

浅议公用电网系统功率因数的修正

广东集团公司中山供电分公司 曾繁华

1、前言

目前、由于在公用电网里存在着大量的谐波负载，形成了无数的谐波电压和电流，从而污染电源，降低功率因数、破坏电力质量，造成重要设备的不稳定运行和损坏。而低功率因数更是影响线路及配电变压器的经济运行，对于节能降耗、提高变配电设备的供电能力极为不利。所以、为了保证电力质量，确保电力设备在最大效率下、安全稳定可靠的运行，我们必须全面正确地考核功率因数，找到修正功率因数的合适方法。

2、功率因数的概念

2.1、位移功率因数

功率因数是有功功率与视在功率的比值。当电压基本为正弦波、电路的负载为线性负载时（如电动机或电阻加热器等），象电动机这样的感性负载就会引起电压与电流之间的相位移。在这种情况下，有功功率将小于视在功率，相应的功率因数就小于 1。

因此、在这里我们就把传统的功率因数称之为位移功率因数，用 DPF 来表示，根据功率因数的概念，其计算公式如下： $DPF=W/VA=VACOS\Phi/VA=COS\Phi$

式中 Φ 是电压与电流之间的相位移角。如果电路的相位移角为 40° ，那么 DPF 就为 0.766。但这种情况只适合于单一频率的电路，即没有谐波的系统，比如 50Hz 或 60Hz 的情形。如果电路中存在非线性负载时就不能用传统的位移功率因数来考量了。

2.2、全功率因数

全功率因数正是考虑了非线性负载影响的情形，当电路中存在象 PC 机、打印机、充电器以及电渡设备、电子镇流荧光灯和调速驱动马达等产生谐波电流的设备时，此时由于有谐波电流加到基波电流中，就无法用位移功率因数来考量该系统的功率因数了，因此、我们就提出全功率因数的概念，用 PF 来表示，并根据功率因数是有功功率与视在功率的比值的概念，则全功率因数用下式来表示： $PF=W/VA$ 所以 PF 与 DPF 不同，它在视在功率中考虑了谐波的影响，在同时包含线性与非线性负载的系统中，PF 总是小于 DPF。

3、功率因数的修正

传统的提高功率因数的方法是利用电容器减少电压与电流之间的相位角。但具体是否需要安装无功补偿电容没有一个简单、完整的公式可以遵循。它取决于电路负载的类型，如纯阻性、感性或容性；以及这些负载是线性的还是非线性的；是否还有谐波的影响等等。下面我们就如何对两种功率因数的修正进行讨论。

3.1、位移功率因数的修正

前面已介绍位移功率因数是由于线性负载引起的电压与电流之间的相位移，属于单一频率系统，因此对位移功率因数的修正相对简单一些，采用传统的利用电容器减少电压与电流之间相位角的方法便可。其接线图如图 1 所示。

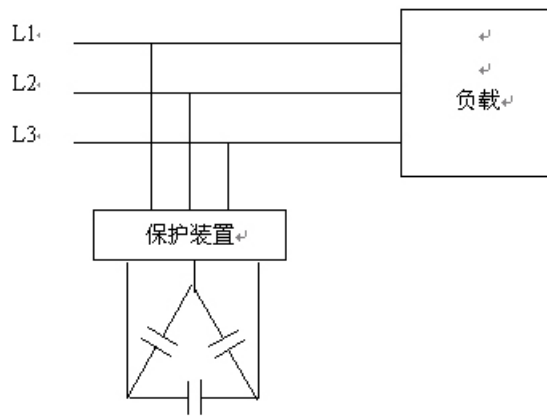


图 1: 传统的功率因数修正图

但我们在补偿前必须了解需要补偿电路的特性，掌握其功能和限制，避免补偿电容与电路的电感形成谐振，从而导致过电压；同时、不宜一味追求高功率因数，实践证明、把功率因数从 0.9 提高到 1.0 所需的补偿容量与从 0.8 提高到 0.9 所需的补偿容量差不多，但前者的降损幅度差不多是后者的一半，应综合考虑投资效益。一般情况下，可确定补偿后的功率因数在 0.9~0.95 之间便可，要严格防止过补偿，向系统倒送无功；另外还需注意的是，如果利用补偿电容将位移功率因数 DPF 提高到 0.95，系统很可能在 5 次或 7 次谐波系统发生谐振，谐振可能会导致系统出问题，这时可采取在电容器上串联一个小电感，使谐振频率不在系统谐波频率的范围内。

3.2、全功率因数的修正

对于有非线性负载的系统中，由于非线性负载所产生的谐波电流都可以回流至连线、变压器、线圈和开关。如果安装无功补偿电容，与变压器线圈相比，它们对谐波频率的阻抗较低，谐波电流将首先经电容器而不是变压器二次线圈。同时，频率越高，电容器阻抗越低，与没有电容器相比，会产生更高的电流，这些大电流会危害电容器，甚至导致电容器损坏；另外还会引起电压的跌落和系统的发热。为了避免上述情况的发生，我们在进行功率因数补偿，安装补偿电容前必须获取一些有关功率因数与谐波的数据资料，然后利用这些资料进行分析，看是否需要安装无功补偿电容，或者是应该立即安装无功补偿电容还是应该先修正系统的谐波，减少谐波的影响。通常情况下是在由供电局到工厂的送电入口处，或者其它应该安装无功补偿电容的地方，进行测量上述位置的全功率因数（PF）和位移功率因数（DPF），然后比较测量读数，如果 PF 与 DPF 相同或相近，则说明功率因数的降低主要不是谐波的原因，此时可以利用无功补偿电容直接补偿，减少相位移，提高功率因数；如果 PF 比 DPF 低 10% 或更多，那么低功率因数可能是由谐波电流造成的，例如 PF 是 0.60~0.70 而 DPF 是 0.95~0.98 的情形，此时我们可以继续利用有关仪器（如 Fluke43 电力质量分析仪）检测显示馈线电流的谐波柱形图，以检查电路谐波失真的程度是否降低了功率因数，如果谐波水平比较显著，就要考虑使用补偿滤波器或其它方法降低谐波，一种方法就是在非线性负载的线路中串联电抗器，从而降低谐波提高功率因数 PF，见图 2。

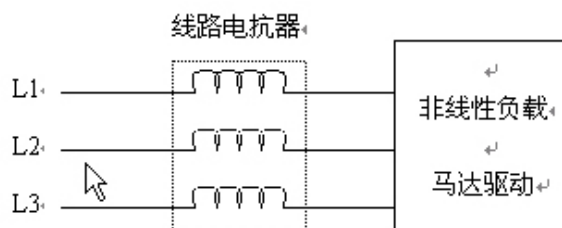


图 2: 电抗器作为滤波器降低谐波

4、结束语

功率因数可能是监视配电网系统的最好办法。我们知道、位移会降低功率因数，导致变压器以及由它供电的马达、照明负载或其它设备的效率低下，严重时甚至会导致设备故障而不能正常运行。因此必须找到修正功率因数的方法，避免配网系统长期在低功率因数下运行，从而提高功率因数使能耗降低，延长马达和其它工业设备的寿命，保障设备的安全稳定运行。

参考文献：

- [1] 王艳华，宋玉秋.电力公害及对策[J].电力系统及自动化学报，2001（2）
- [2] 刘学会等.非正弦电流电网的功率因数及其测量[J].电测与仪表，2004（1）
- [3] 孙频东.具有谐波抑制及功率因数校正的并联补偿电路.电测与仪表，2004（1）
- [4] 陈松波.提高功率因数与节能降损的关系.农村电气化，2004（7）

作者简介：

曾繁华（1972—），男，电气工程师，从事电气测量与自动控制。

<http://www.powerq.com.cn>

<http://www.ca-17.cn>

<http://www.xiebo1718.cn>

<http://www.testter.com.cn/ca.html>

<http://www.1718power.cn>