

# 配电网谐波的危害及治理对策探究

范钰博

(国网冀北电力有限公司怀来县供电分公司, 河北 张家口 075400)

**摘要** 配电网谐波是指在配电网中, 由于非线性负载的存在, 会产生频率是基波频率的整数倍的电压和电流分量, 这些分量被称为谐波分量。谐波分量的存在会对电力系统的稳定性和可靠性产生影响, 同时也会对电力设备的寿命和性能产生不良影响, 这就需要采取一系列科学有效的方法和对策来对谐波进行有效治理, 以提升配电网运行的稳定性、安全性, 并降低运行成本, 保证电力事业稳定发展。因此, 本文采用理论结合实践的方法, 立足谐波的相关概述, 分析了谐波产生的原因和危害, 并提出谐波的治理对策。

**关键词** 配电网; 谐波; 电压波动; 电气设备老化; 电力系统运行

中图分类号: TM7

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)12-0092-03

在电网系统中, 谐波是普遍存在的, 并且危害也是巨大的, 因此必须要加强对谐波问题的重视, 并采取有效的治理措施。文章对配电网谐波进行了分析, 指出了其产生原因, 并根据原因提出了具体的治理措施。配电网是供电网络中重要的组成部分, 如果发生谐波污染问题将会给供电网络带来严重危害。因此必须加强对谐波的治理工作, 保证电网系统运行的安全、稳定和可靠。基于此, 开展配电网谐波的危害及治理对策的分析研究就显得尤为必要。

## 1 谐波的相关概述

在配电网中, 由于非线性负载等因素的存在, 会产生大量的谐波。谐波会对电力系统产生多种负面影响, 如: 增加线路损耗、降低功率因数、干扰通信设备等。为了减少谐波对电力系统的影响, 可以采取多种措施进行治理。例如: 增加变压器容量、使用无功补偿器、安装滤波器等。这些措施可以有效地减少谐波对电力系统的影响, 提高电力系统的稳定性和可靠性。此外, 对于配电网中的谐波问题, 还可以通过优化电力设备的配置和使用方式来减少谐波的产生。例如, 对于非线性负载的设备, 可以采取将其工作状态调整至线性状态, 从而减少谐波的产生。通过优化电力设备的配置和使用方式、增加变压器容量、使用无功补偿器、安装滤波器等措施, 可以有效地减少谐波对电力系统的影响, 提高电力系统的稳定性和可靠性。

## 2 谐波的产生原因

谐波的产生有三个主要原因: 一是电气设备方面, 例如荧光灯、开关电源以及电力变压器等; 二是输电

线路方面, 例如电力电缆以及架空线路等; 三是用电设备方面, 例如电容器、电抗器以及补偿电容器等。谐波产生的原因主要包括以下几个方面:

1. 整流设备产生谐波。在非线性负载中, 例如变压器、电动机以及电抗器等, 主要以整流电路为其产生的谐波源。这些非线性设备在运行过程中, 会产生大量的基波电压, 从而产生谐波。

2. 电容器与电抗器方面。电容器和电抗器都具有非线性特性, 在运行过程中, 会在电容器上产生谐波电流和谐波电压, 从而导致电网中的谐波电流和谐波电压出现。

3. 变压器方面。变压器是一个旋转电机, 主要以磁路饱和为其工作原理。

4. 输电线路方面。输电线路是电力系统中最主要的传输通道之一, 其作用主要是将电源输送到用电设备中, 然后再将用电设备使用的电能输送到电网系统中。如果输电线路的运行过程中存在谐波电流, 那么就会使供电网络中产生大量的谐波电流。电容器是一个旋转电机, 主要是通过磁极旋转来实现对电流的控制和调节的, 如果电容器发生故障就会导致产生大量的谐波电流, 从而影响到电网系统的正常运行。电网系统是电力系统中最为主要的传输通道之一。

## 3 配电网谐波的危害

谐波对配电网系统造成的危害主要体现在以下几个方面。

### 3.1 致使电压波动幅度增大

谐波会使电压的波动增大, 这主要是由于电力系统中存在大量的非线性负荷所造成的, 主要有以下几

种：(1) 电机的运行产生较大的附加转矩，并且电机产生的转矩是随着频率改变而改变，如果谐波电流所携带的谐波分量达到一定程度时，将会使电机产生较大的附加转矩；(2) 变压器磁路中存在谐波成分，由于磁路是非线性元件组成，当磁场发生畸变时将会出现磁滞现象，使铁芯损耗增大，同时还会出现铁心过热问题；(3) 电压中含有大量的高次谐波分量，将会使电力系统中各个元件之间发生相互干扰和耦合现象。

### 3.2 加速电气设备老化

谐波分量会导致电气设备的电流和电压波形发生畸变，从而加速设备的老化和损坏。特别是对于电子设备，谐波分量可能会干扰设备的正常工作，甚至使其无法正常工作，谐波对电气设备造成的影响主要体现在以下几个方面：(1) 谐波的存在会使电动机产生振动和噪声。当发生谐波时，电网中将会产生大量的谐波电流，这将使电动机产生很大的震动和噪声；(2) 电动机三相绕组中某相或某几相有可能会出现不平衡情况，这是因为电流出现畸变时，就会产生与之对应的三次谐波和五次谐波分量；(3) 谐波会引起电力系统中电压和电流波形发生畸变。如果电网中存在大量谐波电流时，将会使电压和电流波形发生畸变；(4) 谐波对变频器也会产生影响。变频器中主要有三次、五次及七次谐波电流。当频率为 50Hz 时，其所含谐波成分最大；(5) 三相不平衡也是造成电网系统波形畸变的重要原因之一。电网中三相电压不平衡度超过 5% 时就会引起电压波动和闪变<sup>[1]</sup>。

### 3.3 影响电力系统运行的稳定性

谐波分量的存在会引起电力系统的不稳定性，从而导致电力系统的电压、电流和功率因数等参数发生变化。这不仅会降低电力系统的可靠性和稳定性，还可能引起电力系统的失稳和事故。主要体现在以下各方面：(1) 在变压器低压侧装设电容器组时，电容器组对地有一个电容电流为基波电流的 3~5 倍的直流分量。当电容器组中有非线性负荷时，将会导致电容器组所产生的电流不能完全流过电容器组中的电容器，从而会使电容器组中的电流出现非对称情况；(2) 当配电网发生故障时，将会引起系统电压产生较大波动和闪变现象。当配电网中存在大量的高次谐波时，将会造成低压母线电压脉动。如果低压母线电压出现脉动现象将会使配电变压器产生过电压问题<sup>[2]</sup>；(3) 谐波分量会使得电力质量变差，从而影响用户的用电体验，甚至会对人体健康产生危害。

## 4 配电网谐波治理对策

### 4.1 案例分析

某配电网从 2020 年 3 月开始，到 2023 年 4 月频繁出现异常故障，致使 18 台电压互感器出现多次烧毁问题，自动化变电所模块也出现了频繁烧毁问题，多处电缆被击穿，低压系统也出现了明显的计量异常情况<sup>[3]</sup>。为找到引起配电网故障的原因，进行了大范围测试分析，分析结果表明，引起这些异常问题的原因是配电网中出现了较为严重的谐波，需要进行科学有效的治理。

### 4.2 谐波问题分析

为实现对谐波的有效治理，检修人员深入谐波发生的现场进行了全方位测试，测试结果表明，在这个配电网中低压谐波污染问题普遍存在，甚至是一些站点出现了谐波明显超标的现象，这是引起本配电网配电气设备和变电所频繁发生故障的主要原因。为了确保对这一问题的有效解决，应当首先针对谐波源本身或者在谐波周围采取合理、科学的治理措施。在选择治理措施时，我们需要综合考虑谐波的达标水平、成本和技术成熟度等因素，进行合理选择。对于低压单变压器供电系统，可以采用有源滤波治理对策；对于低压双变压器供电系统，可以采用无源滤波治理对策；对于高压线路上的谐波，则可以采用电抗滤波质量对策。

### 4.3 有源滤波治理

有源滤波治理谐波的主要原理是利用电力电子器件（如 IGBT、MOSFET 等）对谐波分量进行滤波处理。以下是几种常见的有源滤波方法：

1. 基于 IGBT 的有源滤波器：由 IGBT 管、电感、电容和电阻等元器件组成。其中，电感和电容构成了一个低通滤波器，用于滤除高次谐波分量；电阻则用于限制电流的大小，以避免过流。

2. 基于 MOSFET 的有源滤波器：与基于 IGBT 的有源滤波器类似，但是使用的是 MOSFET 管。MOSFET 管的开关速度比 IGBT 管快，因此可以实现更快的滤波响应<sup>[4]</sup>。

3. 基于 LCL 滤波器的有源滤波器：主要由电感和电容构成，其中电感和电容的串联形式构成了一个 LCL 滤波器，用于滤除高次谐波分量。

4. 基于多电平变换器的有源滤波器：是一种比较高级的滤波方法，它可以将输入的电压转换为多个不同电平的电压，从而实现谐波分量的滤波处理。

以上是几种常见的有源滤波方法，不同的方法适用于不同的谐波分量和滤波要求。在实际应用中，需

要根据具体情况选择合适的滤波方法,并进行相应的参数设计和优化。案例配电网谐波治理中采用了基于IGBT的有源滤波器,取得良好的治理效果,当输入电流中存在谐波分量时,IGBT管会周期性地打开和关闭,使得电感和电容对电流进行滤波处理,从而滤除高次谐波分量。具体的治理方法如下:

1. 设计电路拓扑结构:基于IGBT的有源滤波器的电路拓扑结构一般采用桥式结构,其中电感和电容分别连接在桥式结构的两个对角线上,IGBT管则连接在桥式结构的另外两个对角线上。

2. 选择元器件参数:在设计基于IGBT的有源滤波器时,需要选择合适的元器件参数。其中,电感和电容的值需要根据滤波器的截止频率和负载电流等因素进行选择;电阻的值则需要根据负载电流和IGBT管的开关速度等因素进行选择。

3. 控制IGBT管的开关:在实际应用中,需要通过控制IGBT管的开关状态来实现对谐波分量的滤波处理。一般来说,可以采用PWM控制或者SPWM控制来控制IGBT管的开关状态<sup>[5]</sup>。

#### 4.4 无源滤波治理

配电网谐波治理中,无源滤波器是一种常用的无源滤波治理技术,它可以有效地滤除配电网中的谐波电流。以下是无源滤波治理技术在配电网谐波治理中的应用:

1. 无源滤波器的原理:无源滤波器是利用电感、电容等无源元件构成的滤波器,通过调节元件的参数来滤除谐波电流。它不需要外部电源,不会产生谐波,不会对电网产生额外的干扰,因此被广泛应用于谐波治理领域。

2. 无源滤波器的分类:无源滤波器根据滤波器结构的不同,可以分为串联型和并联型两种。串联型无源滤波器可以滤除高次谐波,而并联型无源滤波器可以滤除低次谐波。根据滤波器的结构和滤波效果的不同,可以选择适合的无源滤波器。

3. 无源滤波器的应用:在配电网谐波治理中,无源滤波器可以应用于不同的场合。例如,可以在配电变压器的低压侧或高压侧安装无源滤波器,滤除谐波电流,降低谐波污染。同时,还可以在电缆线路、电动机等负载端安装无源滤波器,提高电力系统的稳定性和可靠性。

#### 4.5 高压电抗滤波治理

高压电抗滤波治理技术在配电网谐波治理中发挥着重要作用。它通过将滤波电抗器串联在电力回路中,

可以有效降低谐波产生的频率。安装滤波装置后,不仅可以提高电能质量,减少电压波动和电流畸变,从而改善供电环境,还能带来显著的经济效益。实际应用中,根据需求和实际条件,可以选择不同的治理策略。例如,可以在高压母线上使用SVC、SVG等设备进行治理;在变压器的下端,低压母线上使用无源滤波器、有源滤波器等进行治理;或者在设备的电源入口处进行就地治理,将非线性负载转变为线性负载。在配电网系统中应用高压电抗滤波的目标主要是消除高压线路中的超额谐波。但从结构组成上来看,高压电抗滤波器在配电网中的应用会导致无功功率的降低。为了解决这个问题,需要在保持滤波设备容量符合配电网稳定运行基础的上,先进行无功补偿,然后再进行滤波,7次和11次谐波会被轻微放大。这和电容器的特性有关系,因为电容器具有“通高频、阻低频”的特性。在设计时,我们必须全面考虑各种因素,而不仅仅是滤波效果。如果只关注滤波效果而忽略了其他因素,可能会导致设计变得相对简单,并可能对整体性能产生不利影响。

## 5 结语

随着经济的快速发展,人们生活水平不断提高,用电量也越来越大,同时也对电能质量要求越来越高。配电网是供配电系统中最重要的组成部分,同时也是电能质量问题最严重的区域。在配电网中存在着大量的非线性设备,这些设备会产生大量的谐波。谐波对于电力系统中的电气设备和用电设备都会带来严重危害,使电力系统受到严重污染,从而影响到电能质量。为解决谐波问题,需结合实际情况,采用有针对性的治理对策,以降低谐波对配电网造成的影响,提升配电网运行的稳定性。

## 参考文献:

- [1] 赵誉洲,南火康,张华赢,等.配电网谐波责任划分应用场景分析和关键问题研究综述[J].电气应用,2022,41(04):24-29,120.
- [2] 周艳,李先允,王书征.直流配电网的谐波状态空间建模与分析[J].电力电子技术,2022,56(02):91-96.
- [3] 倪江,孙昕炜,熊晓曼,等.综合谐波算法的小电阻接地配电网高阻比率制动保护[J].综合智慧能源,2022,44(01):80-86.
- [4] 朱海勇,吴小丹,董云龙,等.考虑延时补偿的配电网柔直网侧谐波电流抑制策略[J].浙江电力,2021,40(11):78-84.
- [5] 桂海涛,田君杨,金益焱,等.基于数据关联分析的配电网谐波问题研究及薄弱点辨识方法[J].电工技术,2021(20):130-134.