[电网]

电网谐波的来源、危害及其监测意义

文/国网宁夏电力公司宁东供电公司　邵李斌　王　虎　吕琨璐　柳　敏

随着电力电子装置的广泛应用以及电力电子技术的不断提升，电力电子装置所产生的谐波问题日益严重，这对电网的安全、稳定运行构成了较大的威胁。主要介绍了电网谐波的来源，以及电网谐波对各种电力设备的危害，进而论述了电网谐波监测对电网安全、稳定运行的意义。

随着国民经济的快速发展和人民生活水平的不断提高，我国对电力的需求不断增大；同时，随着电力电子技术的飞速发展及电力电子装置的大量应用，由其产生的谐波问题越来越突出。随着作为先导和基础的功率半导体制造技术的不断进步，电力电子装置的应用领域也在不断扩大。超高压、大电网、大容量和自动化是我国电力系统的主要发展方向，换流器被大量应用于高压直流输电中，而它的非线性的特点将导致交直流系统出现含量较高的谐波电流和电压。电网谐波会破坏电力系统的安全、稳定和经济运行，所以对电网谐波的监测显得意义重大。

电网谐波的来源

我国电力电子技术在不断提高，优良的切换速度和功率处理能力使得电力电子装置受到广大工业、企业的喜爱，电力电子装置在广大人民的生产生活中被越来越多地应用。在现代工业及运输系统中，晶闸管换流设备几乎取代了电动机－发电机组，生产生活所用的荧光灯、炼钢企业的电弧炉和其他晶闸管装置也被广泛使用，它们属于同一类负荷，即非线性负荷。非线性负荷两端的电压、电流之间的关系是非线性的，对于非线性负荷来说，即使其两端的电压是标准正弦波，两端的电流也不是正弦波，因为其中含有谐波电流。

另外，高压直流输电技术现已达到一定的水平，高压直流输电线路的规模在逐渐增大。控制理论和技术的发展以及大容量、高电压晶闸管制造水平的提升促进了高压直流输电线路的应用和建设。目前，在电力系统中，全球已经在发挥作用的高压直流输电工程有40多个。在高压直流输电系统中，换流器在整流和逆变过程中会产生谐波，这是由它的非线性所导致的。

电网谐波的危害

谐波对电网产生的危害较大，谐波污染已在国际上被公认为公害。输电线路具有一定的阻抗，根据阻抗公式

$$Z=R+iX=R+i\left[2\pi fL-1/(2\pi fC)\right] \quad (1)$$

可知阻抗的大小随着频率变化。

根据电压降公式

$$\Delta U=\frac{PX+QR}{U} \quad (2)$$

可知电压降的大小随着阻抗变化。

因此，各次谐波流过输电线路时会产生电压降，各次谐波的电压降叠加在一起就会引起电压波形畸变，对用电设备的安全经济运行产生不利影响，同时增加对通信设备的干扰。电网谐波对于工业生产和电力设备会产生不利影响，使工业生产的产品质量降低、损坏工业生产设备，造成经济损失，使继电保护装置、测量装置等电气设备使用寿命缩短，增加了供电企业的运维成本。谐波电压会引起电动机产生附加铜耗和铁耗，造成电动机发热，严重时将烧毁电动机，并且会使电动机在起动时容易产生较大的噪声。

（1）谐波电流对同步发电机的影响

首先，同步发电机会因谐波电流产生的电磁转矩脉动而引起一定的机械振动，降低同步发电机的运行时间，增加发电机的检修次数；其次，谐波电流会在同步发电机绕组上产生附加热量，增加同步发电机的附加损耗，降低发电效率，谐波含量较大时，同步发电机会被烧毁；再次，在谐波电流流过同步发电机的电枢时，同步发电机输出的电压波形会有一定的畸变，这种波形畸变的电压输入到电网中，将干扰用电设备的正常运行，不利于电力系统的安全稳定运行。

（2）谐波对电能计量的影响

谐波会引起感应式电能表产生附加误差，主要表现为以下几个方面。

1）较高频率的谐波使感应式电能表转盘的等效阻抗及其阻抗角增大，导致转盘转速变小。

2）较高频率的谐波使感应式电能表电流线圈的磁通量变小，驱动力矩随之变小，感应式电能表误差增大。

3）较高频率的谐波使负荷的补偿力矩变小，导致感应式电能表误差增大，这种误差随负荷大小的不同而异。

谐波对电子式电能表的影响，主要有以下几个方面。

1）电子式电能表分流器电阻受温度影响较大，谐波会引起电子式电能表的温度误差。

2）谐波电流会引起电流互感器一次电流偏差，从而引起电流互感器二次电流偏差，进而导致电子式电能表计量误差增大。

3）谐波电压对电子式电能的影响与谐波电流类似，谐波电压影响电压互感器的一次电压，二次电压相应有偏差，导致电子式电能表计量误差增大。

4）不同频率的谐波在电子式电能表的测量频率带内具有的相移不同，直接对这些不同频率的谐波进行测量会产生较大的误差，即使引入相位补偿方法，但它不能全频带补偿，故电子式电能表仍存在不同程度的计量误差。

（3）谐波对继电保护影响

当谐波的含量较大且衰减很慢时，电磁型继电器的定值误差增大，进而引起电磁型继电器误动；当电网中的谐波三相不对称时，整流型继电器的负序滤波器会有很大的谐波输出，整流输出的脉冲较大，引起整流型继电器误动；谐波在感应型继保装置的磁盘上产生附加转矩，谐波频率越高这个附加转矩的影响越大。

电网谐波监测的意义

因为谐波的诸多危害以及现在谐波的来源越来越多，电网谐波的监测意义重大，只要监测到谐波的含量超过一定的量值，对其进行相应的治理或者限制，就会消除谐波对电网的安全隐患，有助于电网的安全、稳定运行。我国对电网谐波问题非常重视，从20世纪80年代以来，我国诸多科研单位投入了较大的力量对电网谐波问题进行研究。1982年，我国在石家庄市召开了第一次谐波学术研讨会，锁相技术和FFT算法的电网谐波测量方法在会上被提出。1984年，原水利电力部颁发了《电力系统谐波管理暂行规定》，推动了我国谐波研究工作的进展。1993年，国家技术监督局正式颁布了国家标准《电能质量——公用电网谐波》，使谐波管理工作逐渐科学化、规范化和法制化。1990年和1994年两届国际谐波研讨会对谐波测量问题进行了讨论，诸多情况下的提高谐波测量精度的方法被提出，研制了多通道谐波分析仪。一系列的电网谐波测量科研工作取得了重大进展，电网谐波监测的工作也被广泛实施，电网的谐波威胁被逐渐有效控制，电网的运行更加安全、稳定。EA

（收稿日期：2015.01.16）

（编辑：刘群点）