

存在谐波的系统如何修正功率因数

技术应用文章

对于当今大的复杂的配电系统来说,功率因数是维护效率的重要标准。它可以衡量电能用户对电力质量的负责态度;可以帮助工厂的经理避免重要设备的不稳定运行或损坏;也可以给公司提供一个考察自备电力运行的方法,从而保证自备电力的最大效率。

现在,功率因数的测量已经很容易。利用一些便宜的工具就可以做到。采取补救措施相对复杂一些,因为功率因数修正有几种形式,每种形式都有不同的结果。如果存在谐波电压或电流,就更复杂了。你不能确保你的故障检测设备能够观察到谐波,从而告诉你谐波对功率因数的影响。

传统的提高功率因数的办法是利用电容器减小电压与电流之间的相位。但是‘无功补偿电容’可能会导致元件或设备的损坏,除非你了解它的功能和限制。谐波经常对功率因数产生一些奇怪的影响。现在利用便携的故障检测工具(例如Fluke43 电力质量分析仪)可以大大简化谐波、谐波失真总量和功率因数的测量。然而,在诊断低功率因数和谐波问题时一定要注意,无功补偿电容可能只是解决问题的一部分。在谐波水平较低的电力系统中,无功补偿电容的不正确使用,也会产生谐振条件从而导致过电压。

利用几句话来概括:对系统的修正一定要经过全面的考察。对配电系统进行修正以提高功率因数和降低谐波必须向有经验的电气专业人员进行咨询。

有功功率和视在功率

对于纯电阻负载,电路的功率是实际的,或“有功的”。在有电抗的电路中,发电机提供的电流总是超前或滞后于电压。那么电压与电流的乘积并不代表发电机产生的有功功率,因为当电流过零时,电压仍可能维持很高的值;反之亦然。参见图 1。

当功率有无功的时候,可以近似表示为 VA,它是电压有效值和电流有效值的简单乘积。我们称之为视在功率。对于没有位移的线性负载 – 即纯电阻负载 – 视在功率(VA)就等于有功功率(W)。

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时,电路的负载为线性负载时(比如马达或电阻加热器),象马达这样的感性负载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一。现在,我们将传统的功率因数称之为位移功率因数(DPF),计算公式如下: $DPF = \cos\phi$

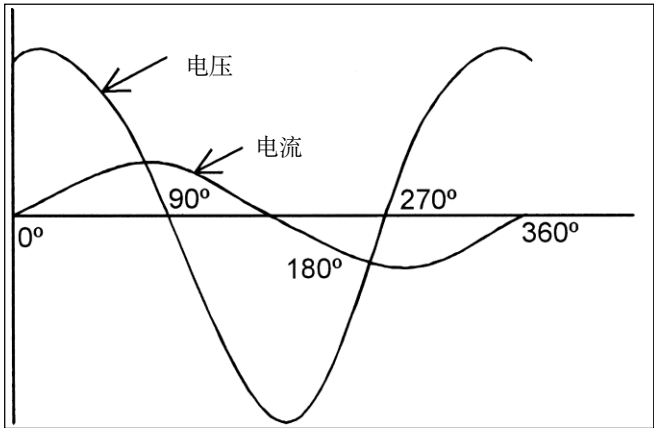


图1. 在有电抗的电路中,电流可能超前或滞后于电压。当存在位移时,电压与电流的乘积代表视在功率,可以用 VA 来表示

这里 ϕ 是电压与电流之间的相位角。如果电路的相位角是 40° ,那么 DPF 就是 $0.766(\cos 40^\circ = 0.766)$ 。在这个例子中可以利用无功补偿电容修正由于感性负载造成的相位移。将电容与供电电压并联,从电路中获取与马达感性电抗反向的电流。参见图 2。上述情况只适合于单一频率的电路,比如 50Hz 或 60Hz。

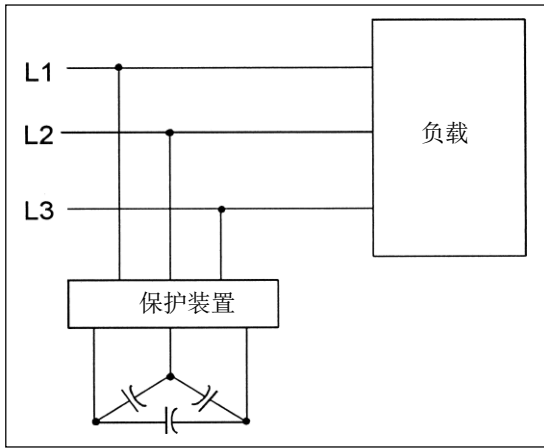


图2, 传统的修正功率因数的方法是利用分流电容器,减小电压与电流之间的相位角。

在一个正弦波电压和线性负载的电路中,有功功率计算如下:
有功功率(W)= 电压(V) × 电流(I) × $\cos\phi$
这里电压与电流的乘积等于视在功率,用 VA 表示。这个等式适合于单一频率的系统。了解有关低功率因数的实际后果,参看附文“监视功率因数”。

谐波失真时功率因数的读数

当电路中存在非线性负载时，功率因数会怎样呢？象PC、电子镇流荧光灯和调速马达驱动等会产生谐波电流加到基波中。这时，视在功率将明显地高于有功功率。在存在谐波时，有功功率(W)与视在功率(VA)的比值称为全功率因数。(为方便起见，全功率因数的缩写为PF)。

PF与DPF不同，它在视在功率中考虑了谐波的影响。在同时包含线性和非线性负载的系统中，PF总是小于DPF。

何时需要无功补偿电容

决定是否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—纯阻性、感性、或容性—并且这些负载是线性的还是非线性的。而且要考虑谐波的影响，如果谐波水平较高，无功补偿电容可能会损坏。

系统中所有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，谐波电流将首先流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，与没有安装电容器相比，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。另外还会引起电压跌落和系统接线发热。

幸运的是，你可以利用测量仪器(例如Fluke43电力质量分析仪)来获取一些关于功率因数和諧波的读数。这些读数将告诉你是否需要安装无功补偿电容，提示你应该马上安装无功补偿电容还是应该首先修正系统减少谐波。可以遵循下面的程序：

1. 利用测量仪计算出功率因数和諧波，找到由供电局到工厂的送电入口(或者其它应该安装无功补偿电容的地方)。
2. 测量上述位置的全功率因数(PF)和位移功率因数(DPF)。
3. 比较测量读数：
 - 如果读数相同或相近，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减小位移，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)
 - 利用测量仪表显示馈线电流的谐波柱图。该图形将指示电路谐波失真的程度是否降低了功率因数。

4. 如果谐波水平比较显著，电气专业人员可能就要考虑使用补偿滤波器减少谐波电流。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。参见图3。

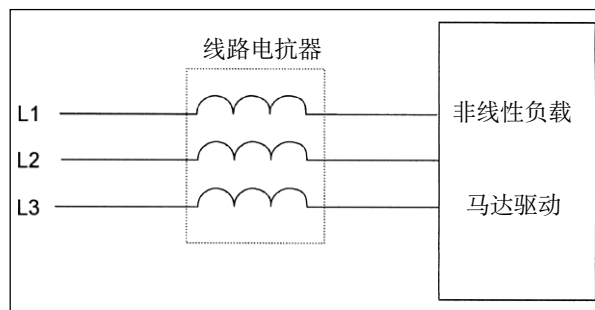


图3. 利用电抗器作为滤波器降低谐波。如果系统的谐波水平较高，在修正功率因数之前应该首先利用滤波或其它方法降低谐波。

5. 如果适当，有资格的电气专业人员可以考虑安装无功补偿电容。见图2，可以作为指导。

关于无功补偿的注意事项

无功补偿电容与配电网的感性电抗在高于基波的某些频率可能形成谐振电路。如果没有谐波电流通常不会出什么问题。如果由于电子装置引起谐波电流，使无功补偿电容谐振就有可能导致过电压的发生。这种情况多数发生在负载停机的过程中。

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次谐波或7次谐波发生谐振。当这种情况发生时，电压升高，并有可能超过补偿电容或其它元件的额定电压而导致不稳定的运行或故障。利用数字万用表或谐波测量仪测量流过电容的有效值电流。如果电流在电容器的额定范围之内，谐波电流可以忽略。

如果在谐波表上(比如Fluke43电力质量分析仪)观看整个谐波频谱，你可以识别引起系统谐振的谐波。参见图4。同时可以在电容器端检查谐波电压。如果数值较高，达基波的百分之几，就要进一步检查电容器的5次和7次谐波电流。调速电机驱动通常是5次谐波源，所以检查电机驱动的相电流非常重要。

如果谐振导致系统出问题，有时厂家会提供一种解决方法。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之内。

预防性维护

功率因数可能是监视配电系统的最好因素。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效率低下。如果忽略上述问题，可能会导致设备故障。同时在有马达的系统，谐波会引起有害的谐振。

现在，避免低功率因数不良后果的最佳办法是进行定期的预防性维护。利用先进的手持式功率谐波表(例如Fluke43电力质量分析仪)，你可以对配电系统进行经常性的现场检查。只需一、两

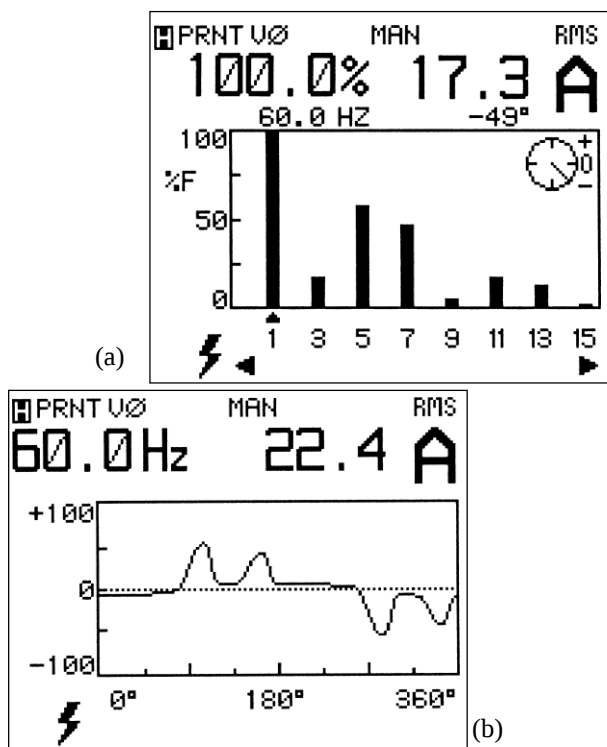


图4. 显示存在电机调速驱动的系统谐波频谱(a), 了解谐波问题的特征。从 Fluke43 电力质量分析仪的显示结果看, 5 次和 7 次谐波比较显著。相应的波形屏幕显示了调速电机驱动电流波形的明显失真。

个按键就可以获得有效值电压和电流, 峰值电压和电流, 谐波失真总量, 有功功率和视在功率, 以及位移功率因数。如果你对分析非线性负载的系统很有经验, 所获得的数据可以直接帮助你修正功率因数。如果需要电力咨询公司的帮助, 它们也是非常宝贵的资源。提高功率因数使能耗降低, 同时延长马达和其它工业设备的寿命, 保障生产和业务的顺利进行。

附文

监视功率因数

象 Fluke43 电力质量分析仪这样的功率谐波工具是有效监视电力成本过程的一部分。电力公司将根据用电单位的功率因数建立该用户的收费比率。为防止“反向功率因数”(无效功率), 电力公司将向用电单位收取安装更大截面导线的费用, 甚至征收附加电费。

谐波是产生“反向功率因数”的主要原因。即使用电单位利用节能设备降低能源消耗, 高水平的谐波也会将其能源节约抵销。使用功率谐波表作为预防“反向功率因数”的第一步, 你可以在责任费用发生之前识别和处理问题发生的前兆。