

# 电力系统谐波分析与谐波治理浅析

王明金<sup>1</sup> 王格万<sup>1</sup> 王康梁<sup>1</sup> 徐振东<sup>2</sup>

(1. 国网山东省电力公司潍坊供电公司 山东潍坊 261000)  
(2. 潍坊光明电力服务有限公司诸城分公司 山东潍坊 261000)

**摘要:** 本文主要对电力系统中谐波的产生、特性以及谐波治理方法进行了详细的分析和探讨。首先,阐述了电力系统中谐波的来源、传播途径和影响因素。然后,分析了谐波对电力系统设备及电能质量的影响,并介绍了常用的谐波测量方法。接下来,探讨了基于神经网络、小波变换等谐波分析算法的原理与应用,对比了各种算法的优缺点。最后,介绍了几种常见的谐波治理措施,如滤波器、无源谐波治理器和有源谐波控制器等,并对这些治理方法的适用场景和效果进行了分析。通过本文的研究,旨在提高对电力系统谐波问题的认识,为电力系统的稳定运行和电能质量的改善提供参考。

**关键词:** 电力系统;谐波分析;谐波治理

## 引言

电力系统谐波分析与谐波治理浅析:随着我国电力系统的快速发展,电力负荷不断增加,电力设备的运行条件日趋复杂,谐波问题日益凸显。谐波在电力系统中传播,不仅会对电力设备造成损害,还会影响电能质量,进而威胁电力系统的稳定运行。因此,对电力系统谐波进行分析及治理具有重要意义。本文旨在对电力系统谐波分析与治理方法进行探讨,以期为电力系统谐波问题的解决提供参考。分析谐波对电力系统设备及电能质量的影响,为后续谐波治理方法的选择提供依据。阐述常用的谐波分析方法,如神经网络、小波变换等,通过本文的研究,旨在提高对电力系统谐波问题的认识,为电力系统的稳定运行和电能质量的改善提供理论支持。

### 一、电力系统中谐波的产生、传播及影响因素

电力系统中谐波的产生、传播及影响因素可以从以下几个方面进行阐述,谐波的产生、谐波的传播、谐波的影响因素。谐波的产生,电力系统中谐波的主要来源是电力电子设备、非线性电阻和电感元件等。电力电子设备如变频器、整流器等在运行过程中会产生谐波。此外,荧光灯、调光灯、计算机等负载也会产生谐波。这些谐波源产生的谐波会叠加在电网电压和电流上,导致电网波形畸变。谐波的传播谐波在电力系统中主要通过输配电线路、变压器等设备传播。传播过程中,谐波可能会被放大或衰减。当谐波传播到负载端时,会对电气设备产生影响。谐波的产生和传播受到以下几个因素的影响,谐波源的特性,谐波源的种类、数量、运行状态等都会影响谐波的产生和传播。电网参数,电网的阻抗、线路长度、电缆类型等参数会影响谐波的传播特性。负

载特性,负载的种类、数量、功率因数等也会影响谐波的传播和电气设备的受影响程度。系统运行方式,电力系统的运行方式、调度策略等都会对谐波的产生和传播产生影响。了解电力系统中谐波的产生、传播及影响因素,有助于我们更好地分析和解决谐波问题,提高电能质量和电力系统的稳定运行。

### 二、谐波对电力系统设备及电能质量的影响

#### 2.1 设备损耗增加

谐波在电力系统中传播时,会使设备的损耗增加。特别是对于电机、变压器等铁芯型设备,谐波会导致铁芯磁通密度波动,从而增加设备的损耗和噪音。谐波对电力系统设备的影响确实很大,除了您提到的电机和变压器等铁芯型设备外,其他设备如电缆、开关、电容器等也会受到谐波的影响。谐波会使电机的电流和电压波形发生畸变,导致电机损耗增加、发热过多、振动加剧、噪音增大等问题,长期处于谐波环境下,电机的使用寿命会受到影响。谐波电流在变压器中产生磁通,导致磁通密度波动。这会使得变压器的铁芯损耗和噪音增加,同时影响变压器的电压调节性能。谐波电流会使电缆的电压和电流波形发生畸变,增加电缆的发热和损耗,长期下来,可能导致电缆过热、老化等问题。谐波电压可能导致电容器的电压和电流波形发生畸变,使其工作在非正常状态下,这可能导致电容器过热、损坏等问题。谐波电流可能导致开关设备的误动,影响其正常运行,同时,谐波还可能引起开关设备的电磁干扰,导致设备故障。谐波对保护装置的影响主要表现在误动和误判,谐波环境下的电压、电流波形畸变可能使保护装置无法正确判断故障,导致保护动作失误或延迟。为了减轻谐

波对电力系统设备及电能质量的影响,需要采取相应的谐波治理措施。这些措施包括:安装谐波滤波器、选用高品质的电气设备、合理配置电力系统、加强谐波监测和控制等。通过这些方法,可以有效地降低谐波对电力系统设备及电能质量的影响。

## 2.2 设备寿命缩短

长期处于谐波环境下的电力设备,其寿命会受到影响。谐波会导致设备过热、疲劳损伤等问题,从而缩短设备的寿命。长期处于谐波环境下的电力设备,确实可能会因为谐波的影响出现一系列问题,从而影响其使用寿命。过热谐波电流会增加电力设备的电阻损耗,导致设备过热,过热会使设备的材料性能发生变化,从而降低设备的寿命。电力设备在谐波环境下工作,会受到谐波电流的周期性冲击,这种冲击会使设备的金属部件产生疲劳损伤,从而导致设备性能下降、寿命缩短。谐波环境下的高电压、高电流会导致设备绝缘系统受到破坏,使其逐渐老化,绝缘老化会降低设备的绝缘性能,增大故障风险,影响设备寿命。谐波电流会引起设备的机械振动,导致设备部件松动、磨损加剧。长期下来,可能引发设备故障,缩短设备寿命。谐波环境中的电磁干扰会对设备的电子元件产生影响,可能导致设备控制系统失控、误操作等问题,这会对设备的正常运行造成严重影响,缩短设备寿命。谐波环境下,设备的故障率通常会增加,这是因为谐波电流可能导致设备部件的损伤、绝缘老化等问题,从而使设备更容易发生故障。

## 2.3 电能质量下降

谐波会使电网电压和电流波形发生畸变,导致电能质量下降。电能质量的降低可能对电力系统稳定性产生影响,甚至引发事故。谐波确实会对电网电压和电流波形产生影响,导致电能质量下降,电能质量的降低可能对电力系统的稳定性产生严重影响,甚至可能引发事故。电网中的电压谐波会导致电压波形发生畸变,可能引发电压暂降、电压闪变等问题,这些问题会对电力系统的稳定性产生影响,可能导致设备故障、系统失控等问题。电流谐波会使电流波形发生畸变,导致电流不平衡、功率因数降低等问题,这些问题会增加电网损耗,影响电力系统的经济性和稳定性。当电网中的谐波频率与设备的谐振频率相同时,可能引发谐波谐振,谐波谐振会导致设备过热、振动加剧等问题,从而影响设备的寿命和稳定性。谐波电流会产生电磁干扰,对电力系统的设备

和通信系统产生影响,电磁干扰可能导致设备故障、控制系统失控等问题,影响电力系统的稳定性。谐波环境下的电能质量下降,可能导致设备故障率增加,设备故障会影响电力系统的正常运行,从而降低系统的稳定性。电能质量下降可能导致电力系统中的安全隐患,如设备过热、火灾等事故,这些事故会对电力系统的稳定性产生严重影响。

## 三、谐波分析方法

### 3.1 神经网络

(1)谐波分析方法是研究电能质量问题的重要手段,神经网络作为一种先进的智能算法,在谐波分析领域得到了广泛的应用。谐波分析方法与神经网络相结合,可以更准确、高效地检测和消除电力系统中的谐波问题。根据电力系统谐波分析的需求,构建合适的神经网络结构,如多层感知机(MLP)、径向基函数网络(RBFN)等。利用已有的数据集,对神经网络进行训练,使其在学习过程中捕捉到谐波特征,提高分析准确性。训练过程中常用的优化算法有梯度下降法、牛顿法等。训练好的神经网络可用于实时检测电网中的谐波。通过输入电网电压、电流等数据,神经网络可以输出谐波的频率、幅值和相位等信息。基于神经网络的谐波消除方法,可以通过对电力系统的控制策略进行优化,实现对谐波的抑制。例如,可以利用神经网络预测谐波的发生,并提前采取措施进行补偿。对基于神经网络的谐波分析方法进行性能评估,如计算谐波检测精度、响应速度等指标,并根据评估结果对神经网络模型进行优化调整。

(2)神经网络的谐波分析方法的优点,较高的计算精度,神经网络具有较强的非线性拟合能力,可以更准确地刻画谐波特征,提高分析结果的精度。较快的计算速度,神经网络算法具有较快的收敛速度,可以在较短的时间内完成谐波分析任务。较强的适应性,神经网络具有较强的自适应能力,可以应对电力系统中复杂的谐波环境。基于神经网络的谐波分析方法具有较强的容错性,即使某一部分数据出现异常,也不会对整体分析结果产生太大影响。基于神经网络的谐波分析方法在电力系统中的应用具有显著的优势,有望为我国电力系统的稳定运行和电能质量改善提供有效支持。

### 3.2 小波变换

(1)小波变换是一种在时频域上同时进行的信号分析方法,具有良好的局部特性,因此在谐波分析领域得

到了广泛的应用。与传统的谐波分析方法如傅里叶变换相比,小波变换具有以下优势,频率分辨率高,小波变换可以根据信号的频率特性选择合适的小波基函数,从而在频域上实现高分辨率的分析。小波变换具有局部特性,可以实时地分析信号的局部谐波成分,有利于检测和跟踪动态变化的谐波。小波变换在频域上具有较高的抗噪声性能,可以在噪声环境中有效地提取谐波信息。小波变换可以实现多尺度分析,便于分析不同频率范围内的谐波成分。

(2)基于小波变换的谐波分析方法包括以下几个步骤:选择合适的小波基函数,根据信号的特性和分析需求,选择合适的小波基函数进行变换。第二对信号进行小波变换,将选定的小波基函数应用于待分析的信号,得到小波系数。第三提取谐波信息,根据小波系数,提取信号中的谐波成分,包括频率、幅值和相位等信息。谐波分析结果处理,对提取的谐波信息进行后续处理,如谐波分离、谐波抑制等。评估基于小波变换的谐波分析方法的性能,如检测精度、响应速度等指标。

(3)相较于传统谐波分析方法,基于小波变换的谐波分析方法在电力系统中的应用优势,首先是提高谐波检测精度:小波变换具有较高的频率分辨率,可以更准确地检测和分析谐波成分。小波变换在频域上具有抗噪声性能,有助于在复杂环境下识别和提取谐波信息。小波变换具有局部特性,可以实时地跟踪和分析动态变化的谐波成分。小波变换可以实现多尺度分析,有助于分析不同频率范围内的谐波成分。基于小波变换的谐波分析方法在电力系统中的应用具有显著的优势,有助于提高电能质量,保障电力系统的稳定运行。

#### 四、谐波治理措施

谐波治理措施是为了减轻谐波对电力系统及其设备的影响,提高电能质量而采取的一系列方法。谐波治理主要包括确定谐波源,首先要找出产生谐波的非线性设备,了解其谐波特性,以便采取针对性的治理措施。通过电源质量分析仪或频谱分析仪等仪器,测量谐波的种类、频率和含量,为治理提供依据。根据测量结果,结合电力系统的实际情况,选择合适的谐波治理方法。常见的谐波治理方法包括,提高系统容量:通过增加供电电源的容量或提高供电电压的等级,提高系统抗谐波能力。这种方法投资较大,需与电网发展规划协调。谐波

隔离:采用接地、屏蔽、滤波等技术,将非线性设备的谐波与电网隔离,减轻谐波对其他电网的影响。安装滤波器:在变电站或用户侧安装滤波器,以减少谐波分量。滤波器可分为有源滤波器和无源滤波器。根据选择的治理方法,对电力系统进行改造或设备升级,以达到谐波治理的目标。治理完成后,需对电力系统进行监测和评估,确保谐波治理效果达到预期。建立健全谐波治理设施的管理和维护制度,确保谐波治理效果的长期稳定。谐波治理措施旨在减轻谐波对电力系统及其设备的影响,提高电能质量,确保电力系统的稳定运行。在实际应用中,需根据电力系统的具体情况,采取针对性的治理措施。

#### 结束语

随着电力系统规模的不断扩大和电力电子设备的广泛应用,谐波问题日益凸显,对电力系统的稳定运行和电能质量造成严重影响。因此,对电力系统谐波进行分析并采取有效的治理措施具有重要意义。总之,电力系统谐波分析与治理是确保电能质量、保障电力系统稳定运行的关键。电力工作者应充分认识到谐波问题的严重性,加强谐波监测和分析,采取针对性的治理措施,不断提高电力系统的谐波治理水平。同时,关注国内外谐波治理技术的发展动态,积极引进和推广新技术,为我国电力系统的和谐发展贡献力量。

#### 参考文献:

- [1]朱岩.刍议电力谐波对供配电系统的影响和治理策略[J].通信电源技术,2020,37(05):130-131+134.
- [2]程丰平,李杰,程祥群.浅议电力计量中电力谐波的影响与措施[J].科学技术创新,2019(31):165-166.
- [3]王雷.电力计量中电力谐波的影响与有效措施[J].中国新技术新产品,2019(19):78-79.
- [4]闫海军.通信线路中电力谐波干扰及防护分析[J].中国新通信,2018,20(23):14.
- [5]干玉成,吴炳照,赵振敏,万尧峰,黄建伟.电网谐波对电力系统的影响和治理方案研究[A].浙江省电力学会、江苏省电机工程学会、安徽省电机工程学会、福建省电机工程学会.浙江省电力学会2018年度优秀论文集[C].浙江省电力学会、江苏省电机工程学会、安徽省电机工程学会、福建省电机工程学会:浙江省电力学会,2018:5.