

谐波的危害系列之谐波对纯电容补偿柜的影响

安科瑞 戴金花

江苏安科瑞电器制造有限公司

摘要：目前大多数低压配电系统的无功补偿，都是通过在负载侧加装并联型电容补偿柜的方式实现的。但由于谐波的存在，无功补偿的电容可能被谐波影响而损坏，还会使谐波电流放大。谐波可以通过安装有源滤波器来进行治理，使谐波含量控制在有效的范围内，而电容放大谐波电流的问题则可以通过在电容进线端串联相应电抗率的电抗器来解决，补偿装置及各种设备就能保证正常工作。

关键词：无功补偿 谐波 电容损坏 有源滤波器 电抗器

1 引言

在低压配电系统中，负载多为阻感性用电设备，这就造成了电网的功率因数偏低，大量无功从电网汲取不仅影响了输配电效率，还带来了用户因功率因数低而罚款的问题。无功补偿成为现在低压配电系统中不可缺少的部分，目前最常用、成本最低的方式是在负载侧加装电容补偿柜。这种补偿方式可以提高供电系统功率因数，稳定受电端电压水平，从而提高电网供电质量。但采用纯电容器进行无功补偿时一旦遇到谐波的干扰，电容器的补偿支路极易发生故障，造成电容器鼓包、投切开关不动作、误动作与保护设备损坏等严重后果。

2 谐波的产生及危害

随着电力电子技术的发展与应用，越来越多的非线性用电设备在工作过程中不可避免的会产生谐波，从常见的 LED 灯、计算机电源，到工业中广泛应用的整流设备、变频器、中频炉、逆变器等，都会产生谐波，这对无功补偿所采用的电容、投切开关等产生了极大影响。例如：使电网中的电容器产生谐振。工频下，系统装设的各种用途的电容器比系统中的感抗要大得多，不会产生谐振，但谐波频率时，感抗值成倍增加而容抗值成倍减少，这就有可能出现谐振，谐振将放大谐波电流，导致电容器等设备被烧毁。有些配电房传统的无功补偿装置由于不能消除谐波的干扰，根本无法投入运行或是投入后被损坏，功率因数偏低，造成电费扣罚。

3 案例分析

3.1 测量信息

测试对象：某电缆制造公司，其主要谐波源为各种容量的变频器

测试位置：1#变压器进线柜和对应无功柜（共补）A 相

测试内容：上述位置谐波电流畸变率及变化趋势等。

测试仪器：日置 PW3198 电能质量分析仪

测量示意图：

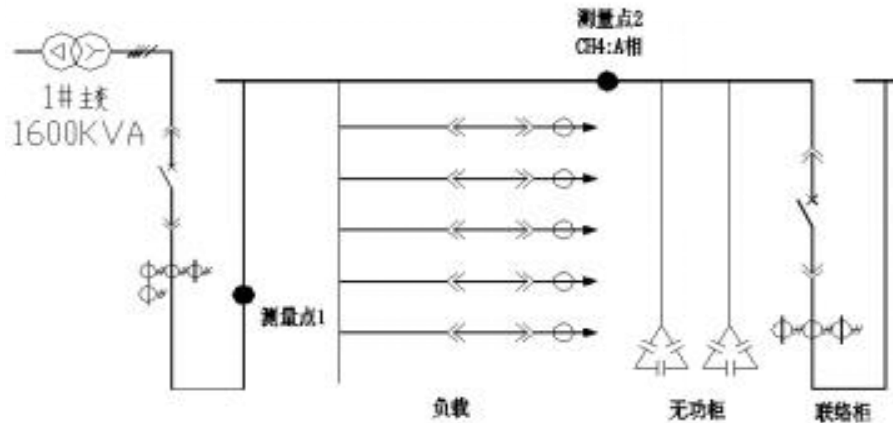


图 3-1 测量点及一次系统示意图

据了解现场采用纯容无功柜，由于电容对于谐波呈现低阻抗特性，在有谐波的系统会有部分谐波灌入无功柜，导致电容过流过热，甚至在某次谐波频次下与系统发生谐振，放大谐波，加重危害，损坏无功柜，影响系统中其他用电负载的正常运行，为此我司根据该配电系统选择合适测量位置，在测量负载电能质量情况同时测量无功柜中电能质量，证实谐波对无功柜的危害。

3.2 测量数据分析

测量点 1/2：1#变压器出线侧和对应无功柜 A 相

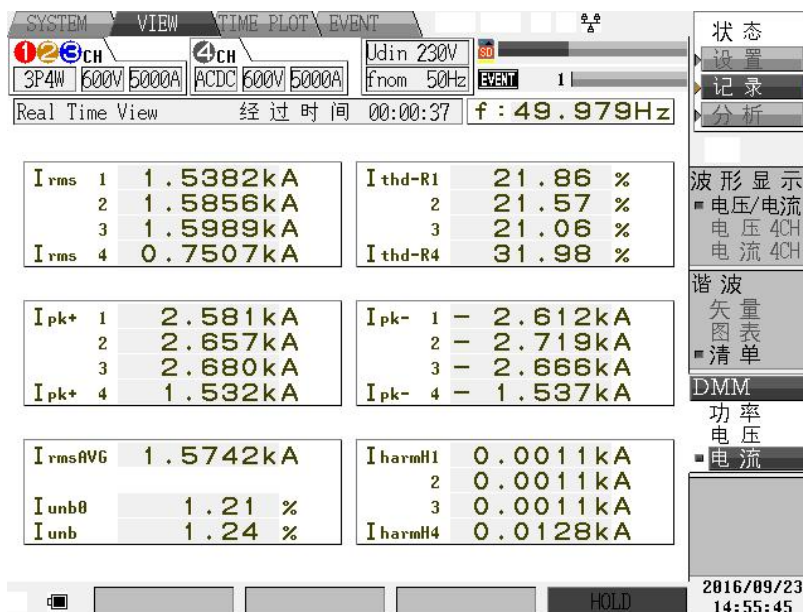


图 3-2 1#变次总柜总电流畸变率

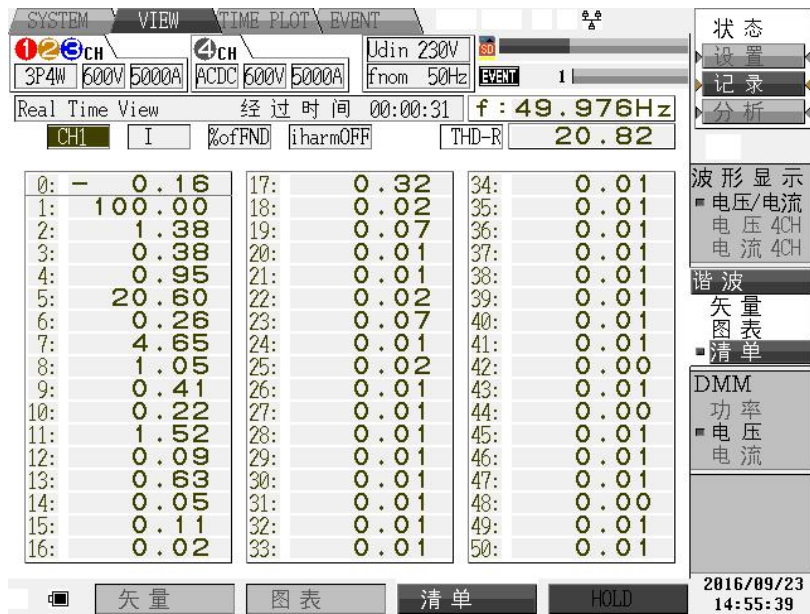


图 3-3 1#变次总进线柜 A 相各次谐波电流含量

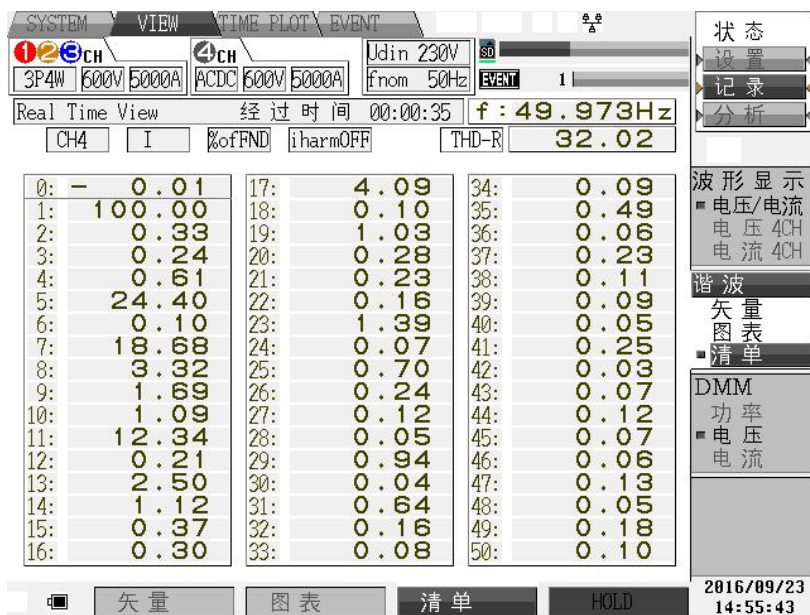


图 3-4 1#变下无功柜进线 A 相各次谐波电流含量

从数据可以看出，采用的纯容无功柜不仅会吸收谐波还会有放大谐波的危害，无功柜长期流入谐波导致损坏，不能正常运行，功率因数会下降，导致客户无功罚款，增大电费损失和设备更换损失，甚至影响企业供电和生产经营。系统主要谐波以 5/7 次为主，具体数据总结如下表 2。

表 1 1#变压器和无功柜电能质量数据

	电流	电流畸变率	计算谐波电流
1#变 A 相	1538.2A	21.86%	336.3A
1#变 B 相	1585.6A	21.57%	342.0A
1#变 C 相	1598.9A	21.06%	336.7A
无功柜 A 相	750.1A	32.02%	240.2A

3.3 方案与选型

根据上述数据分析，两台变频器情况基本类似，本身负载产生的谐波较大，没有得到治理，流入纯容无功柜内，使得无功柜发生损坏，甚至有放大谐波现象，且现场出线变压器、母排明显振动情况，该工况我司建议进行无功改造和谐波治理双管齐下，从根本上解决问题。

1) 对无功补偿柜进行改造，采用串联电抗的无功补偿方案，由于系统中主要存在 5/7 次谐波，推荐采用电抗率 7% 的电抗（一般针对 3 次谐波选用 13% 电抗率的电抗器，而 5、7 次谐波则选用 7% 电抗率的电抗器）并确保电容器额定电压等级在 450V 以上（480V 最优），可以抑制 5 次及以上谐波流入无功柜，并避免谐振现象，保护无功柜受到谐波危害。整体无功柜容量可按原容量设计，1#变压器下总计 720kvar。

2) 在无功改造的基础上，我们根据测量数据，推荐采用我司 ANAPF 系列有源电力滤波器进行集中治理谐波，可实时根据负载电流变化检测出谐波含量，发出与之方向相反、幅值相同的补偿电流，与负载的谐波电流抵消，从而消除谐波，补偿效率高。

具体选型表如下：

表 2 ANAPF 有源电力滤波器选型表

电流	电流畸变率	计算谐波电流	推荐补偿容量	型号	数量
1598.9A	21.06%	336.7A	300A	ANAPF300-380/BGL	1

注：①谐波计算公式 $I_h = I * THDi$ ；

②由于安装空间限制及现场实际补偿需求，所选容量略小于实际补偿需求；

③有源电力滤波器并联到配电网络中，装置的检修与日常维护只需从电网中切除，不影响现场其他设备的正常运营。

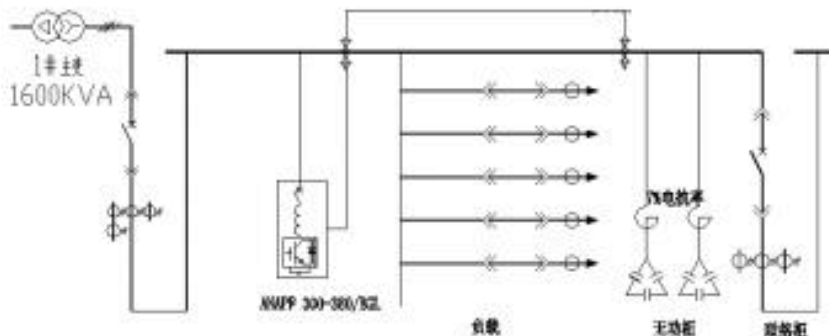


图 3-5 设备安装位置示意图

3.4 治理后效果

设备安装到位并稳定运行半年以后，重新对补偿对象进行测量，所得数据如下：



图 3-6 治理后 1#变次总进线柜 A 相各次谐波电流含量



图 3-4 治理后 1#变下无功柜进线 A 相各次谐波电流含量

经过项目改造前后实测的补偿支路的电能质量的分析，可以看出加装电抗器后补偿支路的电流谐波的畸变率由 32% 下降到 2%，5 次谐波电流有明显的下降，同时加装有源滤波器以后总电流的谐波下降明显，在允许范围内，谐波电流抑制效果非常明显。

4 结束语

无功补偿、谐波治理是当前乃至今后相当长的时期内的低压配电系统面临的重要问题。虽然现如今用电负载所产生的的谐波越来越多,但是纯电容器的补偿柜在工业和民用场合中还是得到广泛的应用。面对大量产生谐波的用电设备,低压配电系统已经对电容器补偿支路提出了更高的要求,抑制谐波、滤除谐波的时代已经来临。在当前少量或中等含量谐波的配电系统中,补偿支路加装电抗器以抑制谐波流入电容是最经济的方法,串联电抗器的基础上再配合有源滤波器强大的谐波治理能力可以极大地改善用电环境,避免了因功率因数低导致的罚款,也保护了用电设备的安全稳定运行;在净化电网的同时,也给用户带来了切实的经济利益。

而在电力电子技术发展更迅猛的将来,会有更大的谐波给低压配电系统带来更大的挑战,传统的电容形式无功补偿将很难满足补偿要求,在这种条件下就需要更先进、更完善的无功补偿装置-ANSVG 静止无功发生器来进行无功补偿。

【参考资料】

- [1] 安科瑞电能质量监测与治理选型手册.2015.08 版
- [2] 安科瑞电气股份有限公司产品手册.2013.01.版

作者简介:戴金花,女,本科,江苏安科瑞电器制造有限公司,主要研究方向为智能建筑供配电监控系统。
Email: daijinhua@email.acrel.cn QQ: 2880157871 手机: 18860995103 电话: 0510-86179967 传真:
0510-86179963 网址: <http://www.acrel-et.com/>