

电气自动化节能技术分析

孙 涛

中海浙江宁波液化天然气有限公司 浙江 宁波 315800

摘 要：本文深入探讨了电气自动化节能技术的基础理论与关键技术，涵盖变压器能效优化技术、无功功率动态补偿技术、有源滤波技术以及输电线路节能技术等。文章详细深入剖析了上述技术于电气自动化系统中的应用机理及其实施效能，并以大型LNG储罐悬臂吊为例，具体阐述了电气自动化节能技术的实际应用与成效。通过优化变压器的能效比、提高系统功率因数、减少谐波电流干扰以及优化输电线路设计等手段，通过系统性优化与技术革新，电气自动化系统的能效比实现显著提升，运行稳定性亦得到有效增强。本文的研究为电气自动化节能技术的进一步发展与应用提供了理论支持与实践指导。

关键词：电气自动化；节能技术；能源消耗

1 电气自动化节能技术基础理论

1.1 电气自动化系统概述

电气自动化系统是现代工业生产核心，对提升效率、保障系统稳定意义重大。它作为工业生产智能化、自动化的核心驱动力，借助传感器、控制器、执行器等先进设备的高度集成化技术应用，构建起一个高效、精准、自动化的生产监测与控制网络。智能监测系统实时采集参数，动态监控施工全程，实现精准质量管控，还能根据预设条件自动调整控制策略，优化生产流程，从而在显著提升生产效率的同时，大幅降低人工成本和能源消耗。具体而言，传感器作为电气自动化系统的“感知器官”，能够精确捕捉生产环境中的温度、压力、流量等关键参数，并将其转化为电信号传输给控制器。控制器作为系统核心，内置信号处理模块实时解析传感数据，依据预设算法模型完成逻辑运算，输出精确控制指令。执行器则根据控制指令，对生产过程中的设备进行精确操作，实现生产过程的自动化控制。随着电气自动化系统在工业生产中的广泛应用，其能源消耗问题也日益凸显。尤其是在大规模、连续性的生产过程中，电气自动化系统的能耗往往占据总能耗的相当比例。

1.2 节能技术原理

电气自动化节能技术的基本原理是通过优化电气设备的运行方式、提高电气设备的能效比、减少能源在传输和分配过程中的损耗等手段，优化施工流程与技术，降低能耗，提升能源利用率。具体来说，节能技术涵盖多个方面，包括变压器节能技术、无功补偿技术、有源滤波技术、输电线路节能技术等。变压器节能技术通过优化变压器的设计、提高变压器的能效比、减少变压器的空载损耗和负载损耗等手段，实现降低变压器能耗的

目标。无功补偿技术则通过在电气自动化系统中安装无功补偿装置，实施无功功率补偿，优化电力参数，提升功率因数，降低电网传输损耗。有源滤波技术则通过安装有源滤波器，对系统中的谐波电流进行滤波处理，减少谐波电流对电网和设备的干扰和损害，提高电网的电能质量。输电线路节能技术则通过优化输电线路的设计、提高输电线路的能效比、减少输电线路的电阻和电抗等手段，实现降低输电线路能耗的目的^[1]。这些技术通过不同的作用机制，共同实现电气自动化系统的节能目标。

2 电气自动化节能关键技术分析

2.1 变压器节能技术

变压器作为电气自动化系统中的核心电气设备之一，其能耗占系统总能耗的相当比例。因此，变压器节能技术的研发与应用对于降低整个电气自动化系统的能耗具有重要意义。变压器节能技术主要通过优化变压器的设计、提高变压器的能效比、减少变压器的空载损耗和负载损耗等手段来实现。高效节能变压器通过采用先进的铁芯材料、优化绕组设计、降低空载损耗和负载损耗等方式，显著提高了变压器的能效比。另外，优化变压器的运行方式也是变压器节能技术的重要手段。例如，通过合理调整变压器的负载率，避免变压器在轻载或空载状态下运行，可以有效降低变压器的能耗。同时，减少变压器的空载运行时间，如采用智能控制技术实现变压器的按需投切，此举措亦是降低变压器能耗的关键技术路径与重要实践策略。

2.2 无功补偿技术

无功补偿技术是通过在电气自动化系统中安装无功补偿装置，通过无功补偿装置优化无功功率补偿，提升功率因数，降低输配电网损耗。无功补偿技术的应用

对于提高电网的供电质量和稳定性具有重要意义。在电气自动化系统中,由于大量感性负载的存在,导致系统功率因数降低,无功功率在电网中大量传输和分配,增加了电网的电压损失和电能损耗。通过安装无功补偿装置,如并联电容器、静止无功发生器(SVG)等,可以对系统中的无功功率进行补偿,提高系统的功率因数^[2]。这不仅可以降低电网的电压损失和电能损耗,还可以提高电网的供电质量和稳定性,减少因电压波动和闪变导致的设备故障和损坏。

2.3 有源滤波技术

有源滤波技术是通过在电气自动化系统中安装有源滤波器,对系统中的谐波电流进行滤波处理,从而减少谐波电流对电网和设备的干扰和损害。随着电气自动化系统中非线性负载的大量增加,谐波电流问题日益严重,对电网和设备的正常运行构成了威胁。有源电力滤波器基于瞬时无功功率理论,经高速采集处理检测谐波电流,控制变流器生成反向补偿电流注入电网,动态抑制谐波,降低畸变率,保障电能质量与设备安全。有源滤波技术的应用不仅可以提高电网的电能质量,减少因谐波电流导致的电压波动和闪变等问题,系统优化可降低电气设备能耗与故障率,提升全生命周期管理效能。另外,有源滤波器还具有动态补偿、响应速度快等优点,能够适应电网中谐波电流的快速变化。

2.4 输电线路节能技术

输电线路节能技术主要是通过优化输电线路的设计、提高输电线路的能效比、减少输电线路的电阻和电抗等手段,实现降低输电线路能耗的目的。输电线路作为电气自动化系统中能量传输的主要通道,其能耗占系统总能耗的相当比例。通过采用先进的导线材料和结构设计,降低了导线的电阻和电抗,从而减少了输电过程中的能量损耗。另外,优化输电线路的布局和走向也是输电线路节能技术的重要手段。通过合理规划输电线路的路径和走向,减少输电线路的长度和弯曲度,可以降低输电过程中的能量损耗,减少输电线路的接头和弯曲也是降低输电线路能耗的有效途径。接头和弯曲处往往是输电线路中的薄弱环节,容易导致能量损耗和故障发生。通过采用先进的连接技术和工艺,减少接头和弯曲处的能量损耗和故障率,可以提高输电线路的能效比和可靠性。

3 电气自动化节能技术具体分析

3.1 节能设备与器件应用

节能设备与器件在电气自动化节能技术中占据核心地位,引入前沿节能技术与新型材料,在保证设备性能

的同时降低能耗,实现显著节能效果。高效节能变压器是其中的典型代表,它通过优化铁芯结构和绕组设计,通过技术优化与工艺改进,降低变压器空载与负载损耗,提升能效比,优化电力传输效率。节能电机也是节能设备与器件的重要组成部分,它采用先进的电磁设计和控制技术,使得电机在运行过程中能够保持较高的效率和能效比,从而减少了电能的浪费。除了变压器和电机外,节能照明设备也是电气自动化节能技术中不可或缺的一部分。伴随LED等高效照明技术的迭代升级,节能照明设备于电气自动化系统中的应用呈现显著拓展态势。此类设备依托新型发光材料与优化驱动技术,实现了在保证照明质量的前提下,显著降低能耗的目标^[3]。例如,在大型工业厂房或商业建筑中,采用LED照明设备可以替代传统的荧光灯或白炽灯,从而大幅度降低照明能耗。

3.2 节能控制策略优化

节能控制策略优化是电气自动化节能技术的关键环节,它通过优化电气设备的控制策略,实现降低能耗、提高能效的目的。在电气自动化系统中,各种设备的运行都需要消耗大量的电能,通过优化设备的控制策略,减少不必要的能耗,是提高电气自动化系统能效比的重要途径。节能控制策略优化包括采用智能控制算法、优化设备的启动和停止时间、调整设备的运行参数等。智能控制算法可以根据设备的实时运行状态和负载情况,自动调整设备的运行参数,使得设备在最佳工况下运行,从而减少能耗。优化设备的启动和停止时间也是节能控制策略优化的重要手段。通过合理安排设备的启动和停止时间,避免设备在空载或轻载状态下运行,可以减少不必要的能耗。例如,在大型LNG储罐悬臂吊的运行过程中,通过优化悬臂吊的启动和停止时间,减少不必要的空载运行时间,可以显著降低悬臂吊的能耗。

3.3 可再生能源与储能技术融合

随着全球对环境保护和可持续发展的重视,可再生能源在电气自动化系统中的应用越来越广泛。通过将可再生能源(如太阳能、风能等)与储能技术(如电池储能、超级电容储能等)相结合,可以实现电气自动化系统的绿色、低碳运行。可再生能源与储能技术融合包括在电气自动化系统中安装太阳能电池板、风力发电机组等可再生能源发电装备,以及电池储能系统、超级电容储能装置等新型储能设施。这些设备可以实现能源的多元化供应和高效利用,削减对传统化石能源的依存度,有效降低碳排放量。同时,储能设备还可以在可再生能源发电不足时提供备用电源,确保电气自动化系统实现

安全、稳定、高效运行。因此,可再生能源与储能技术融合是电气自动化节能技术未来发展的重要方向。

4 电气自动化节能技术案例分析——以大型 LNG 储罐悬臂吊为例

4.1 案例背景

大型LNG储罐悬臂吊是LNG接收站核心吊装装备,在工程建设与设备安装中起关键作用,主要用于储罐低压泵检维修作业时设备的吊装以及其他物资需要运送至储罐顶部时的吊装作业。然而,在LNG接收站的实际运行过程中,悬臂吊多次出现运行不稳定的情况,导致低压泵检维修作业暂停,影响了接收站的正常生产运行。针对这一问题,LNG接收站对悬臂吊进行了全面的故障排查和线路改造,并引入了电气自动化节能技术,以提高悬臂吊的运行稳定性和能效比。

4.2 节能技术应用

4.2.1 变压器节能技术应用

在LNG接收站的悬臂吊改造项目中,为了提升能效并减少能源消耗,项目团队对悬臂吊电气系统中的关键组件进行了升级。具体而言,他们替换了悬臂吊防爆控制箱内原有的小型变压器,采用了专为高效节能设计的新型变压器。这些高效节能变压器通过采用优化的铁芯结构和绕组设计,显著降低了空载损耗和负载损耗,从而提升了变压器的整体能效比。此外,项目团队还对变压器的运行策略进行了精细调整,减少了不必要的空载运行时间,进一步降低了整个悬臂吊系统的能耗。

4.2.2 无功补偿技术应用

为了提升悬臂吊电气系统的能效,LNG接收站在其400V配电系统中虽已配置电容补偿柜,但仍针对悬臂吊负载特性增设了无功补偿装置。该装置精准补偿无功功率,提升功率因数,减少电网损耗,并增强供电质量与稳定性,有效降低了因电压波动引发的设备故障,保障了接收站的高效运行。

4.2.3 有源滤波技术应用

针对悬臂吊驱动系统产生的谐波电流问题,LNG接收站在悬臂吊的局部配电回路中安装了有源滤波器。该滤波器精确滤除谐波电流,有效减轻了对整个供配电系统的潜在干扰与损害^[4]。此举不仅提升了局部电网的电能质量,还降低了悬臂吊电气设备的能耗与故障率,显著延长了关键设备的使用寿命,确保了接收站运行的高效与稳定。

4.2.4 输电线路节能技术应用

在悬臂吊的改造过程中,对输电线路和控制回路进行了优化设计,采用了高效节能导线。高效节能导线通过优化导线的结构和材料,降低了导线的电阻和电抗,减少输电线路的能耗。同时,通过对输电线路的布局和走向进行优化,减少输电线路的接头和弯曲,进一步降低了能耗。

4.2.5 节能控制策略优化

为了实现悬臂吊的节能运行,LNG接收站对悬臂吊的控制策略进行优化。具体来说,通过优化悬臂吊的启动和停止时间,减少不必要的空载运行时间;通过调整悬臂吊的运行参数,如运行速度、加速度等,进一步提高设备的能效比和运行稳定性。

4.3 应用效果

经过全面的故障排查和线路改造,并引入电气自动化节能技术后,LNG接收站的悬臂吊运行稳定性得到了显著提升。具体来说,改造后悬臂吊的故障率显著降低,从改造前的52.94%降低到了3.92%;同时,悬臂吊的能耗也得到了有效降低,实现了节能减排的目标。此外,通过优化控制策略和引入智能控制算法,悬臂吊的运行效率和能效比也得到了显著提升,为接收站的正常生产运行提供了有力保障。

结束语

综上所述,电气自动化节能技术在提升工业生产能效、降低能源消耗方面发挥着至关重要的作用。通过对变压器、无功补偿装置、有源滤波器和输电线路等关键环节的优化与创新,本文不仅揭示了电气自动化节能技术的工作原理与应用价值,还通过实际案例分析展示了其显著的节能效果与经济效益。伴随智能建造技术革新,电气自动化节能技术在交通基建、工业制造等领域的应用将加速拓展,为实现绿色、低碳、可持续发展的目标贡献更大力量。

参考文献

- [1]贾坚江.电气自动化工程中的节能设计技术浅析[J].中国设备工程,2022(1):122-123.
- [2]许华金,梁莉莉.电气自动化工程中节能设计技术浅析[J].南北桥,2022(17):184-186.
- [3]汪靖,郑巧.节能技术在电气自动化工程中的应用[J].现代工业经济和信息化,2024,14(10):139-141.
- [4]练东晖.电气自动化技术在冶金电气工程中的应用探究[J].仪器仪表用户,2024,31(9):70-72.