



变频器谐波分析与 IEEE519 1992 标准的应用

魏北云

(胜利油田胜利泵业有限责任公司质量监督部 山东 东营 257079)

[摘要] 本文结合生产实际, 阐述在电泵变频柜的应用中谐波的危害以及消除谐波的重要性, 通过对典型非线性电路模拟仿真, 为变频柜的应用提供三方面的技术参考。

[关键词] 电泵变频 电流谐波 系统阻抗 滤波器

中国分类号: TE933

文献标识码: A

文章编号: 1009-914X(2011)02-0276-01

变频器产生的谐波会影响电网, 甚至会损坏电网设备。在国外的电泵应用中, 石油公司越来越重视地面变频设备工作性能以及对电网的影响。在委内瑞拉变频器现场运行中, 多次出现过谐波叠加造成变频器电源侧开关反复跳闸和变压器组烧毁问题。从近几年的国外投标中可以看到, 对电泵变频控制柜的抑制谐波水平提出更加明确技术要求, 满足 IEEE-519 1992 标准已成为变频柜供应商的基本条件。

1 电泵变频器应用中的谐波叠加危害

胜利泵业在变频器的较密集安装应用中, 曾频繁遇到公共节点(PCC)谐波叠加的此类问题。事实上, 由于变频驱动装置所导致的谐波相关问题是很少的, 但是当各支路谐波出现叠加时, 谐波问题表现在变压器和驱动器馈线过热上, 因为设计者没考虑到另外的谐波电流, 因此就导致设备的过载过热、保险烧断或反复跳闸问题。

1.1 谐波的产生以及合理选择谐波测量公共节点(PCC点), 满足 IEEE519 标准限定

1、PCC(Point of Common Coupling) 公共接合点, 是指电力配电系统与用户的配电系统连接点或分界点。如果将 IEEE519, 1992 标准应用到系统中而不是各负载回路, 可避免不必要的费用。随后我们会发现满足标准中的谐波限定的最有效方法就是在滤掉各负载回路谐波, 并在 PCC 点进行检测。

选择系统PCC点一般是由电力部门来决定, 但工厂工程师和相关工程师可能更清楚 PCC 的位置在何处最能有效满足 IEEE519, 1992 谐波限定要求, 与电力部门一起合作可以在满足标准要求下, 减小过量的工程费用投入。

2、系统阻抗与谐波电流关系

列举以上的电气系统数据如下:

变压器TR-1: 20MVA(20, 000KVA) 8.5%, 阻抗, 69kV/13800V; 变压器TR-2: 1000KVA, 6.7%, 阻抗, 13800V/480V; 负载电流 I_L : 1000A, 谐波电流: 90A/5th, 44A/7th。计算如下:

节点PCC-1短路电流 I_{sc}	节点PCC-2短路电流 I_{sc}	总谐波含量TDD和5、7次谐波含量:
$I_{sc} = \frac{TR-1 \text{ 满负荷电流}}{TR-1 \text{ 阻抗}}$	$I_{sc} = \frac{TR-1 \text{ 满负荷电流}}{TR-1 \text{ 阻抗}}$	$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_{sc}} * 100$
$TR-1 \text{ 满负荷电流} = \frac{20000kVA}{13800V * \sqrt{3}} * 1000$	$TR-1 \text{ 满负荷电流} = \frac{1000kVA}{480V * \sqrt{3}} * 1000$	$I_{\text{基频最大所需电流}} = \frac{\sqrt{90^2 + 44^2}}{1000} * 100 = 10\%$
$= 938A$	$= 1204A$	$5th = \frac{90A}{1000A} * 100 = 9\%$
$I_{sc} = 938A / 0.085 = 9988A$	$I_{sc} = 1204A / 0.067 = 17970A$	$7th = \frac{44A}{1000A} * 100 = 4.4\%$

PCC-1点, I_{sc}/I_L $I_L(13800V) = I_L(480V) \left(\frac{480V}{13800V} \right)$ $= (1000A) \left(\frac{480V}{13800V} \right)$ $= 34.8A$ $\frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{9988A}{34.8A} = 283$	同理: PCC-2点, I_{sc}/I_L $I_{sc} = 17970A$ $I_L = 1000A$ 17.5
---	---

% CURRENT THD AT PCC FOR AC PWM DRIVE WITH NO LINK INDUCTOR, WITH 5% LR, WITH 5TH HARMONIC TRAP

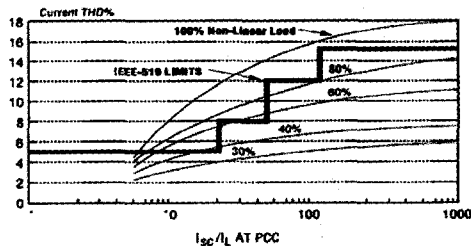


图6a

% CURRENT THD AT PCC FOR AC PWM DRIVE WITH DC LINK INDUCTOR, WITH 5% LR, WITH 5TH HARMONIC TRAP

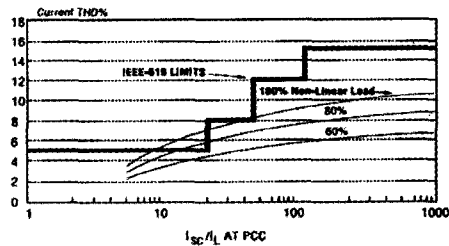


图6b

PCC-1 作为测量点, 计算得 TDD=10%, 5th=9%, 7th=4.4%, 标准中 I_{sc}/I_L 为 238 的总谐波量(TDD)15%, 故: 低于标准限定范围, 5th 和 7th 谐波标准是 12%, 也低于标准限定范围。

PCC-2 作为测量点, 计算得 TDD=10%, 5th=9%, 7th=4.4%, I_{sc}/I_L 18 的标准总谐波量(TDD)5%, 超出标准限定范围, 而 5th 和 7th 谐波标准是 4%, 也高于标准限定范围。系统需要减小谐波来满足标准要求。

2 变频器电源侧加入线路电抗器的效果对比

在变频器电源侧线路电抗器加入前后, 电流总谐波含量 THD% 没有多少变化, 都高出 IEEE519, 1992 推荐值范围。虽然线路电抗器在消除母线过电压波纹、降低振幅系数和改善功率因数方面有很大优点, 但是无论回路中它们是否存在, 在非线性负载大于 20% 时, 它无法减小谐波电流来满足 IEEE519, 1992 标准要求。因此添加电抗器来降低谐波的做法, 是一个误区。

3 滤波器的效果分析

当电路中的非线性负载大于 20% 时, 可以使用某些种类的谐波滤波器使谐波电流保持标准的推荐范围以内。同时在滤波器前端安装隔离变压器或电抗器可以增加谐波频率段的系统输入阻抗, 能把大部分谐波电流钳制在滤波器上, 使系统中的谐波电流进一步减少。阻抗的加入还有能防止其他的谐波负载造成的滤波器过载问题。图 6a, 显示在添加 5% 电抗器和单个谐振频率 282Hz 滤波器下, 不带 DC 感抗器时的非线性负载电流总谐波量曲线。如果负载是典型的 100% 非线性, 电流总谐波不能低于 IEEE519, 1992 推荐值。其他情况下, 如非线性负载 40%-100% 是否满足标准, 要依赖于系统阻抗 (I_{sc}/I_L), 还要采用多重滤波器。图 6b, 显示在添加 5% 电抗器和单个谐振频率 282Hz 滤波器下, 带 DC 感抗器时的非线性负载电流总谐波量 (THD%)。即使负载是典型的 100% 非线性, 电流总谐波也能低于 IEEE519, 1992 推荐值范围内。只是在电源阻抗 (I_{sc}/I_L) 很小的范围, 电流谐波略超过限制范围。要使其低于限定范围, 设计选型时稍微增大的变压器容量或非线性负载百分比减少就可以达到限定范围。

结语

上述讨论中, 一方面可以看出通过使用滤波器可以使谐波电流和电压有效的减少, 达到标准限定。另一方面回路阻抗在解决谐波问题时避免陷入一种误区: 即在任何情况下, 都可在谐波负载前安装电抗器或变压器, 来获得合适的谐波水平。最后, 在测算使用滤波器或其他消除谐波装置来限制谐波水平时, 合理确定 PCC 点和电力系统阻抗非常必要的。目前, 在国内关于谐波叠加和 IEEE519 标准应用方面的文章较少, 希望本文能对变频现场应用和谐波处理方面有所帮助, 并且欢迎各位指正赐教。

参考文献

- [1] Draft of the proposed CLC Common Modification to IEC 61000-3-2 Ed. 2.0: 2000.
- [2] Milan M. Jovanovic et al, "Merits and Limitations of Full-Bridge Rectifier with LC Filter in Meeting IEC 1000-3-2 Harmonic-Limit Specifications" IEEE on Industry Applications, 1997.