

低压配电系统谐波治理装置选型探讨

李小宁 韩俊博

蒲城清洁能源化工有限责任公司 陕西 渭南 蒲城 715500

【摘要】：低压配电系统中的谐波问题影响了电能质量及系统的稳定性，因此，选择合适的谐波治理装置至关重要。本文结合谐波治理的基本原理，分析了市场上多种治理装置的性能特点和应用场景。通过对比不同装置的工作原理、成本效益、安装维护难易等方面，提出了一种优化的选型方法，旨在为低压配电系统提供科学、合理的治理方案。选型方法的实施可有效提高电力系统的运行效率，确保设备的安全性及电能的高效利用。

【关键词】：低压配电系统；谐波治理；装置选型；电能质量；系统稳定性

DOI:10.12417/3041-0630.26.11.013

低压配电系统是现代电力系统的核心组成部分，承担着大量的电能分配任务。由于配电系统中的非线性负载，谐波问题成为影响系统稳定性和电能质量的重大隐患。尤其是在电气设备逐步向数字化、智能化发展的大背景下，谐波的产生与积累使得电力系统的安全性、效率和设备寿命面临严峻考验。解决低压配电系统中的谐波问题，要求不仅考虑治理效果，还需在经济性、可靠性、维护便捷性等方面进行综合评估。如何合理选择合适的谐波治理装置，是当前亟待解决的问题。

1 低压配电系统谐波问题分析

低压配电系统中，谐波问题已成为影响电能质量的主要因素之一。由于电力系统中的负载特性大多呈现非线性，当设备工作时，它们会向电网中注入谐波成分，造成电能质量的下降。随着工业化进程的加速，各类电气设备和数字化控制系统的普及，低压配电系统中的谐波污染也越来越严重。这些非线性负载源包括变频器、整流装置、电弧炉等，其产生的谐波频率和幅值不稳定，极大地干扰了正常的电力传输与分配。

谐波的出现不仅增加了电能的传输损耗，还可能导致电气设备的过热、效率降低以及设备故障的发生^[1]。电力设备在谐波的作用下，常常发生过载现象，长时间运行可能导致设备损坏或寿命缩短。谐波对电力系统中的保护设备、继电器和仪表的精度也有严重影响，进而导致电力系统无法精准地进行保护与控制，从而增加了故障发生的概率。尤其是在现代化高科技设备中，谐波对敏感电子设备的影响更加显著，甚至可能导致设备失效，严重时可能影响生产流程。

在低压配电系统中，谐波源的分布较为广泛，且种类繁多，不同类型的负载设备会产生不同频率和幅度的谐波。这使得谐波问题的治理更加复杂，特别是在多变的负载情况下，如何精准测量并有效治理谐波，成为了电力系统运行中的一大难题。现有的谐波治理手段需要根据谐波污染的具体特征进行选择和应

2 谐波治理装置的选型标准与方法

在低压配电系统中，谐波治理装置的选型至关重要，其选型标准应综合考虑谐波污染的性质、治理效果的要求、装置的经济性以及系统运行的实际需求。针对不同的谐波源及其特性，治理装置的设计应具备灵活性与适应性，以确保能够有效抑制不同频率和幅度的谐波，同时避免对系统其他部分产生负面影响。选型的首要因素之一是谐波的频率分布。在低压配电系统中，谐波源产生的主要是低次谐波，如5次、7次、11次等，据统计，工业低压配电系统中5次谐波含量占总谐波含量的40%-60%，7次谐波占20%-30%，11次及以上高次谐波合计占比不超过15%。不同频率的谐波具有不同的抑制需求，针对高次谐波的治理往往需要高效率的滤波设备，而低次谐波则可能通过更简单的装置进行处理。

治理装置的功率容量和响应速度也是选型时必须考量的重要指标。不同负载下，谐波的产生量不同，因此需要选择与系统容量匹配的治理装置。一般来说，治理装置的额定功率应不低于系统谐波总功率的1.2倍，若装置的功率过小，将无法有效抑制大量的谐波，甚至可能导致治理失败；如果功率过大，则不仅浪费能源，还可能造成设备的过早老化，据测算，功率冗余超过30%时，设备能耗会增加15%-20%。因此，精准计算系统的谐波负荷，并结合装置的功率特性来选择合适的设备至关重要^[2]。谐波治理装置应具备较快的响应速度，通常要求响应时间不超过20ms，以应对负载变化带来的谐波波动，确保系统的稳定性。装置的安装与维护方便性也是选型中需要权衡的重要方面。考虑到低压配电系统往往需要24小时运行，治理装置应具备较长的使用寿命（通常不低于8年）和较低的故障率（年故障率不超过2%）。与传统的滤波器相比，现代的谐波治理装置往往集成了自监控功能，可以实时检测系统中的谐波含量，并根据实际情况自动调整治理策略。

装置的经济性同样不能忽视。在实际应用中，装置的初期投资和后期维护成本是重要的决策依据。不同类型谐波治理装

置的成本差异较大，以 100kvar 容量为例，无源滤波器初期投资约 8-12 万元，有源电力滤波器初期投资约 25-35 万元，混合滤波器初期投资约 18-28 万元；后期年维护成本方面，无源滤波器约为初期投资的 3%-5%，有源电力滤波器约为初期投资的 5%-8%，混合滤波器约为初期投资的 4%-6%。

为更直观对比不同类型谐波治理装置的关键参数，为选型提供参考，现将常用的三种谐波治理装置的核心性能、成本及适用场景整理如下表所示：

表 1 三种谐波治理装置的核心性能、成本对比

治理装置类型	谐波抑制效率	响应时间	100kvar 初期投资(万元)	年维护成本(万元)
无源滤波器 (PPF)	60%-80%(低次谐波为主)	$\geq 50\text{ms}$	8-12	0.24-0.6
有源电力滤波器 (APF)	90%-98%(全频段谐波)	$\leq 20\text{ms}$	25-35	1.25-2.8
混合滤波器 (HPF)	85%-95%(全频段谐波)	20-50ms	18-28	0.72-1.68

综合考虑上述因素，制定一套完整的谐波治理装置选型标准，需要结合负载的运行特点、谐波源的具体情况以及配电系统的规模，确保装置能够有效治理谐波污染，提升电能质量，保障系统稳定运行。

3 低压配电系统谐波治理装置的优化实施

在低压配电系统中，谐波治理装置的优化实施要求考虑系统运行中的实际情况，确保装置能够发挥最大的治理效果，同时避免对系统的正常运行产生干扰。为了实现这一目标，首先需要对整个系统的谐波特征进行准确的监测与分析。通过谐波分析仪等设备，对系统中的各类谐波源进行实时监测，可以详细了解谐波的种类、频率以及幅值分布。根据监测结果，可以确定系统中的谐波问题的严重性，并据此选定合适的治理策略。一旦确立了谐波治理的方向，接下来的关键是装置的配置与安装。根据负载的谐波特性，选择适合的滤波器类型和数量，并合理配置到配电系统的关键节点上^[3]。对于频繁变化的动态负载，智能化的谐波治理装置显得尤为重要，这类装置能根据实时数据自动调整过滤参数，最大化抑制不同频率的谐波。同时，设备的安装位置也是影响治理效果的关键因素，通常将谐波治理装置安装在负载源附近或配电系统的进线处，有助于在

谐波进入主配电系统之前就进行有效处理。

装置的投入运行后，实施过程中需要进行定期的监测与维护。通过系统的反馈信息，可以及时检测到设备是否出现故障或性能下降，确保装置始终处于最佳工作状态。数据显示，通过优化装置的配置和实时调整，不仅可以显著降低 5 次、7 次等低次谐波的含量，部分高次谐波也能得到有效抑制。在某工业园区实施了智能谐波治理装置后，谐波含量从原来的 15% 降至 5% 以下，电能质量得到明显改善，设备故障率也大幅下降。装置的维护工作同样需要科学管理，定期检查滤波设备的工作状态，清洁滤波组件，防止由于灰尘积聚或电气损耗而影响治理效果。优化实施方案不仅需要解决当前的谐波问题，还应考虑未来可能出现的负荷变化，确保系统长期稳定运行。通过数据驱动的智能控制和动态调整，不仅可以有效抑制谐波，还能降低能源消耗，减少对环境的影响，进一步提升电力系统的整体效率。

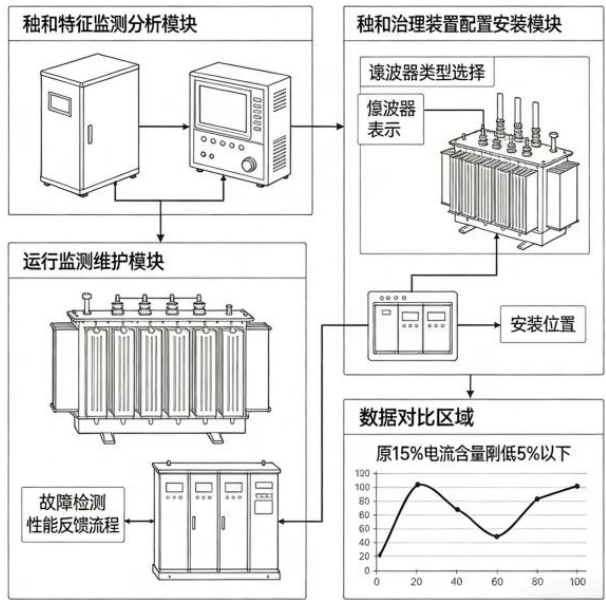


图 1 电力系统谐波治理全流程监测与优化方案示意图

4 结语

低压配电系统中的谐波治理问题一直是电能质量管理的重要课题。通过合理的装置选型与优化实施，能够有效减轻谐波对系统的影响，提升电力系统的稳定性与运行效率。随着技术的不断进步，智能化、实时调节的治理装置将成为未来发展的趋势，推动电力系统向更加高效、环保的方向发展。对于电力设备的长远发展而言，合理的谐波治理措施将为保障系统运行、提高电能利用效率提供有力支持。

参考文献：

[1] 刘小平.住宅小区低压配电系统单相与三相负荷不平衡治理研究[J].机电信息,2025,(24):24-28.
[2] 薛天军.用电工程中节能技术在低压配电系统的应用[J].电力设备管理,2025,(23):225-227.
[3] 张琴.建筑电力系统低压配电系统安装及调试技术[J].居业,2025,(11):100-102.