

有源电力滤波器在长晶炉中的应用

深圳市英纳仕电气有限公司 技术与工程部

www.inas-electric.com

项目概述:

生产蓝宝石衬底所使用的蓝宝石长晶炉的炉电源采用三相桥式全控整流电路将交流电整流为直流电，经电抗器平波后，成为一个恒定的直流电流源，再经单相逆变桥，把直流电流逆变成 7KHz 左右的单相中频电流。负载由感应线圈和补偿电容器组成，连接成并联谐振电路为电感性加热炉，如图 1 所示。

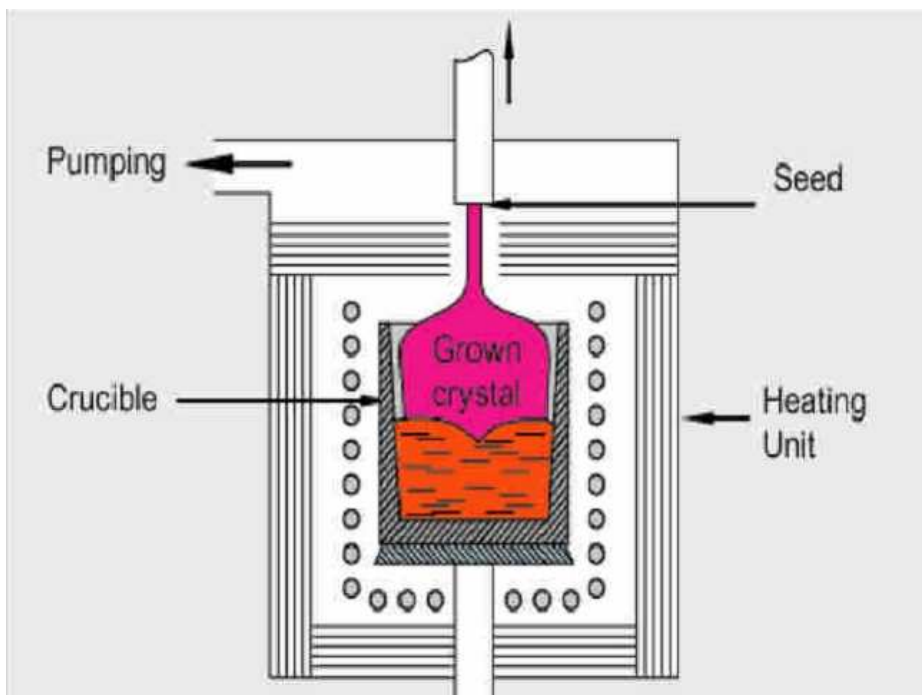


图 1 长晶炉加热结构示意图

在生产过程中长晶炉将产生大量谐波电流，主要为 2、4、5、7、8 次谐波，其中 2 次谐波约占 70%。调功率系统的电流有效值和谐波含量也会有相应的变化：在小负荷工作时，视在电流为 60A，电流谐波畸变率为 110%；在大负荷工作时，视在电流为 150A，电流谐波畸变率为 76%。长晶炉在工作过程中将产生 60A~120A 左右的电流谐波。

长晶炉产生的大量谐波电流，对长晶炉以及周围设备产生了严重的影响，具体如下：

- 1、 谐波电流严重影响了长晶炉电源输出的电源质量，导致蓝宝石晶体的成品率低；
- 2、 谐波电流占用了供电线路的容量，导致供电电缆发热温升很高，供

电电缆的温升超过 40 度；

3、 谐波电流对周围的设备产生严重影响，在未进行谐波治理时，整个车间的设备只能同时开启 60%，否则导致供电电网跳闸；

4、 谐波电流导致用于隔离用的变压器烧坏。

谐波治理前长晶炉电能状况：

图 2、图 3、图 4 分别给出了谐波治理前长晶炉的供电电源电能状况、电压和电流波形、以及谐波电压与谐波电流分布图。

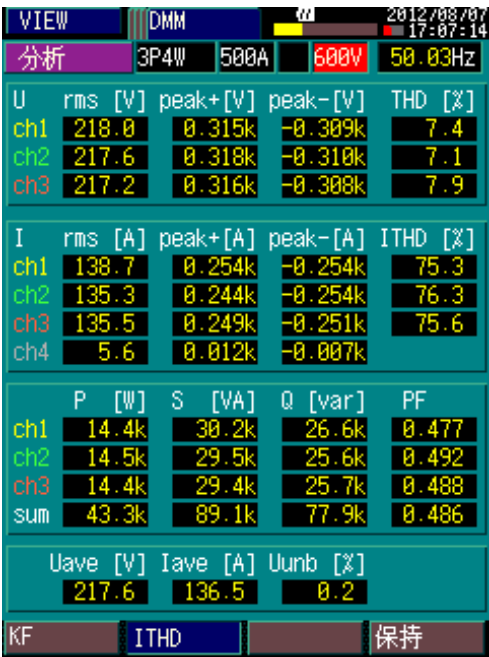


图 2 谐波治理前供电电源的电能状况

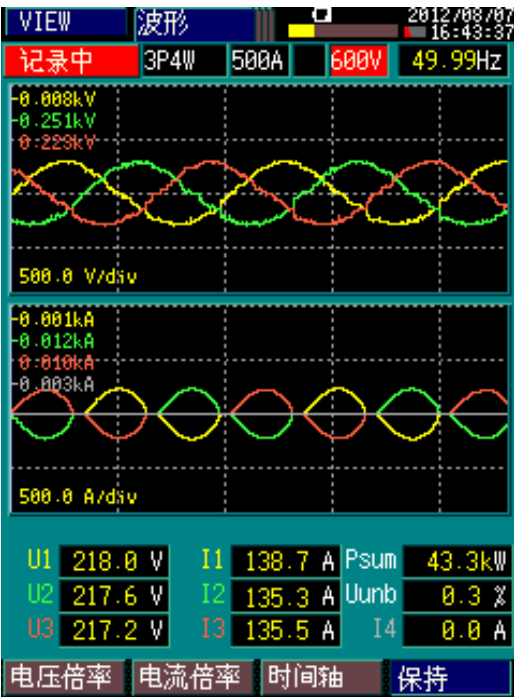


图 3 谐波治理前的电压与电流波形

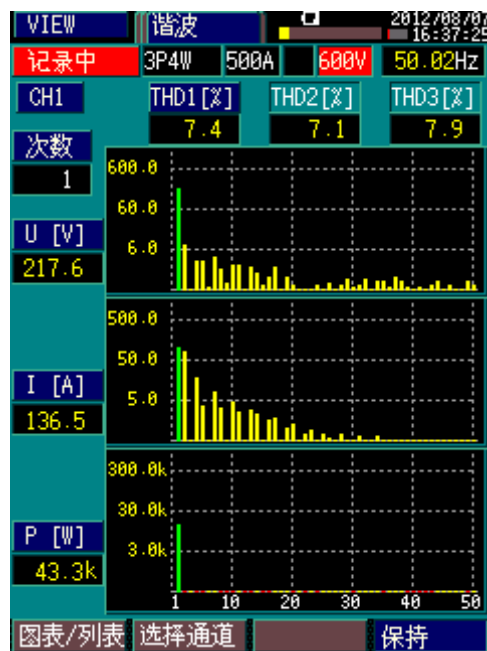


图 4 谐波治理前谐波电压与电流分布

以上数据长晶炉运行在 40 kW 左右时是现场检测的数据，通过分析可知在进行谐波治理前无功功率 77.9kVar，视在功率 89.1kVA，功率因数 0.486，电压 217.6V（相电压），电压谐波畸变率最大 7.9%，电流有效值 136.5A（平均值），电流谐波畸变率最大 76.3%。

谐波治理后长晶炉的电能状况：

图 5、图 6、图 7 分别给出了谐波治理后长晶炉的供电电源电能状况、电压和电流波形、以及谐波电压与谐波电流分布图。

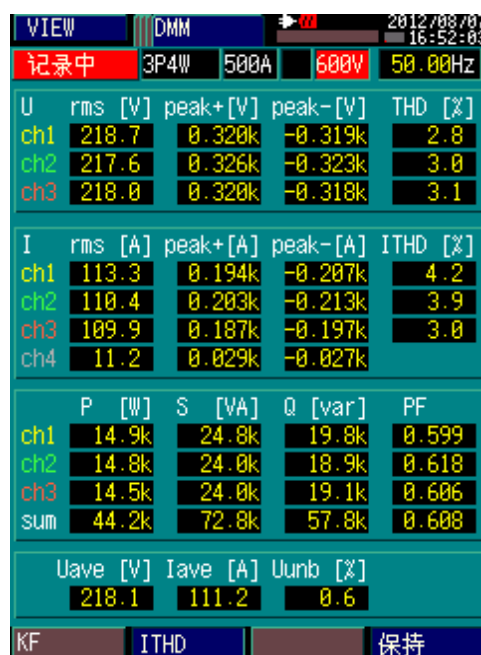


图 5 谐波治理后供电电源的电能状况

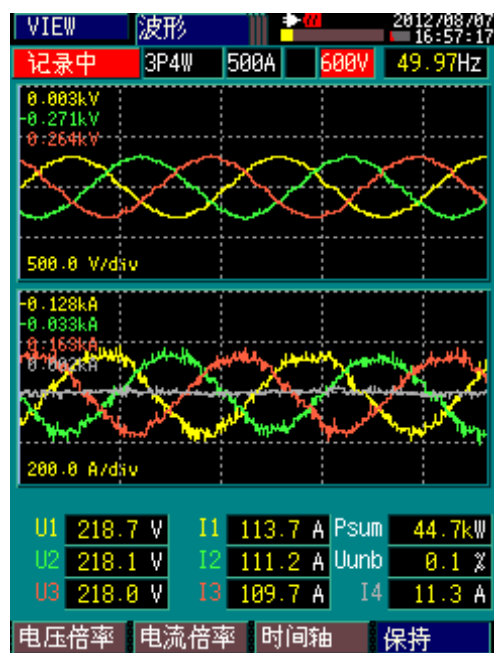


图 6 谐波治理后的电压与电流波形

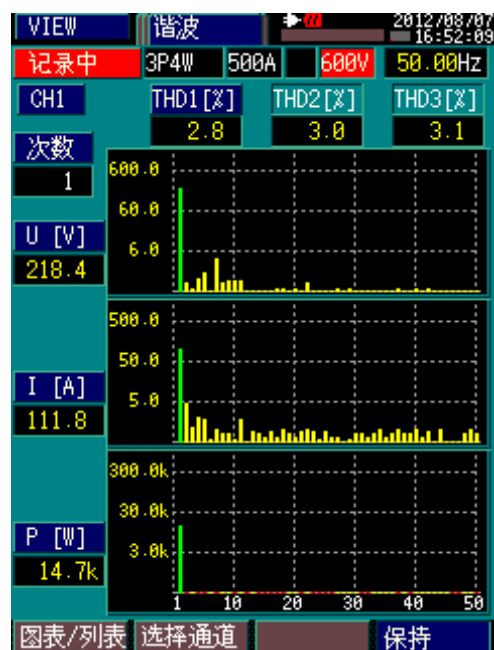


图 7 谐波治理后电压和电流谐波分布图

由上现场检测数据看出，进行谐波治理后，长晶炉的无功功率下降为 57.8kVar，视在功率下降为 72.8kVA，功率因数上升至 0.608，电压 218.1V（相电压），电压谐波畸变率下降为最大 3.1%，电流有效值下降 111.2A（平均值），电流谐波畸变率下降为最大 2.8%。

谐波补偿补偿前后电能质量对比

表 1 给出了长晶炉进行谐波治理前后的电能质量对比：

表 1 谐波治理前后电能质量对比表

| 项目 | 投入前 | 投入后 | 对比 |
|----|-----|-----|----|
|----|-----|-----|----|

| | | | | |
|---------|----------------|-------|----------|------------------|
| 有功功率 | 43.3kW | | 44.2kW | 有功损耗上升 0.9kW |
| 无功功率 | 77.9kVar | | 57.8kVar | 无功损耗降低 25.8% |
| 视在功率 | 89.1kVA | | 72.8kVA | 视在功率降低 18.3% |
| 功率因数 PF | 0.486 | | 0.608 | 功率因数提高 0.122 |
| 电压有效值 | 217.6V | | 218.1V | 电压提高 0.5V 以上 |
| 电压谐波畸变率 | U _A | 7.4% | 2.8% | 电压谐波畸变率下降 4% |
| | U _B | 7.1% | 3.0% | |
| | U _C | 7.9% | 3.1% | |
| 电流有效值 | 136.5A | | 111.2A | 电流有效值降低 26.8% |
| 电流谐波畸变率 | I _A | 75.3% | 4.2% | 电流谐波畸变率降低到 5% 以内 |
| | I _B | 76.3% | 3.9% | |
| | I _C | 75.6% | 3.0% | |
| 电缆温度 | 65℃ | | 51℃ | 温度降低约为 14℃ |

结论：

长晶炉投入 APF 进行谐波治理后，各项参数均满足或超过国家标准，其中电流谐波畸变率从未治理前的 76.3%降低到最小畸变率 3.0%，降低了电流和电压谐波畸变率，提高了功率因数，降低了线路损耗及变压器损耗，降低了线路电缆发热等，减少了对其他设备的影响，改善晶体质量，提高蓝宝石晶体的成品率。

现场应用场景：



长晶炉现场



有源电力滤波器现场