

工厂供配电系统中无功补偿技术分析

常坡辉

胜帮科技股份有限公司 上海 201210

摘要: 无功补偿技术是工厂供配电系统中的一项重要技术,其作用是提高电能质量、降低线损、减少能源的浪费、保护电气设备、延长使用寿命等。本文从无功补偿技术的概述、工厂供配电系统中无功补偿的目的、无功补偿技术的应用、无功补偿技术存在的主要问题和解决对策等方面进行了分析和探讨。

关键词: 工厂; 供配电系统; 无功补偿技术

1 无功补偿技术概述

无功功率是交流电路电抗性元件的存在造成的。在交流电路中,凡是具有电感性或电容性的元件,在通电后便会建立起电感线圈的磁场或电容器极板间的电场,在整个周期内这种功率的平均值等于零,即电源的能量与磁场能量或电场能量在进行着可逆的能量转换,而并不消耗功率。有功功率是交流电路消耗在电阻元件上,将电能转变为热能、光能、机械能等其他能量的电功率,是瞬时功率在一个周期内的平均值,又叫做平均功率。交流电源所能提供的总功率,称之为视在功率,为电压和电流的乘积,既包含有功功率,又有无功功率。功率因数是交流电路中有功功率和视在功率之比值,为电力系统中一个重要的技术参数,范围在0到1之间,只有当电路中仅有纯阻性负载,或容抗与感抗相等时,功率因数才会等于1,当功率因数越接近1,电力系统运行则更有效率^[1]。常见的情况是电路中的感性负载,如交流异步电动机,其稳态运行时功率因数较低,从而降低电网供电设备有效输出、降低设备的利用率、加大供电设备及线路的损耗。无功补偿技术就是在负载端通过加入电容或电感器,来调节负载的功率因数,以达到提高电能质量、稳定电网、优化运行方案、增强供电能力和降低成本的目的。这种技术广泛应用于不同的领域,如电力系统、轨道交通、信息通信、航空航天和制造业等。

2 工厂供配电系统中无功补偿的目的

无功电流会造成系统的功率因数下降,从而导致电力损耗和电费的增加。通过无功补偿装置为系统补偿无功功率,可以降低系统中的无功电流,提高系统的功率因数,减少供电线路损耗,降低系统中用电设备的能耗和运行成本。无功补偿装置可以通过补偿无功功率,使系统中的无功电流减少,从而减少电网的负荷电流,提高供电系统的电网电压稳定性和可靠性,保证系统的稳定运行。在电力输送过程中,由于电力系统中传输的无

功功率,会产生一定量的无功电流,导致供电线路上的运行电流和视在功率增加,会降低电力传输能力^[2]。通过安装无功补偿装置,可以补偿电力供应系统中存在的无功功率,提高系统的功率因数,减少运行电流,从而提高电力的传输能力和输电线路的稳定性。系统存在的大量感性负载将造成供电线路压降,尤其在供电线路末端用电设备侧更为严重,通过合理的补偿可以有效的减少线路压降,从而改善电能质量。无功补偿装置通过补偿功率,降低系统运行电流,从而减少变压器、断路器、电缆等设备的温升,降低电力设备的损害风险和损伤程度,保障设备的正常运行,延长设备寿命。为提高供电及用电经济效益,供电公司对用电用户的功率因数有严格标准要求,通过合理的无功补偿,使得功率因数满足要求,从而减少电费支出。

3 无功补偿技术的应用

3.1 并联电容器

并联电容器是目前在电网发展过程中被应用最为广泛无功补偿技术。根据安装位置可分为就地补偿、集中补偿。并联电容器就地补偿是在电动机处并联电容器组,通过控制、保护装置与电机同时投切。就地补偿适用于补偿电动机的无功消耗,以励磁无功为主,与电动机同步投入,不会造成过补偿,且具有投资少、安装容易、配置方便灵活、维护简单、事故率低等优点^[3]。

低压集中补偿是在配电变压器的低压侧母线上集中安装并联电容器组,以无功补偿投切装置作为控制保护装置,根据低压母线上的无功功率大小而直接控制电容器的投切,电容器的投切是整组进行。集中补偿是目前无功补偿中常用的方式之一,具有投资相对较少、接线简单、运行维护工作量小,使无功就地平衡,能够提高配电变压器利用率等优点。

高压集中补偿是在配电变压器的高压侧母线上并联电容器组,能对工厂高压侧的无功功率进行有效的无功

补偿以满足工厂功率因数的要求,且投资较少,便于集中运行维护。此无功补偿的方式,在大中型工厂中应用比较普遍,但不能使母线后配电线路得到无功补偿,还需要合理配置低压集中补偿和就地补偿。

3.2 同步调相机

同步调相机又称同步补偿机,是同步电机运行于电动机状态,在无动力也无机械负载下的方式下运行、能为电网提供或吸收无功功率,用于改善电网功率因数,维持电网电压水平。工厂内的同步电动机,若工作在过励状态,将吸收电网系统中异步电动机等感性设备发出的容性无功,从而起到无功补偿的作用^[4]。

3.3 静止无功补偿装置

静止无功补偿装置是利用控制晶闸管的导通角对无源电力元件进行控制或投切的无功补偿装置,常见的有晶闸管控制电抗器+固定电容器、晶闸管投切电容器等。静止无功补偿装置能够通过调节TCR中晶闸管的触发延迟角来连续调节补偿装置的无功功率,对于负载容量大、谐波问题严重、冲击性负荷、负载变化率高的场合特别适用。

3.4 静止无功发生器

静止无功发生器是将逆变器经过电抗器或者变压器或者直接并联在电网上,通过调节逆变器交流侧输出电压的幅值和相位,或者直接控制其交流侧电流的幅值和相位,迅速吸收或者发出所需要的无功功率,实现快速动态调节无功的目的。SVG是有源型补偿装置,是采用可关断器件IGBT构成的电流源装置,从而避免了谐振现象,运行安全性能大大提高。SVG的响应速度快能更好的抑制电压波动和闪变,在采用多重化、多电平或脉宽调节技术等措施后,很好的减少了补偿电流中的谐波含量。

供电系统中选择合理的无功补偿的方式,可以起到提高电网的功率因数的作用,降低供电变压器及输电线路的损耗,提高供电效率,改善供电环境;无功补偿如果选择或使用不当,也可能造成供电系统电压波动,谐波增大等诸多问题。无功补偿技术的发展极大地提高了电力设备的运行质量,降低了无功功率的消耗,实现了对电能的节约和提升^[1]。

4 无功补偿技术存在的主要问题

4.1 规划和设计问题

无功补偿技术需要在电网规划和设计的早期就考虑和决定,如果在供配电系统的设计中没有充分考虑到无功补偿技术的需求,后期需要增加无功补偿装置,将会增加时间和投资成本。

4.2 系统控制和协调问题

在无功补偿技术的实际应用中,会存在一些控制和

协调问题。例如,在大型工厂的供配电系统中,需要同时考虑多个无功补偿装置的控制和协调问题。如果没有科学合理的控制策略和协调方法,将会产生互相干扰的情况,从而使无功补偿效果变差。

4.3 性能和稳定性问题

无功补偿技术的性能和稳定性问题也是制约其应用的主要因素。例如,在高温或者低温情况下,无功补偿装置的性能可能会受到影响,从而使其无法正常工作^[2]。此外,由于一些无功补偿装置需要使用大量的电子元器件,因此其稳定性需要得到充分保证。

5 无功补偿技术存在的对策

5.1 规划和设计策略

电网规划和设计是电力系统建设的重要环节,涉及多个方面的技术和经济考虑。其中,无功补偿技术作为电力系统运行和传输中的重要一环,可以大幅提高电网的稳定性和电能质量,降低电网的损耗和故障率,因此在电网规划和设计过程中需要优先考虑。在电网规划和设计中,充分考虑无功补偿技术的需求,可以通过多种途径实现。首先,可以通过电力系统仿真软件对电网进行模拟和分析,确定存在的无功补偿需求和相应的装置类型及数量。其次,可以在电网规划阶段对未来可能存在的无功补偿需求进行考虑和预测,为后期的无功补偿装置引进和应用做好充分的准备工作。此外,还可以通过参照已有电力系统中的无功补偿解决方案,在电网规划和设计过程中加以借鉴和应用。采用充分考虑无功补偿技术的电网规划和设计方案,可以避免后期对电网进行巨大的改造和升级工作,避免因未考虑无功补偿技术而导致的故障和损失。同时,这也有助于提高电力系统的经济效益和竞争力,提高电力系统的可靠性和运行质量,减少对环境的影响和消耗^[3]。

5.2 系统控制和协调策略

无功补偿技术在电力系统中起着重要的作用,可以有效地提高电网的稳定性和功率因数,改善电力质量,减少线路损耗和电气设备的损害,提高电力系统的电能利用率,节省电能资源和成本。然而,为了实现无功补偿技术的高效运行,需要采用现代化的控制策略来对无功补偿装置进行控制和协调。无功补偿装置的控制和协调可以采用多种方法。一种常用的方法是基于实时的负载变化来自动调节无功补偿装置的输出,来满足不同工况下的无功需求。具体地,可以通过安装传感器和监测设备来实时监控电网的负载变化,然后将监测数据输送至无功补偿装置的控制模块,进行数据处理和计算。然后,控制模块会自动调节无功补偿装置的输出,以适应

电网的无功需求，并且充分考虑各个无功补偿装置之间的协调问题，使整个电力系统运行更加稳定和可靠。另一种方法是采用中央控制策略，对各个无功补偿装置进行协调和管理。具体地，可以设计一个集中式的控制系统，通过对整个电力系统进行监测和调度，来实现对各个无功补偿装置的集中控制^[4]。例如，可以设定一个集中式的控制台，通过网络或者无线通信技术与各个无功补偿装置相连，实现对无功补偿装置的控制和协调。

5.3 性能和稳定性策略

引进先进技术和设备是提高无功补偿装置性能和稳定性的重要保障。同时，随着科学技术的不断进步，无功补偿技术也应不断更新换代，利用新技术、新材料、新设备降低无功补偿装置的体积、重量和能耗，提高其效率、可靠性和稳定性。采用高品质的元器件和材料是提高无功补偿装置性能和稳定性的关键之一。合理选择质优价廉的元器件和材料，运用优化的电子电路设计。采用抗干扰性更强、抗氧化能力更好的元器件，减少设备的电磁干扰和氧化损坏，提高其抗干扰、抗干扰、使用寿命等方面的性能。不断加强技术创新和人才培养是提高无功补偿装置性能和稳定性的长效措施。

5.4 维护和保养策略

无功补偿装置长期需要进行维护和保养，仅仅采用高品质的设备和元件是不够的。制定详细的维护计划和操作规程，实施定期检查、清洁、维修和更换部件等维护措施，对于保持无功补偿装置的良好运行状态起到重要作用。制定详细的维护计划和操作规程是无功补偿装置维护保养的关键，维护计划和操作规程应当包括设备维护的内容、维护周期及维护方法等。需要明确各个维护环节的具体步骤和方法，以及维护过程中注意事项，同时，还需充分考虑设备运行环境和工作负荷等因素，制定合理的维护周期和维护计划，定期检查、清洁、维修和更换部件是无功补偿装置维护保养的主要内容^[1]。需要制定明确的检查内容和方法，检查无功补偿装置的器件、电路和接线等细节，确保其完好无损。在清洁方面，按照要求采用合适的清洗剂和工具，对设备进行定期清洗；在维修和更换部件方面，需要及时更换老化、故障和磨损严重的元器件和配件，确保设备的正常运行，及时排除故障和隐患，维护和保护无功补偿装置，

能够延长其使用寿命，提高其安全性和可靠性。

5.5 培训和交流策略

无功补偿技术作为电力系统中重要的一环，需要专业的知识和技能才能进行有效地应用，因此，开展相关培训和交流活动至关重要。作为无功补偿技术的推广者和应用者，需要了解无功补偿技术的基本原理和应用方法，熟悉各种无功补偿装置的特点和使用技巧，能熟练应用无功补偿技术解决电力系统中的实际问题。为了提高工作人员的技能水平，可以组织专业的无功补偿技术培训班，邀请行业专家和技术人员进行讲解和指导，系统性地介绍无功补偿技术的原理和应用。培训班应当针对不同的工作岗位和技术要求，分别组织技能培训和理论课程，使工作人员能够更有效地掌握无功补偿技术的知识和应用方法。同时，可以组织技术交流会，让各方技术人员分享无功补偿技术的实践经验和应用案例，激发创新思维和研发能力，促进技术的交流和合作^[2]。通过交流会，可以了解不同企业在无功补偿技术方面的技术需求和瓶颈，推动技术的改进和升级。加强培训和交流工作，有助于进一步促进无功补偿技术的推广和应用，提高工作质量和效率，推动行业的升级和发展。

结语

无功补偿技术是一种有效的解决工厂供配电系统中无功功率过大和功率因数低的技术。通过无功补偿技术的应用，能有效地提高电能质量和节能减排。然而，无功补偿技术也存在着一些问题，如在实际操作中的不足，容易导致谐波扩大等。为了进一步解决无功补偿技术存在的问题，必须加强无功补偿技术的研发，在实践中不断总结经验，不断优化操作流程，以充分发挥其在工厂供配电系统中的作用。

参考文献

- [1]张敏,禹岩.动态无功补偿技术在工业供电中的应用研究[J].四川电力技术,2021(12):114-116.
- [2]程建忠.谈无功补偿技术在电力系统中的应用[J].武汉科技大学学报(信息与管理工程版),2021,43(06):890-892.
- [3]徐鹏,武威.无功补偿技术在供电系统中的应用[J].能源研究与利用,2021(06):38-42.
- [4]于富强,陈天生.低压配电无功补偿技术的研究与应用[J].电工技术学报,2021,36(17):3284-3291.