进而推动电气工程及其自动化领域的持续发展。

### 参考文献

- [1] 贾权. 电气自动化中无功补偿技术的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2018, (21): 118.
- [2] 韩文丽,孙路路. 浅谈电气工程及其自动化无功补偿技术的应用 [J]. 山东工业技术, 2018, (17): 159.
- [3] 朱晶晶,曾龙,王善彪. 智能无功补偿技术在电气工程自动化中应用 [J]. 山东工业技术, 2017, (10): 160.
- [4] 齐小亮. 电气自动化节能技术的应用 [J]. 科技创新与应用, 2013, (30): 298.