

# 污水处理厂谐波治理

## 有源滤波器（APF）应用案例

## 1 概述

随着国家对环境污染问题的日益重视,尤其是对关系到居民生活健康的水污染治理的重视,对企业污水排放标准的要求也在逐步提高。为此,污水处理厂也在不断改进污水处理工艺,引进新的污水处理设备,但同时大量非线性负载的使用,给整个污水处理厂的供配电系统带来了严重的谐波污染和安全隐患。



图 1：污水处理厂

## 2 谐波的定义和产生

**谐波的定义：**对周期性非线性正弦量进行傅立叶级数分解，除了得到与电网基本频率相同的分量，还得到一系列大于电网基波频率整数倍的分量，这部分电量称为谐波。

**谐波的产生：**当电流流经负载时，与所加负载电压呈非线性关系，就形成非正弦电流，从而产生谐波。

## 3 谐波的危害

- 1) 谐波导致保护和自动装置误动或拒动引发非正常断电和设备中断事故，引致重大附加损失。
- 2) 谐波电流频率增高引起明显的集肤效应，使电力电缆和配电线路的导线电阻增大，线损加大，发热增加，绝缘过早老化、寿命缩短、以致损坏，容易发生接地短路故障，形成火灾隐患。
- 3) 诱发电网谐振，导致致谐波电压和过电流，引起严重事故，损坏电容器补偿等电气设备。
- 4) 谐波影响各种电器设备的正常工作。导致异步电机和变压器产生附加损耗和过热，其次是产生机械振动、噪声和过电压，降低效率和利用率，缩短使用寿命。
- 5) 对邻近的通信、电子或自动控制设备产生干扰，甚至使其无法正常工作。

## 4 治理方案

污水处理厂内用电设备主要包括泵类、搅拌器、鼓风机类等负载。风机、泵类一般都要求变频，然而变频器是特别大的一个谐波源，因此会为系统带来特别严重的谐波污染与谐波干扰，影响系统的工作，经常性的烧坏电气元件。同时系统中也有很多电力电子类元器件，如 UPS、开关电源等，都是谐波发生装置。它们的正常运行取决于高质量的供电。一旦出现电能质量问题，轻则造成设备故障，重则造成整个系统的损坏，由此带来的损失是难以估计的。因此提高电能质量是势在必行。

为了解决谐波问题，提高污水厂内供电质量。我司为秋滨污水处理厂 12 个变压器总共配置了 38 台容量为 150A 的有源滤波器机架式模块，安装在变压器低压出线侧，采用集中治理方式进行谐波治理。

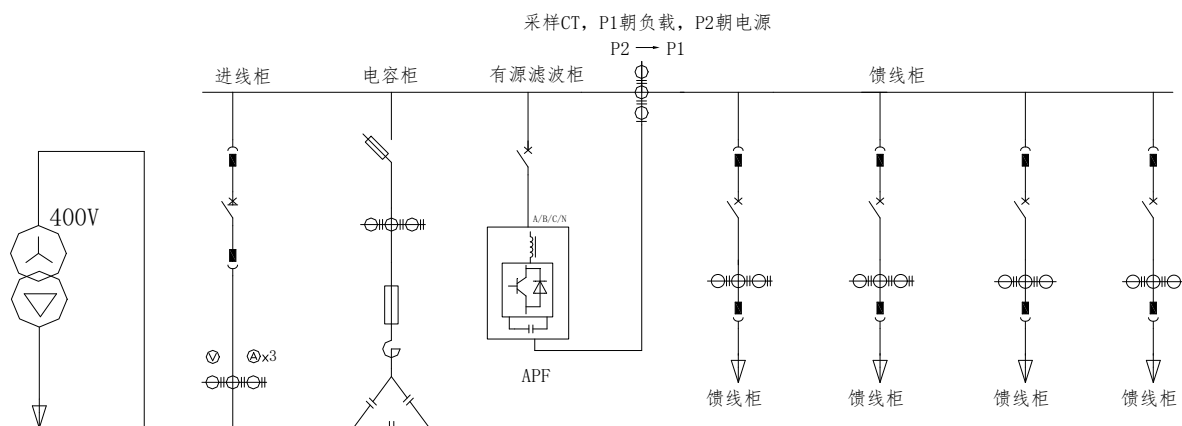


图 2：有源滤波器（APF）配置方案图

## 5 有源滤波器（APF）

### 5.1 产品介绍

**有源滤波器：**有源电力滤波器(Active Power Filter，简称 APF)是一种用于动态抑制谐波、补偿无功的新型电力电子装置，它能够对大小和频率都变化的谐波以及变化的无功进行补偿。

### 5.2 工作原理

**有源滤波器（APF）：**通过外部 CT 实时检测负载电流，内部 DSP 计算出其中的谐波值大小。通过 PWM 信号发送给 IGBT，逆变产生一个与负载谐波大小相等，方向相反的谐波电流注入电网，抵消谐波，达到净化电网的目的。

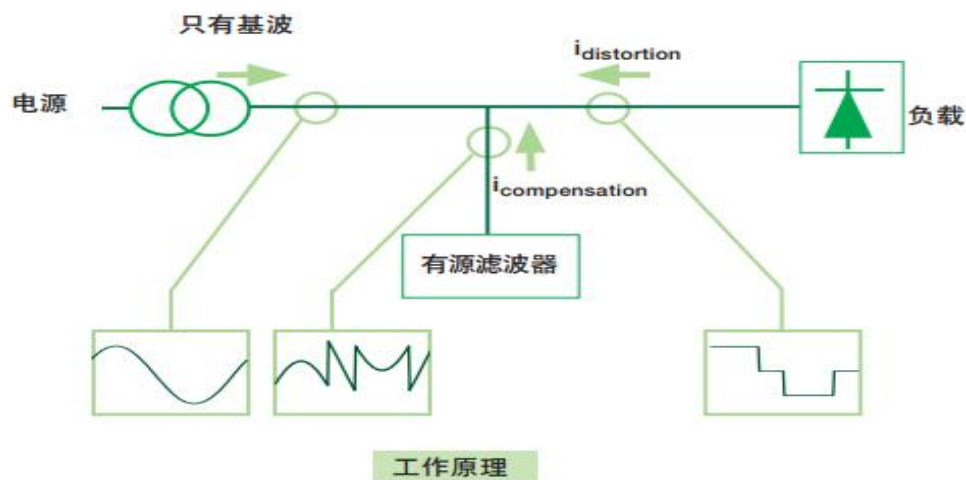


图 3：有源滤波器（APF）原理图

### 5.3 技术参数和主要特点

#### 装置主要技术指标：

项目		项目描述
电气规格	容量（根据机型）	35A/50A/75A /100A/150A
	输入线电压	380V±15%
	相数	3 相 4 线；3 相 3 线
	频率	50/60±5Hz（可设置）
	补偿电流（每相）	50A~150A（根据机型）
	补偿谐波阶次	2~50 次（可设置）
	功率因数校正	-1~+1
	电流限制	额定输出电流
	并联运行	最大可 8 个模块并联
	模块功耗	<2KW
	效率	高达 97.6%
	CT 变比范围	150:5~6000:5
通信接口	干接点	1 个 EPO/DI/DO
	通信	RS485
环境规格	使用场所	室内、不受阳光直晒、无尘埃、腐蚀性、可燃性气体、油雾、水蒸汽、滴水或盐分等
	工作海拔	低于 1000 米，高于 1000 米时降额使用
	存储温度	-20℃±70℃
	工作温度	-10℃±40℃
	湿度	小于 95%RH, 无水珠凝结
	振动	小于 0.5 米/秒 <sup>2</sup> （0.6g）
结构	防护等级	IP20
	颜色	7056 灰色/7021 黑色（可定制）
	净重	20kg/56kg/50kg

	冷却方式	智能风冷
--	------	------

**APF 产品主要有如下特点：**

- ◆ 滤除 2~50 次谐波；
- ◆ 三电平技术，模块化设计，高功率密度，易维护；
- ◆ 优异的风道设计，散热效率更高，器件寿命更长；
- ◆ 双 DSP 加 FPGA 架构，三重逻辑保护，系统可靠性高；
- ◆ 独特的正序锁相控制和智能 FFT，实现完美补偿；
- ◆ 支持多机并联，灵活满足用户现场需求。

## 6 污水处理厂谐波治理数据监测和分析

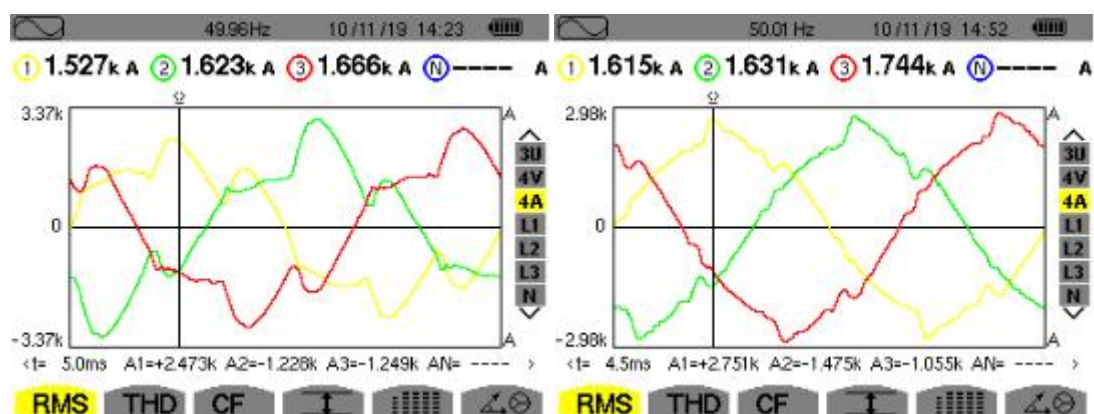
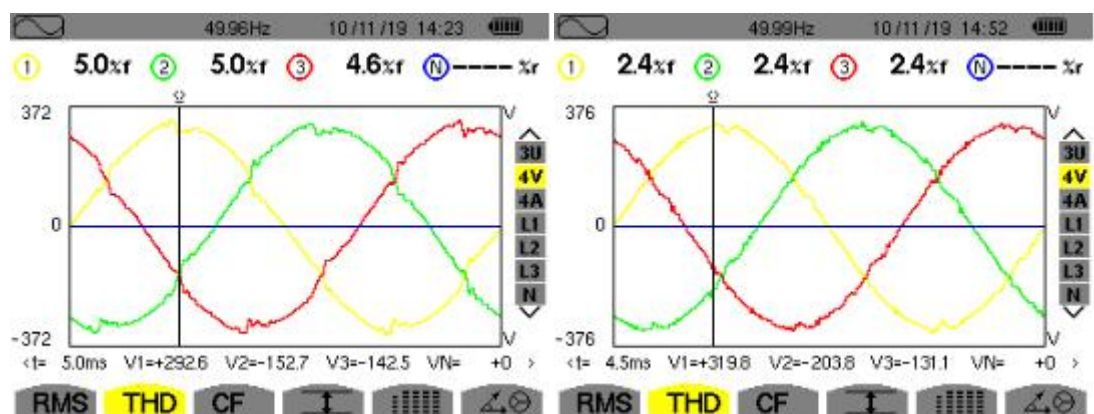
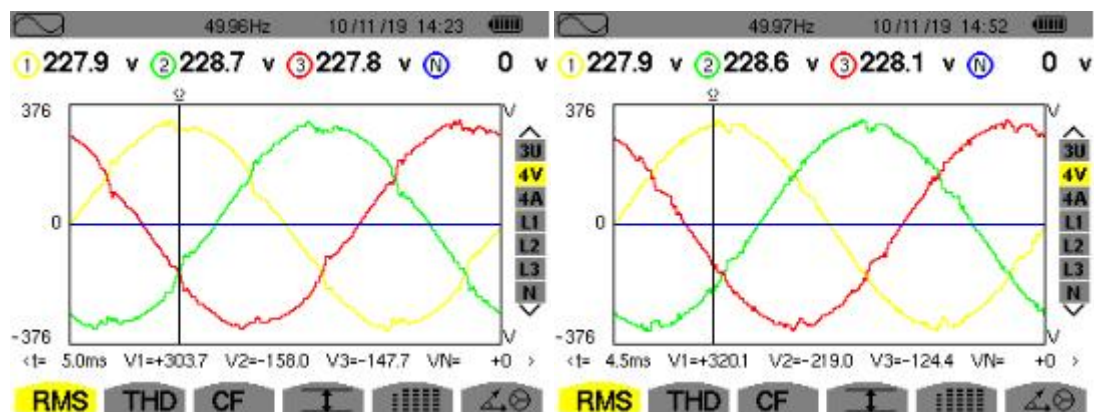
现场采用电能质量分析仪法国 CA8336 对秋滨污水处理厂的 APF 谐波补偿进行了数据监测，分别测试了 APF 运行（补偿后）与停机（未补偿）两种情况下电能质量数据，并对数据进行了总结分析。

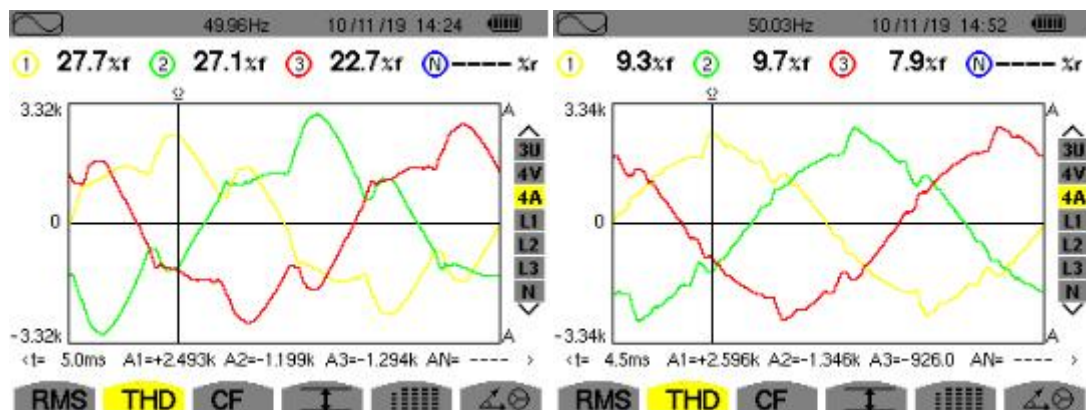


图 5：有源滤波器（容量：APF-450A）在秋滨污水处理厂现场运行图



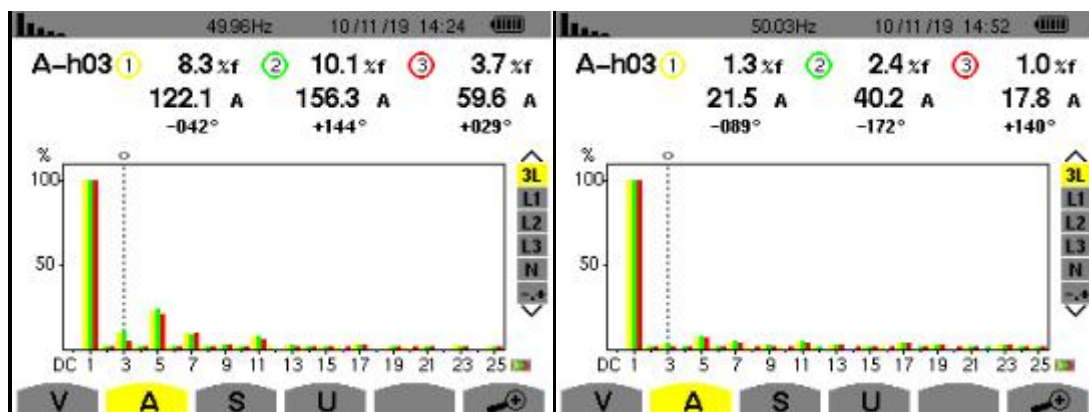
## 6.1 APF 投入（补偿后）与切除（补偿前）数据测量与分析





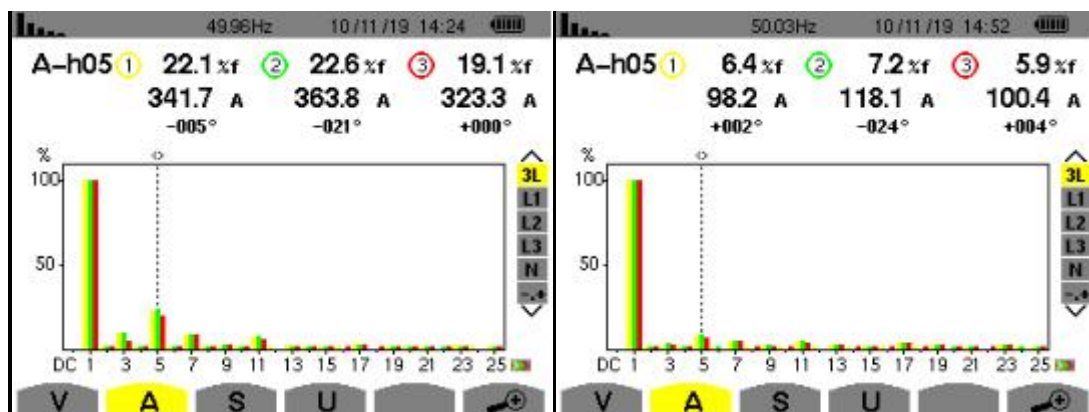
投入前电流畸变率

投入后电流畸变率



投入前 3 次谐波电流有效值

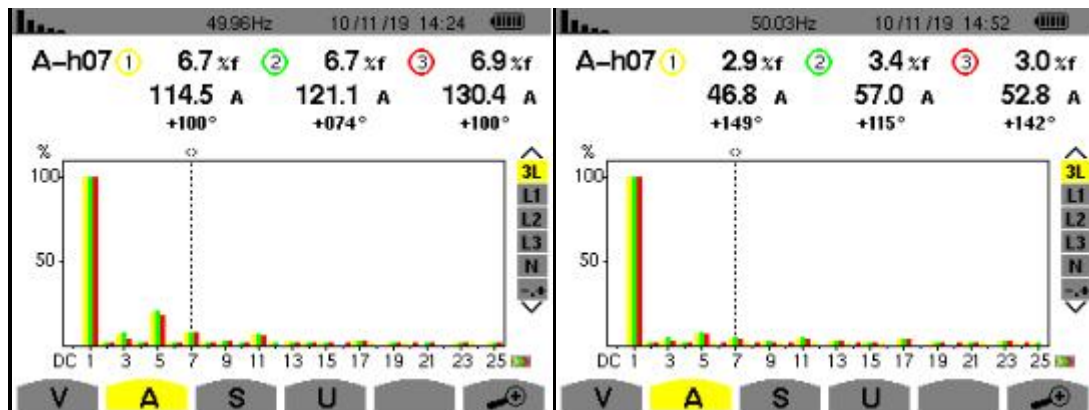
投入后 3 次谐波电流有效值



投入前 5 次谐波电流有效值

投入后 5 次谐波电流有效值





投入前 7 次谐波电流有效值

投入后 7 次谐波电流有效值

补偿前后数据对比，谐波治理效果显著：

APF	THDi（总）	THDi（5 次）	THDi（7 次）
补偿前	27%	22%	6.7%
补偿后	9%	6%	2.9%

分析：如上图所示，用专业电能质量分析仪法国 CA8336 测量了 APF 对秋滨污水处理厂的谐波治理情况，其中分别测试了 APF 投入前和切除后的数据对比。使用看我司的 APF 进行谐波治理后，污水处理厂电网的电流总畸变率（THDi）由 27%降低到了 9%，效果较为显著。

## 7 总结

有源滤波器在各大污水处理厂的大量应用后，使得污水处理厂区配电系统内谐波得到了很好的抑制，提升了供电系统的可靠性，消除谐波对系统的影响，保障了系统的安全运行，有利于保证整个污水处理工艺的安全、稳定运行。