

商业和工业电力系统中谐波问题：案例分析

技术应用文章

通常用户以各种形式抱怨电力质量的问题。一种情况就是抱怨由于电源的原因，造成计算机，打印机，网络和复印机运行不良或不可靠。从电力维护的角度看，变压器过热，配电盘的振动、噪声或断路器的有害动作可能是存在电力问题的第一线索。

为了了解实际情况，我们将描述几个案例中的实际症状和问题。这些案例的共同点都谈到谐波。我们将重点讨论涉及谐波电压和谐波电流的问题，以及相应的解决方案。最后我们还将讨论针对这些问题所需要的专业测量手段。

我们将讨论谐波问题最初出现的几种方式，以及简单的测量方法来帮助指导故障诊断和修正过程。如果方法正确，最初的测量可以指示哪种修正方案是最合适的。此外，从测量的数据中也可以获得一些处理谐波的技术。

案例分析 1

症状：一个很大的报纸印刷厂，他们用新的高效电子驱动替代了机械式的电机调速装置。生产线恢复不久，供电变压器就发生了故障。

问题分析：新的电机驱动产生的谐波电流引起变压器过热并导致最终的故障。该变压器在设备更换之前，已经接近满负荷运行了。

解决方法：使用更大容量的变压器是明显的解决办法，但是感应的电压失真以及它对建筑物中其它电气设备的影响依然存在。在每个电机驱动的输入端使用电抗滤波器可以减小谐波电流，但是必须考虑电机驱动输入对高的电源阻抗的灵敏程度。

案例分析 2

症状：一个汽车制造厂在组装线输送机上有很多电子调速驱动。他们使用了无功补偿电容来修正功率因数(PF)。几个小时以后，一个电容就损坏了。

问题分析：无功补偿电容和配电网的感抗结合在高于基波的频率上形成谐振电路。在没有谐波电流的情况下，通常不会有什么问题。但当电子驱动装置引起谐波时就可能产生与无功补偿电容相关的谐振从而发生过电压。

解决方法：一种解决方法就是在电容上串联一个小的电感来改变谐振的频率，使其不在系统谐波的频率范围之内。

案例分析 3

症状：一个复印机安装和维护的技师拒绝在一个商业建筑内安装复印机，原因是他测量后发现插座上中线和地之间有5V的电

压。将设备安装在这样的环境中是违反制造厂商的保修条件的。

问题分析：中线与地之间的高电压通常是由计算机以及其它办公设备的开关型电源产生的谐波电流引起的。在 208V / 120V 系统中，每相的零序谐波(ZSH)电流在中线叠加，从而引起很高的中线电流。零序谐波是三次奇数倍谐波(3次，9次，15次，21次等)。变压器和插座面板之间的中线内的压降表现为中线与地之间的电压。该电压主要是三次谐波，有很高的峰峰值。它们会损坏那些对电源比较敏感的办公室设备，例如复印机，打印机和计算机。

解决方法：解决方案一般包括重新连线，或安装抑制零序谐波电流的设备。

案例分析 4

症状：一个大型录像带复制工厂受到断路器频繁动作的困扰，使生产过程经常中断并遭受了很大的损失。设备维护技师进行了测量发现负载电流是在允许的范围以内。测量断路器是在 150A 时断开。

问题分析：这里实际存在两个问题。首先，复制机中的开关型电源获取脉冲电流，相电流具有很高的峰值和很高的谐波含量。断路器和接线的电阻损耗以及配电柜室内的涡流结合起来，使配电柜的温度比正常值高很多。热磁式断路器会在高温低电流情况下动作。峰值感应断路器也会在低于设计值的情况下断开。

其次，电气技师使用的电流表不能测量电流的真有效值(True-rms)。一般的数字表是测量整流后的平均值，这时是假定测量的电流是正弦波，然后用适当的因数计算来给出有效值。而在脉冲电流的情况下，数字表测得的实际读数可能比断路器所承受的实际电流小 40%。

解决方法：这些问题当中首要的是解决零序谐波电流的问题。其次很明显，就是在有谐波时使用真有效值数字表进行精确的测量。

案例分析 5

症状：一个画家在工作室使用喷枪，但发现与喷枪结合的压缩机不断损坏。大厦一直拒绝给予补偿，直到发现下面的问题。

问题分析：电压畸变超过 5% 就有可能使负载产生严重的问题。几乎满负荷运行的电机，通常已经在很高的温度下运行了。谐波电压引起的附加升温会显著降低电机的寿命。在插座电路，如果电压畸变是“平峰”波形形式，经常是由于办公室电子设备的开关型电源要求的高峰值电流在相导体中引起的损耗造成的。

两个方面结合在一起就导致了喷枪压缩电机的损坏。

解决方法：解决的办法仍然是重新连线或减少谐波电流。

案例分析 6

症状：当设备工程师从报告中得知功率因数为0.85后他开始担心电费的问题。无功补偿电容安装以后功率因数却只有0.72。去掉电容后问题依然存在。

问题分析：很多供电部门对那些功率因数过低的城市工业和商业用户收取额外的费用。对低于0.90的功率因数通常有较高的收费比率。最近供电部门开始对那些功率因数低于0.95的电力用户加收罚金。

反向功率因数的历史原因是电机负载的感应。这时可进行功率因数修正，它是通过在感应马达的上游并联电容来进行补偿。

如今，有大量谐波电流负载的设施，反向功率因数不是马达感应引起的位移功率因数(DPF)。它经常是DPF和一个较大的谐波分量的结合。通常功率因数的测量包括了这些因素。

当谐波分量比较显著时，使用无功补偿电容实际上增加了谐波电流，在负载端测得的全功率因数更差。这可能就是上述问题所在。

解决方法：现在你需要认真地测量功率因数的各个部分，从而决定正确的修正方法。这些方法包括安装系统失谐滤波器或电容等。

案例分析 7

症状：一个办公室进行了重新的装修和隔段。从隔段到有大量PC机的办公区电线进行了重新布置。随后发生了严重的过热现象，而共享中线都已经接近着火了。

问题分析：原来，三相Y型配电系统的中线电流总是比任意一相导线中的电流要小，并且当三相平衡时中线电流几乎是零。正是如此，一些公司允许中线的导体可以比相导线细一些。

如今，办公室大量的电子设备引起的零序谐波电流流过中线，即使是在三相平衡负载的情况下。中线电流主要是三次奇数倍谐波电流，它经常会超过任何一个相电流50%以上，使得中线导体过热。通过检查中线电流以频率为150Hz的电流为主(即3次谐波)就可以很容易确认这种情况的发生。

解决方法：目前一般建议每个单相插座使用单独的中线，而不是象过去一样共享中线。

案例分析 8

症状：一个承包商根据设计对建筑物进行布线，并且严格按照标准的要求。所有的荧光灯照明装置都使用了节能电子镇流器。当照明系统通电以后，发现导管发热，温度超过了摄氏40℃。

问题分析：很多高效节能照明系统使用了开关型电源电子镇流器。当连接到277VY型系统时(北美大部分的情况)，就会发生象上面办公室的情况，相电流和中线电流中存在大量谐波。这些电流会在导管中引起显著的涡流损耗，而在设计导管时并没有将谐波因素考虑进去。将多根导线放在一个导管中或使用允许的最小尺寸的导管就可能引起过热问题，如同上面承包商的例子。

解决方法：在设计中就了解并考虑这种情况是最佳的解决方法。但是对于已经存在的系统，如果打算使用电子镇流器仍然需要考虑消除零序谐波电流的措施。

总结所需要的测量

1. 测量真有效值(True — rms)电压和电流。特别重要的是了解系统电压和电流的热效应。
2. 测量半波的电压和电流峰值。当峰值因数CF—其定义是峰值除以有效值，不接近1.41时，就说明有可能存在谐波电压和电流。CF低于1.41是典型的平顶电压，而CF高于2.5就可能是由开关型供电引起的脉冲电流。
3. 在插座测量中线与地之间的电压或中线电流的频率。如果频率是150Hz，那么在中线导体中就可能存在严重的三次奇数倍谐波电流。

使用数字万用表和电流钳可以迅速方便地进行这三种测量。电流钳也可以测量真有效值电流，半波峰值电流，以及系统电流的频率。

当怀疑存在谐波问题和采取正确的行动时，还需要下面的一些测量。

4. 测量电压和电流的谐波失真总量(THD)。除了用于故障检测外，IEEE—519系统电压失真规范(北美)和IEC—555对设备负载的规定(欧洲)都要求进行THD测量，并且变得越来越重要。
5. 在变压器和配电柜端测量单相功率(W)，视在功率(VA)，功率因数(PF)，和位移功率因数(DPF)。对于与三相Y型系统连接的单相电路，这些测量可以帮助你出现反向功率因数时选择正确的修正方法。

6. 对于有变化的负载，可以以天为周期记录上面五种测量的最大，最小和平均值。某些问题，特别是那些和系统谐振有关的问题，可能只是在特定的负载组合下才发生。这种问题通常发生在周末，此时计算机和复印机等非线性负载没有关机，但主要的线性负载已经关机了。

7. 测量各个谐波分量的电压，电流和功率。相关的相角也非常有用。迅速地看一下谐波的频谱就可以快速地指出与功率因数修正电容有关的系统谐振或谐波电流吸收问题。谐波的相位、极性和各次谐波功率的幅度可以帮助找出有害的谐波电流源。电流各个谐波分量也被用来计算对变压器的要求，以适应谐波负载。这些变压器通常被称作 K 因数变压器，它是按照 ANSI / IEEE 标准 C57. 110—1986 的规定进行必要的计算而设计制造的。

对于和上述讨论的案例相同的情况，通常到 25 次谐波就足够进行故障诊断所需。对更复杂的情况，直到 51 次谐波都可能有用。然而此时，最好找工程咨询人员使用昂贵的、复杂的但是是功能更强的三相电力质量监测仪来采集所需的详细数据并做离线的分析。

结论

现在我们已经讨论了与谐波电压和电流相关的常见问题。我们知道了大多数情况下，谐波问题不是来自供电部门，而是来自工业和商业的电力用户并且也只能在这些单位解决。

很多供电部门都提供这方面的信息并帮助用户解决这些问题。因为问题不完全在于电力用户本身，供电部门要求电力用户对他们的电能管理规定和要求作出反应，例如功率因数的修正和管理等。

电力承包商以及电力维护人员迅速、方便的测量，可以指导他们采取正确的行动。虽然如今没有一种仪器可以提供所有的测量功能，但是有一些仪器可以满足大部分用户的测量需要，例如福禄克公司手持式 F43，F41B，F39 以及其它测试仪表。它们可以提供上面案例中的所有测量功能并提供用户所需要的测量结果。用户可以根据测量的结果采取正确的解决问题的方法。用户也需要和配电系统设备的供应商，例如变压器、开关柜、配电盘、断路器、修正电容以及滤波器的生产厂商取得联系并获得解决问题的方法，同时还可能需要咨询电力工程师，供电局，电力咨询公司来寻求详细的解决方法。

