

电气工程中的谐波抑制技术研究

黄林枫

中国船舶集团有限公司第七一三研究所 河南 郑州 450052

摘要: 随着电力电子技术的快速发展,谐波问题在电气工程中日益突出。本文探讨了电气工程中的谐波抑制技术。概述了谐波的基本概念、产生原因及其影响。阐述了谐波抑制技术的原理和分类,包括无源滤波、有源滤波、混合滤波及新型谐波抑制技术。分析了这些技术在电气工程中的具体应用,并提出了谐波抑制技术的实施策略,涵盖了前期规划与设计、设备安装与调试、运行与维护以及持续改进与优化等关键环节。旨在为电气工程中的谐波抑制提供了理论指导和实践参考。

关键词: 电气工程中;谐波抑制技术;应用

引言: 谐波不仅影响电网的稳定运行,还可能导致设备损坏和电能质量下降。因此研究电气工程中的谐波抑制技术具有重要意义。本文旨在全面分析谐波抑制技术的原理、分类及应用,并提出有效的实施策略,以期对电气工程领域的谐波问题提供解决方案。

1 谐波的基本概念与产生原因

1.1 谐波的基本概念

在电气工程中,谐波是一个与电力系统稳定性和电能质量密切相关的概念。谐波指的是电力系统中除了正常频率(如50Hz或60Hz)以外的其他频率成分。这些频率成分是基波频率的整数倍,即当对周期性、非正弦波形的电流或电压进行数学分析时,会发现它们可以分解为一系列正弦波分量,这些正弦波分量的频率都是基波频率的整数倍,这些整数倍频率的正弦波分量就被称为谐波^[1]。在电力系统中,理想的交流电波形应为纯正弦波,但由于各种非线性负载的存在,电流和电压波形会发生畸变,不再保持纯正弦波形。这种畸变的波形可以看作是基波与一系列谐波分量的叠加。谐波分量的存在会导致电网电压和电流波形发生畸变,从而影响电能的质量。

1.2 谐波的产生原因

在电气工程中,谐波的产生原因多种多样,但可以归结为以下几点:(1)非线性负载。这类负载在工作过程中,其电流与电压之间不存在线性关系,导致电流波形发生畸变,从而产生谐波。常见的非线性负载包括整流器、逆变器、变频器等电力电子设备,以及电弧炉、电焊机等电弧设备。这些设备广泛应用于工业、交通、通信等领域,是电力系统中谐波的主要来源。(2)电网阻抗和负荷分布:电网中的阻抗会导致谐波电流的放大或衰减,而负荷分布的不均匀则可能导致谐波在电

网中的传播路径发生变化。(3)其他因素:电网中的电容器和电感器等元件的谐振现象、电网中的故障和扰动等。这些因素虽然不如非线性负载和电网阻抗那样常见,但在某些特定情况下也可能对谐波的产生和传播产生重要影响。

2 电气工程中的谐波抑制技术的原理和分类

2.1 原理

在电气工程中,谐波抑制技术的核心原理在于消除或减少电力系统中的谐波成分,从而维护电网的稳定性和提高电能质量。谐波抑制技术主要基于两个基本策略:主动型和被动型。(1)主动型谐波抑制技术侧重于从源头减少或消除谐波的产生。这通常涉及到对电力电子设备的改进和优化,以减少其在工作过程中产生的谐波。增加整流器的整流相数或整流脉冲数,可以有效降低谐波电流的幅值。(2)被动型谐波抑制技术则侧重于在谐波产生后对其进行吸收或抵消。这通常通过使用滤波器来实现。滤波器是一种能够选择性地吸收或反射特定频率信号的装置。在谐波抑制中,滤波器被设计为能够吸收或抵消电力系统中的谐波成分。常见的滤波器包括无源滤波器和有源滤波器。无源滤波器主要由电感、电容和电阻等元件组成,能够滤除特定频率的谐波。而有源滤波器则通过检测谐波电流并产生一个与其大小相等、极性相反的补偿电流来抵消谐波。

2.2 分类

根据工作原理和应用场景的不同,谐波抑制技术可以分为多种类型。其中无源滤波器和有源滤波器是最常见的两种类型。无源滤波器主要利用电感、电容等无源元件的谐振特性来滤除谐波。它们结构简单、成本低廉,但只能滤除特定频率的谐波,且易受电网运行状态和阻抗的影响。有源滤波器则是一种更为先进的谐波抑

制技术^[2]。它通过检测谐波电流并产生一个与之相反的补偿电流来抵消谐波。有源滤波器具有实时效果好、谐波补偿范围广、系统抗干扰性能强等优点。但其成本相对较高,且需要额外的能源供应。除了无源滤波器和有源滤波器外,还有一些其他类型的谐波抑制技术,如混合滤波器、动态无功补偿装置等。

3 电气工程中的谐波抑制技术应用

3.1 无源滤波技术应用

无源滤波技术是电气工程中最常用的谐波抑制技术之一。它主要利用电感、电容等无源元件的谐振特性,通过设计合理的滤波器电路来滤除电力系统中的谐波成分,具体应用如下:(1)单调谐滤波器。单调谐滤波器是最基本的无源滤波器之一。它由一个电感和一个电容串联组成,能够滤除特定频率的谐波。单调谐滤波器的设计关键在于选择合适的电感值和电容值,使其谐振频率与需要滤除的谐波频率一致。单调谐滤波器只能滤除单一频率的谐波,对于其他频率的谐波则无法有效抑制。(2)高通滤波器。高通滤波器能够滤除高于某一频率的所有谐波。它通常由电感、电容和电阻组合而成,形成一个高通滤波网络。高通滤波器的设计需要考虑滤波器的截止频率,即滤波器开始衰减的频率。通过调整电感、电容和电阻的参数,可以改变高通滤波器的截止频率,从而实现对不同频率谐波的滤除。(3)无源滤波器的组合应用。为了实现对多种频率谐波的滤除,可以将多个单调谐滤波器或高通滤波器组合起来使用。

3.2 有源滤波技术应用

有源滤波技术是近年来发展起来的一种新型谐波抑制技术。它利用电力电子器件和先进的控制算法,实时检测电力系统中的谐波电流,并产生一个与其大小相等、极性相反的补偿电流,从而实现对谐波的抑制,具体应用如下:(1)并联型有源滤波器。并联型有源滤波器是最常见的有源滤波器之一。它并联在电网中,通过检测电网中的谐波电流,并产生一个与其相反的补偿电流来抵消谐波。并联型有源滤波器具有响应速度快、滤波效果好、适应性强等优点。但其成本相对较高,且需要额外的能源供应。(2)串联型有源滤波器。串联型有源滤波器串联在电网中,通过检测电网中的谐波电压,并产生一个与其相反的补偿电压来抵消谐波。串联型有源滤波器主要用于对电网电压的谐波进行抑制,适用于对电网电压质量要求较高的场合。然而,串联型有源滤波器的设计和实现相对复杂,且需要承受较高的电压和电流。(3)混合型有源滤波器。混合型有源滤波器结合了无源滤波器和有源滤波器的优点。它利用无源滤波器

滤除大部分谐波,同时利用有源滤波器对剩余谐波进行补偿。混合型有源滤波器具有成本低、滤波效果好、适应性强等优点。

3.3 混合滤波技术应用

混合滤波技术是一种将无源滤波技术和有源滤波技术相结合的新型谐波抑制技术。它利用无源滤波器滤除大部分谐波,同时利用有源滤波器对剩余谐波进行精确补偿,从而实现对谐波的全面抑制,其组合应用如下:

(1)无源-有源混合滤波器。无源-有源混合滤波器是一种典型的混合滤波技术。它通常由无源滤波器和有源滤波器串联或并联组成^[3]。无源滤波器负责滤除大部分谐波,而有源滤波器则对剩余谐波进行精确补偿。无源-有源混合滤波器具有成本低、滤波效果好、适应性强等优点。其设计和实现也相对复杂,需要综合考虑无源滤波器和有源滤波器的参数和特性。(2)自适应混合滤波器。自适应混合滤波器是一种能够根据电网运行状态和谐波特点自动调整滤波策略的新型混合滤波技术。它利用先进的控制算法和传感器技术,实时监测电网中的谐波成分和电网运行状态,并根据监测结果自动调整滤波器的参数和滤波策略。自适应混合滤波器具有实时性好、滤波效果优越、适应性强等优点。

3.4 新型谐波抑制技术应用

在电气工程领域,新型谐波抑制技术的不断涌现为电网的稳定运行和电能质量的提升带来了革命性的变化。以下将重点介绍三种新型谐波抑制技术的应用。

(1)基于超导材料的滤波器凭借其零电阻和完全抗磁性的独特性质,显著提高了滤波器的性能和效率。这种滤波器不仅损耗小,而且滤波效果显著,体积也相对较小,为电力系统的谐波抑制提供了新的可能。由于超导材料的制备和应用成本较高,且需要特定的低温环境才能保持其超导状态,因此在实际应用中仍需权衡其性能与成本。(2)基于电力电子变压器的谐波抑制技术利用电力电子器件的精确控制能力,实现了对电网电压和电流的实时调节和控制。该技术能够实时监测电网中的谐波成分,并通过调整电力电子器件的开关状态来补偿谐波,从而全面抑制谐波的产生和传播。尽管电力电子变压器的设计和实现相对复杂,且成本较高,但其对谐波抑制的精确性和实时性使其成为电气工程领域的重要创新。(3)基于智能算法的谐波抑制技术利用人工智能和机器学习等智能算法,实现了对电网谐波的实时监测和分析。该技术能够根据分析结果自动调整滤波器的参数和滤波策略,从而实现对谐波的动态抑制。这种技术实时性好、自适应性强,而且滤波效果优越,为电力系统

的谐波抑制提供了新的智能化解决方案。

4 谐波抑制技术的实施策略

4.1 前期规划与设计

在电气工程领域,谐波问题日益凸显,对电网的稳定运行、电能质量以及电力设备寿命构成了严峻挑战。在前期规划与设计阶段,首先要进行谐波源的准确识别。这需要对电网架构与负载特性进行深入分析,以精确判定谐波源的类型及其所在位置,为后续制定抑制策略奠定坚实基础。基于谐波源的特性和电网的实际运行需求,将量身定制谐波抑制方案。此方案将综合考量成本效益、技术可行性及电网安全稳定运行等多方面因素,力求在实现谐波有效抑制的同时,确保电网的平稳运行。在设备选型方面,将全面考虑设备的性能表现、可靠性及维护成本等因素,灵活选用无源滤波器、有源滤波器或混合滤波器等不同类型的设备,以实现最佳的谐波抑制效果。

4.2 设备安装与调试

在谐波抑制技术的实施过程中,设备安装与调试是确保技术效果的关键环节。要制定详细的策略,以确保设备能够正确、可靠地接入电网,并达到预期的谐波抑制效果。(1)在设备选型与采购阶段,根据前期规划与设计的结果,综合考虑设备的性能参数、生产厂家信誉、售后服务等因素,确保所选设备能够满足实际需求^[4]。同时关注设备的性价比,以在保证性能的前提下降低采购成本。(2)设备安装过程中,严格遵循相关标准和规范,确保设备正确、可靠地接入电网。同时注意设备的接地、连接等细节问题,避免引入新的谐波源或影响设备的正常运行。(3)设备安装完成后,进行详细的调试与测试工作。通过测试,可以验证设备的性能是否满足设计要求,以及设备在电网中的运行效果。调试过程中,需根据测试结果调整设备的参数,以达到最佳的谐波抑制效果。

4.3 运行与维护

为了确保谐波抑制设备持续有效地发挥作用,制定并实施以下科学的运行与维护策略至关重要。(1)安装

谐波监测装置,对电网中的谐波进行实时监测。通过数据分析,能够及时发现谐波问题,为后续的维护和处理提供精准的依据。这有助于提前发现并解决潜在的谐波问题,防止其进一步影响电网的稳定运行。(2)定期维护与检查是确保设备处于良好运行状态。谐波抑制设备在运行过程中可能会受到多种因素的影响,导致性能下降或出现故障。因此,需制定详细的维护与检查计划,定期对设备进行检查和维护,确保其始终处于最佳工作状态。

4.4 持续改进与优化

为了保持谐波抑制技术的领先地位,需制定并实施以下一套持续改进与优化的策略。(1)建立反馈与数据收集机制,通过实时监测和数据分析,了解谐波抑制技术的实际效果和存在的问题。这有助于及时发现技术短板,为后续改进提供科学依据。(2)紧跟电力电子技术的发展步伐,不断引入新技术和新设备。通过技术升级和设备更新,提高电网的谐波抑制能力,确保电网的稳定运行。(3)加强人员培训和教育,提升团队的专业素养和操作技能。通过培训,确保相关人员能够正确实施谐波抑制技术,提高技术的实施效果。

结束语:本文通过对电气工程中的谐波抑制技术的深入研究,揭示了谐波抑制技术的重要性和应用价值。随着技术的不断进步,新型谐波抑制技术不断涌现,为电气工程领域提供了更多选择。未来继续加强谐波抑制技术的研究与应用,推动电气工程领域的持续发展,为电网的稳定运行和电能质量的提升贡献力量。

参考文献

- [1]姚伟平.电力谐波对电力系统的影响及治理措施[J].大科技,2019,(28):63-64.
- [2]王国涛.浅析电力系统谐波危害及治理措施[J].计量与测试技术,2019,(9):73-74.
- [3]许加柱,柏滋艺.磁集成式LCL滤波器在牵引网高次谐波抑制中的应用[J].电力自动化设备,2019,39(5):207-218.
- [4]潘博,王健.矿山电力系统谐波的危害与治理[J].山东工业技术.2019,(8):95-98