

建筑电气系统中谐波抑制技术的应用与电能质量提升研究

王 策

九易庄宸科技（集团）股份有限公司，河北 石家庄 050000

[摘要]随着现代建筑规模不断扩大与用电设备日益复杂，建筑电气系统中的谐波问题愈发突出，不仅会造成电能质量下降，还会引发设备损坏、能耗增加以及安全隐患。文中基于建筑电气系统运行现状，分析了谐波产生的机理与危害，总结了常见的谐波抑制技术，包括无源滤波、主动滤波、混合滤波及新型谐波治理手段，并探讨了其在建筑电气系统中的应用特点与优化路径。研究表明，科学合理地配置谐波抑制装置与控制策略，不仅能够有效降低谐波含量，还能提高系统运行效率与电能质量水平，为建筑电气系统的安全、稳定与节能运行提供重要支撑。文章最后提出了未来谐波治理技术的发展方向，以期对相关领域的研究与工程实践提供借鉴。

[关键词]建筑电气系统；谐波抑制；电能质量；滤波技术；运行优化

DOI: 10.33142/ect.v3i11.18355

中图分类号: TU5

文献标识码: A

Application of Harmonic Suppression Technology in Building Electrical Systems and Research on Improving Power Quality

WANG Ce

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the continuous expansion of modern building scale and the increasing complexity of electrical equipment, harmonic problems in building electrical systems have become increasingly prominent. They not only cause a decline in power quality, but also lead to equipment damage, increased energy consumption, and safety hazards. Based on the current operation status of building electrical systems, this article analyzes the mechanism and harm of harmonic generation, summarizes common harmonic suppression technologies, including passive filtering, active filtering, hybrid filtering, and new harmonic control methods, and explores their application characteristics and optimization paths in building electrical systems. The research results indicate that scientifically and reasonably configuring harmonic suppression devices and control strategies can not only effectively reduce harmonic content, but also improve system operating efficiency and power quality level, providing important support for the safe, stable, and energy-saving operation of building electrical systems. The article finally proposes the development direction of future harmonic control technology, in order to provide reference for research and engineering practice in related fields.

Keywords: building electrical system; harmonic suppression; power quality; filtering technology; operation optimization

引言

在建筑电气系统的运行过程中，由于广泛应用非线性负荷设备，如变频器、UPS、电梯驱动和节能照明装置，谐波问题日趋严重。谐波作为一种电力系统中频率为基波整数倍的干扰信号，若含量过高，不仅会增加线路和变压器的损耗，还可能导致保护装置误动作、电子设备运行异常甚至损坏，严重影响建筑电气系统的安全性与经济性。为实现绿色建筑与智慧建筑的可持续发展，提升电能质量已成为电气设计与运行管理中的核心目标。谐波抑制作为电能质量治理的重要环节，近年来受到了广泛关注。本文

将围绕建筑电气系统中的谐波问题展开研究，探讨多种谐波抑制技术的应用与效果评估，分析其对电能质量提升的贡献，总结现阶段的实践经验，并提出未来发展趋势。通过对理论与技术的深入剖析，期望为建筑电气系统谐波治理提供科学参考与技术支持。

1 建筑电气系统中谐波问题的现状与危害

1.1 谐波产生的原因

建筑电气系统中谐波的产生具有普遍性和复杂性，其根本原因是非线性负荷的大量使用。现代建筑尤其是高层综合体，为满足节能和自动化的需求，普遍配置了变频调速设备、

UPS 不间断电源、LED 照明驱动、计算机与办公自动化系统等,这些设备在运行过程中存在整流、逆变与斩波等非线性过程,导致电流波形畸变,从而形成谐波电流。不同类型的负荷会产生不同次序的谐波,例如六脉波整流器常见的为 5 次、7 次谐波,而高频开关电源则容易产生较高次谐波。建筑物内部负荷的多样性与并发性,使得谐波源呈现出时变性和随机性,这也是谐波治理困难的重要原因之一。

1.2 谐波对电气设备的危害

谐波会直接导致设备额外损耗。变压器在谐波作用下铁损和铜损均会增加,绕组温度升高,绝缘老化加快,缩短了使用寿命。电动机受到谐波电流影响后,会出现转矩脉动和振动,运行效率下降。对电子设备而言,谐波造成的电压畸变会干扰其内部电路,导致运行不稳定甚至损坏。尤其是在医疗建筑和数据中心等高可靠性场所,谐波问题对设备的稳定运行构成严重威胁。

1.3 谐波对电能质量的影响

谐波不仅影响单个设备,还会破坏整个系统的电能质量。谐波电流与基波电流叠加后,会引起电压畸变,使供电电压失去正弦特性,影响用户用电体验。谐波还会导致功率因数下降,增加电能损耗,降低系统输电能力。在电能计量环节,高次谐波会使电能表计量结果偏差,增加运营成本。长时间处于谐波污染环境,建筑电气系统的安全性、经济性与可持续性均会受到挑战。

2 常见谐波抑制技术的类型与特点

2.1 无源滤波技术

无源滤波器通常由电感、电容及电阻等元件构成,根据调谐原理对特定次谐波进行吸收与抑制。该技术具有成本低、结构简单、运行稳定的优点,适合在建筑中作为经济型的治理手段。然而,其工作频率固定,对负荷波动的适应性较差,容易因系统参数变化而失效,并可能在某些条件下产生谐振。无源滤波常用于单一谐波源突出的场合,例如电梯机房或局部动力系统。

2.2 有源滤波技术

有源滤波器通过功率电子器件实时检测系统电流,并产生幅值相等、相位相反的补偿电流,抵消谐波电流,具备灵活、动态、适应性强等优点。其能够同时治理多次谐波,对系统频率和负荷变化具有良好适应性。缺点在于造价较高,维护要求较严,对环境条件较为敏感。在数据中心、医院及高端办公楼等对电能质量要求极高的建筑中,有源滤波器逐渐成为首选。

2.3 混合滤波技术

混合滤波器将无源滤波和有源滤波有机结合,充分利

用无源滤波成本低的优势和有源滤波补偿灵活的特点,实现全频段的谐波治理。该方法不仅提升了滤波效率,还有效避免了单一滤波器的不足。在大型公共建筑与商业综合体中,混合滤波因其性能与经济性的平衡而得到广泛应用,被认为是目前最具推广价值的谐波治理方案。

3 谐波抑制技术在建筑电气系统中的应用

3.1 在设计阶段的应用

在建筑电气设计阶段,谐波治理应被纳入系统规划中。通过谐波分析软件对负荷特性进行模拟,可以预测谐波源的分布与谐波含量,从而确定滤波器的安装位置与容量。常见的设计方案包括在低压配电室安装集中式有源滤波装置,在重要楼层配置分布式无源滤波装置,实现集中治理与分布治理相结合。设计阶段合理规划不仅能够提高治理效果,还能减少后期改造成本。

3.2 在施工与安装阶段的应用

在建筑电气系统中,施工阶段的谐波治理装置安装质量直接关系到后续的运行效果与寿命保障。设备接线需要遵循低阻抗和低接触电阻的原则,以减少因线路设计不合理而带来的附加损耗和能量浪费。滤波器在散热设计、空间布局以及接地系统的配置上,也必须严格符合相关技术规范,否则可能导致治理装置容量下降,甚至缩短使用寿命。为避免施工过程中的疏漏,数字化技术的应用显得尤为重要。通过 BIM 等可视化工具,可以在施工前对设备布置进行三维模拟,确保空间利用合理,避免与其他系统产生冲突。这种方法不仅优化了设备的安装位置,还能有效提升施工的精确性与安全性,为谐波治理装置提供更加稳定可靠的运行环境。高质量的施工过程,最终将为建筑电气系统的整体能效与电能质量提升打下坚实基础。

3.3 在运行与维护阶段的应用

在建筑电气系统的运行过程中,配置谐波监测装置具有重要意义,这类设备能够实时掌握谐波含量及运行状态,为系统安全提供数据支撑。当监测结果显示谐波水平超标时,可通过调整滤波器参数或启用备用治理装置来进行补偿与修正,从而避免因谐波过高导致的设备故障。进入维护阶段,定期检查滤波器元件是必要环节,老化的电容器与功率电子器件应及时更换,以保证装置在长期运行中保持高效与稳定。随着物联网与大数据技术的不断进步,谐波治理正逐渐进入智能化运维阶段。通过远程监控平台,管理人员能够实时获取运行参数,利用算法对数据进行分析,自动生成优化策略并执行调节,大幅度提升了治理的灵活性与效率。这种智能化运维模式不仅降低了人工巡检的成本,还增强了系统的可靠性,为建筑电气系统的安全

运行提供了更为坚实的保障。

4 电能质量提升的效果与评价

4.1 谐波含量的降低

在建筑电气系统中,谐波问题长期存在,往往导致电能质量下降,影响系统的安全与稳定运行。通过科学的配置与合理的运行管理,电压总谐波畸变率(THDv)能够由8%以上有效降低至3%以下,电流总谐波畸变率(THDi)的下降幅度甚至可超过70%。这种改善不仅体现在数值指标的变化上,更在于运行环境的整体优化。电能质量提升后,电气设备所承受的电压、电流应力显著减轻,运行过程中更加稳定,误动作和过热现象大幅减少。建筑物内部的电气环境也趋于平衡,供电的连续性与可靠性得到保障。对于用户而言,这种稳定性直接体现在用电体验的提升和运行成本的降低之上。更为重要的是,改善后的电能质量能够为后续的智能化运行和节能管理奠定基础,推动建筑电气系统向高效、安全和绿色的方向发展。

4.2 设备运行寿命的延长

在建筑电气系统中,谐波含量过高往往导致设备发热严重,绕组温升加快,绝缘材料在长期应力下提前老化,进而缩短整体使用寿命。经过谐波治理后,这一问题得到明显改善。电气设备的发热现象显著减轻,电动机运行更加平稳,振动和噪声水平明显下降,电子设备的误动作率也随之降低。这些变化不仅改善了运行环境,还提高了系统的稳定性与可靠性。随着发热和应力的减轻,绕组和绝缘材料的老化速度大幅降低,设备的寿命周期得到有效延长。对于建筑管理而言,设备的运行故障率下降意味着停机次数减少,生产和服务的连续性得以保证。同时,设备维护和更换的频率显著降低,节省了大量的维修与管理成本。这一系列改进体现了谐波治理的经济价值与管理效益,使其成为提升建筑电气系统长期运行水平的重要手段。

4.3 系统整体效率的提升

谐波抑制技术在电能质量治理中发挥着至关重要的作用,其应用不仅能够有效降低谐波含量,还能改善系统的整体运行效率。通过抑制谐波,电气系统的功率因数得到提升,无功损耗显著减少,使供电网络的运行更加稳定与高效。在一些经过系统性治理的商业建筑中,研究数据显示年均电能消耗的下降幅度可达到3%~5%,这一节能幅度对高能耗的综合体建筑而言意义重大。节能带来的不仅是运行成本的降低,还能有效延长设备的使用寿命,减少维护频率和费用。对于运营方来说,节能直接转化为经济效益,而对于社会层面而言,则进一步推动了节能减

排目标的实现。谐波抑制与绿色建筑理念高度契合,使建筑在满足能源利用效率的同时,也体现出对可持续发展的追求,从而在经济、环境与社会价值上实现多重收益。

5 未来谐波抑制技术的发展趋势

5.1 智能化与自适应控制

随着人工智能与大数据技术的不断进步,谐波治理设备逐渐迈向智能化阶段。未来的有源滤波装置将不再依赖固定参数运行,而是具备实时感知和自适应调节的能力,能够根据建筑电气系统运行状态的变化自动优化控制策略,从而实现更加精准的谐波补偿。借助大数据分析,设备可以对谐波源分布和变化规律进行预测,提前采取措施,避免局部过载或补偿不足的情况发生。基于云平台和物联网的互联优势,多个装置之间能够实现信息共享与协同运行,从而形成整体性的优化控制效果。在这种模式下,谐波治理设备不再是单一的补偿工具,而是成为电能质量综合管理的重要节点。通过智能化的功能升级,谐波治理技术将进一步提升系统运行的可靠性与经济性,为绿色建筑和智慧城市的电能管理提供更为坚实的技术支撑。

5.2 绿色节能与环保化

谐波治理装置在改善电能质量的过程中,本身也会产生一定的能耗,因此其节能与环保性能逐渐成为研究和应用的重点。未来的发展趋势是通过引入新型低损耗功率电子器件,如宽禁带半导体材料和高效变流技术,显著降低装置在运行中的能量损耗。同时,环保型材料的应用将提升设备在制造和使用全周期中的绿色水平,减少对环境负担。在这一基础上,谐波治理装置不仅能够有效抑制电网中的谐波污染,还能以低碳、节能的特征满足绿色建筑的需求。通过模块化与智能化设计,装置能够根据负荷变化进行动态调节,实现高效运作并避免不必要的能量浪费。未来,结合智能监测与能效管理技术,谐波治理设备将逐步向绿色智能方向升级,成为兼顾电能质量优化与能源可持续利用的关键设施,为绿色建筑与智慧城市建设提供坚实支撑。

5.3 多功能一体化

未来的电能质量治理装置将突破单一治理的局限,逐步向多功能集成和系统化管理演进。在设计上,装置不仅具备谐波抑制的能力,还会融合无功补偿、电压稳定与能量管理等多重功能,构建起一个综合性的电能质量优化平台。通过多目标协同控制技术,装置能够根据电网运行的实时状态进行动态调节,实现对不同电能质量问题的同步治理。在复杂建筑电气系统中,这种一体化平台可根据负

荷特性和用电需求,灵活分配补偿容量、优化电能分布,并在电压波动或突发扰动发生时迅速响应,保障系统稳定运行。更为重要的是,多功能一体化的发展能够减少设备重复建设,降低投资与运维成本,同时提升整体管理效率。随着人工智能与大数据技术的深度应用,未来的电能质量治理装置还将具备预测分析与自适应优化的能力,为建筑电气系统提供更加智能、绿色和高效的解决方案。

6 结论

建筑电气系统中的谐波问题已经成为影响电能质量的重要因素,严重制约了建筑运行的安全性与节能水平。通过对无源滤波、有源滤波及混合滤波等技术的合理应用,谐波含量能够有效抑制,电能质量明显提升,电气设备运行更加安全可靠。未来,应加强智能化、自适应及多

功能一体化谐波治理技术的研究与推广,以适应建筑电气系统复杂多变的发展需求,推动电能质量持续优化,为建筑行业的高质量发展提供有力保障。

【参考文献】

- [1]王旭.建筑电气系统谐波治理技术研究[J].建筑电气,2021(5):45-49.
- [2]李强.电能质量问题与谐波抑制技术探讨[J].电气应用,2020(12):33-37.
- [3]张伟.基于混合滤波的建筑电气谐波治理策略[J].电力系统保护与控制,2022(8):122-128.

作者简介:王策(1989.2—),男,汉族,毕业学校:河北建筑工程学院,现工作单位:九易庄宸科技(集团)股份有限公司。