

公用电网谐波源查找与评估

吴恒

(昆山市供电公司,江苏昆山 215334)

摘要:针对目前公用电网普遍存在的谐波污染情况,首先简单介绍了查找污染源的思路和办法,然后给出了用户接入公用电网时的谐波评估原则、程序及工程应用实例。

关键词:公用电网;谐波;评估

中图分类号:TM712

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)01-0049-02

公用电网谐波是电能质量的一项重要指标,它反映了电力系统中谐波污染程度,直接影响到电网和用户电气设备的正常安全运行^[1]。接入电网的各种非线性设备,例如电弧炉、整流设备、电气化铁路、轨道交通等,所产生的谐波电流注入电网,是使供电电压正弦波形产生畸变、电能质量下降的主要原因。因此,对这些设备发出的谐波进行检测并加以治理,是改善电能质量的重要手段。

1 公用电网谐波源的查找

如果电力系统中存在严重的谐波污染,就有可能引起谐波故障,这时就必须确定谐波源的位置。下面介绍2个简单的查找谐波源的办法^[2]。

第1种方法,将电压或者电流波形畸变的时变曲线与用户负荷的时间曲线进行对比。如果电压畸变率发生变化的时间正好是交接班或者中午休息时间,那么谐波源很可能是工业用户。利用一些时变特性,可以将谐波和某一类负载联系起来。例如,谐波污染在用电负荷高峰期间歇性出现,则污染源设备极有可能是轧辊机、电弧炉、电焊机等具有间歇性工作特性的设备。

第2种方法,将待查输电线路上所有接入的电容器组断开,监测线路上谐波电流的流向。正常的谐波电流是从非线性负荷流向系统的。根据这种规律,可以从变电站开始,逐个监测谐波电流的流向,一直检测到谐波源。因为电容器组会引起谐波谐振,所以必须将所有接入的电容器组切除才有效。当存在一个主要谐波源时,可以通过确定主导谐波分量的有功潮流方向来确定谐波源位置。通过快速傅里叶变换(FFT)可得到各个谐波分量的幅值和相角,将电压和电流采用同一参照系,通过主导谐波分量的相角就可以确定谐波源的位置。

在实际工程应用中,往往根据用户及电力网络的特点区别处理。

针对35 kV及以上的大用户,可以根据用户主要用电设备的类型来判断其是否为主要谐波污染源。一般来说,这些用户大多具有轧辊机、电弧炉、中频炉等典型非线性负荷设备。另外,随着现代电力电子技术的推广应用,很多企业大量使用的整流设备和变频设备也是当前谐波污染的重要组成部分。

对于线路结构简单,接入用户类型较为单一的中压配电线路,通常可以将上文中介绍的2种方法结合起来,用于查找谐波源。而对于较为复杂的配电网,特别是有大量居民小区和工商业用户同时接入的线路,由于谐波源众多,而且产生谐波类型复杂,此时单独研究谐波源的特性已经没有太大的实际意义。这时应该考虑在配网系统中安装谐波滤波装置进行治理。

2 非线性负荷接入公用电网时的谐波评估

2.1 评估原则

非线性负荷接入公用电网时的谐波评估,主要包括判断谐波源产生谐波的类型、测试或者仿真该谐波源产生的谐波在当前电网参数下是否满足国家标准要求、必要时应采取的治理措施。

非线性负荷接入公用电网时的谐波评估,主要根据用户的用电协议容量、供电设备的额定容量及供电系统的电压等级和公共连接点处的最小运行方式下的短路容量等参数,计算该用户注入电网谐波电流的允许值。然后根据该用户谐波源设备的额定容量,测试或者仿真计算出该用户实际注入电网的谐波电流值,与允许值进行比较。对于超标的用户,应按照其谐波类型和谐波源设备容量,提出治理方案。

工程上, I_{hp} 单次谐波电流注入允许值, U_{hp} 是根据相应电压等级的单次电压谐波分量限值和该系统的基准短路容量 S_k 计算得到的,即

$$I_{hp} = \frac{10 S_k U_{hp}}{\sqrt{3} U_n h} \quad (1)$$

式中: S_k 为公共连接点三相基准短路容量, $MV \cdot A$; U_{hp} 为第 h 次谐波电压注入允许值, kV ; U_n 为系统标称电压, kV 。

GB/T 14549中,给出了各个电压等级的基准短路容量和全部用户注入公共接入(PCC)点的各次谐波电流允许值,便于在工程中使用。当公共连接点最小短路容量不同于基准短路容量时,可以按照实际的最小短路容量与基准短路容量的比值进行修正,得到全部用户实际谐波电流注入允许值^[3]:

$$I_h = \frac{S_{k1}}{S_{k2}} I_{hp} \quad (2)$$

在公共连接点同时接入多个用户时,对于第 i 个用户的第 h 次谐波电流注入允许值,可计算得到

$$I_{hi} = I_h \left(\frac{S_i}{S_T} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (3)$$

式中: S_i 为第 i 个用户的用电协议容量, $MV \cdot A$; S_T 为公共连接点的供电设备容量, $MV \cdot A$; α 为相位叠加系数,如表1所示, α 按照表1取值。

表 1 相位叠加系数

| h | 3 | 5 | 7 | 11 | 13 | 9, >13, 偶次 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| α | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.8 | 1.9 | 2.0 |

2.2 评估程序

一般针对工业负荷用户,谐波评估的程序如下:

(1) 确定 PCC 点,收集对该用户供电的网络设备参数及运行方式;

(2) 用户用电设备的参数及接线方式;

(3) 通过实际测量或者仿真计算的方式,确定用户注入 PCC 点的总谐波电流值;

(4) 根据实际系统在最小运行方式下的短路容量和用户用电协议容量,按照式(1)和式(2),计算该用户在 PCC 点注入各次谐波电流的允许值;

(5) 如果该用户的注入谐波电流值超标,则应给出相应的治理措施。

2.3 典型工业负荷的谐波评估

某 35 kV 工业用户的一次系统接线图如图 1 所示。

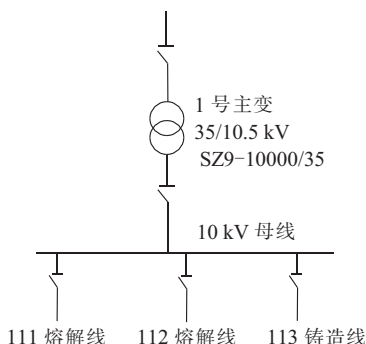


图 1 某 35 kV 工业用户一次接线图

供电系统对该用户的最小短路容量为 429 $MV \cdot A$,供电设备容量为 90 $MV \cdot A$ 。该用户用电协议容量为 10 $MV \cdot A$,PCC 点为主变高压侧。该用户有 3 条 10 kV 出线。3 条 10 kV 出线所接主要负载情况如表 2 所示。

表 2 3 条 10 kV 出线所接主要负载情况

| 线路名称 | 用电设备类型 | 单台功率/kW | 数量 | 配套变压器/kV·A |
|---------|---------|---------|----|------------|
| 111 熔解线 | 中频炉 | 2 500 | 2 | 2×2 800 |
| 112 保温线 | 中频炉 | 2 500 | 1 | 1×2 800 |
| 113 铸造线 | 照明、其他动力 | 不详 | 若干 | 1×2 500 |

该用户的中频炉是通过 12 脉动整流设备供电的,因此工作时主要产生 11,13 次谐波。中频炉设备正常工作时的功率因数为 0.96~0.97,因此 10 kV 母线上的无功补偿设备未投入运行。对该用户的 PCC 点的谐波水平进行了连续 24 h 的测试,其数据如表 3 所示。

表 3 24 h 测试数据

| 参数 | 最大值 | 最小值 | 平均值 | 95%概率值 | 允许值 | 合格率 |
|-----------|--------|------|-------|--------|------|-------|
| 基波电流/A | 108.51 | 0.07 | 45.15 | 103.56 | | |
| 02 | 4.15 | 0.00 | 0.35 | 2.14 | 8.58 | 100 |
| 03 | 2.12 | 0.00 | 0.31 | 1.17 | 2.97 | 100 |
| 04 | 2.08 | 0.00 | 0.24 | 1.33 | 4.40 | 100 |
| 05 | 2.41 | 0.00 | 0.51 | 1.83 | 3.30 | 100 |
| 06 | 2.03 | 0.00 | 0.51 | 1.55 | 2.92 | 100 |
| 最大 15 次谐波 | 1.92 | 0.00 | 0.38 | 1.50 | 3.14 | 100 |
| 08 | 1.59 | 0.00 | 0.38 | 1.30 | 2.17 | 100 |
| 09 | 1.11 | 0.00 | 0.18 | 0.66 | 2.35 | 100 |
| 含有量/A | 10 | 0.75 | 0.13 | 0.51 | 1.77 | 100 |
| 11 | 4.66 | 0.00 | 1.83 | 4.18 | 2.84 | 54.58 |
| 12 | 0.86 | 0.00 | 0.13 | 0.44 | 1.49 | 100 |
| 13 | 3.16 | 0.00 | 1.26 | 2.92 | 2.54 | 72.97 |
| 14 | 0.57 | 0.00 | 0.07 | 0.27 | 1.26 | 100 |
| 23 | 0.69 | 0.00 | 0.20 | 0.55 | 1.54 | 100 |
| 25 | 0.60 | 0.00 | 0.18 | 0.51 | 1.43 | 100 |
| 总畸变率/% | 16.09 | 1.00 | 4.11 | 8.03 | | |

根据国家标准的规定,取测量时间段内各项实测测量 95% 概率值中最大一相值,作为判断谐波电流是否超过允许值的依据。允许值是根据式(1)计算得到基准短路容量下的允许值后,再按照式(2)换算成实际最小短路容量下的谐波电流允许值。从测试结果可以看出,该用户 11,13 次谐波超过国家标准的允许值,应进行治理。考虑到该用户谐波类型较为单一,可以采用无源滤波器进行治理。在对 11,13 次谐波进行滤波的同时,单调滤波器一般会对 5,7 次谐波产生放大作用,因此需要同时考虑加设 5,7 次

基于 IEEE 1588 标准的变电站同步网络的研究

汪祺航¹, 黄伟², 吴在军¹, 赵上林¹

(1.东南大学 电气工程学院, 江苏 南京 210096;

2.江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211102)

摘要:介绍了国内现阶段数字化变电站时钟同步技术的应用,比较了现阶段变电站时钟同步技术的技术特点。针对新型数字化变电站高精度时钟同步指标要求,引入能达到亚微秒级对时精度的 IEEE 1588 时钟同步对时技术,阐述了 IEEE 1588 时钟同步技术原理。基于 IEEE 1588 时钟同步技术,讨论了数字化变电站站内对时网络的3种配置方法。分析了 IEEE 1588 对时技术用于区域电网的局限性,综合全球定位系统(GPS)对时技术和 IEEE 1588 技术提出了一种现阶段最优化的变电站同步时钟网络配置方案。

关键词:时钟同步; IEEE 1588; 数字化变电站

中图分类号: TM63

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2010)01-0051-04

现阶段,我国的变电站正逐步向基于 IEC 61850 标准的数字化变电站方向发展。随着基于 IEC 61850 标准建设的数字化变电站的大范围陆续投运,电子式电压电流互感器和智能电子设备必将广泛应用于变电站中。作为全数字化的变电站,数字信号采集和传输必需基于统一的时序和时钟标准,才能保证数据的准确性、可靠性和有效性。

时钟同步技术在数字化变电站中发挥着重要作用。第一,建立在基于 IEC 61850 的数字化变电站

收稿日期:2009-10-10;修回日期:2009-11-12

实现了数字通信和数据共享。大多数的二次设备都需要采集多个信号量(如 IEC 61850 的 9-1 报文需要传送 12 个通道的信号量)。这就要求对应同一个合并单元的电子互感器采样同步,不同间隔之间的合并单元同步,甚至不同变电站间的采样都需要采用时钟同步技术保持同步^[1]。特别是像母差保护和变压器纵差保护这类需要远端数据配合的保护设备,更需要精确的时钟同步,以防止误动作。第二,时钟同步技术为电力系统中事件顺序(SOE)记录、故障录波以及事后数据分析等方面提供精确的实时数

谐波的滤波支路。

4 结束语

随着我国发展方式的转变,产业升级势在必行。今后越来越多的高新技术用户将出现在公用电网中,对电能质量的要求也会越来越高。这些企业在对电能质量提出高要求的同时,一般自身也是电能污染的源头。治理电网谐波污染,不能再停留在“先污染、后治理”的层面上。预先对各类用户的负荷性质进行分析和评估,在用户接入电网时同步投入电

能质量治理装置,才是对公用电网污染的根治良方。

参考文献:

- [1] 肖湘宁. 电能质量分析与控制[M]. 北京:中国电力出版社, 2004.
- [2] 许 遐. 公用电网谐波的评估与调控[M]. 北京:中国电力出版社, 2008.
- [3] GB/T 14549-93 电能质量公用电网谐波[S].

作者简介:

吴 恒(1980-),男,江苏镇江人,工程师,从事电网损耗、无功与电能质量管理工。

Introduction of Locating and Evaluating of Harmonic Sources in Power Network

WU Heng

(Suzhou Power Supply Company, Suzhou 215004, China)

Abstract: The harmonic pollution is a common problem in power network. Thoughts and methods of locating harmonic sources are summarized in this paper. Then, evaluating principles and process of consumer connecting to public grid, as well as project cases are presented.

Key words: public electric network; harmonic; evaluation