

公用电网谐波污染的来源、危害及治理措施

俸靖

(葛洲坝水力发电厂,湖北 宜昌 443002)

摘要: 大量电力电子设备、电弧放电性负载、气体放电灯和其它非线性用电负载接入公用电网,使公用电网的谐波污染日趋严重,危及用电设备及电网安全运行,加强治理已势在必行。

关键词: 公用电网; 谐波

中图分类号: TM727 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2003)S0-0039-03

1 引言

考核公用电网的供电质量有四项指标,即频率、电压、三相电压对称性和电压波形畸变率。对前三项指标,人们易于理解,也很重视;对后一项指标,非专业人员则不甚理解,易被忽视。

随着国民经济发展和科学技术进步,越来越多的电力电子设备、家用电子电器、电弧放电性负载、气体放电灯和其它非线性用电负载投入使用,致使大量高次谐波电流涌入各级电网,引起电网的电压正弦波形严重畸变、三相电压不对称及电压的波动和闪变,损坏发变电设备和用电设备,危及电网安全稳定运行。故严格执行国家标准 GB/T 14549《电能质量、公用电网谐波》,加强对谐波污染的治理,已成为当前提高供电质量的突出任务,希引起各网、省电力公司和发、供电企业领导层高度重视。

2 公用电网谐波污染的来源

严格说,电网的电源输出电压的波形就不是标准正弦波,因为发电机沿转子与定子之间气隙的磁通分布曲线与正弦波就会有差异,特别是在发电机组检修后,如转子与定子之间的气隙未能调整对称,则其输出电压波形畸变就会严重,故各发电厂在发电机组每次吊转子检修后再投入运行时,应监测其输出电压的总谐波畸变率,从源头上治理对公用电网的谐波污染。

电网中的输配电变压器因其铁心的磁化曲线是非线性的,故变压器的空载励磁电流波形都不可能是正弦波,会给电网注入高次谐波电流,但由于变压器的空投次数有限,空载励磁电流占负载电流的比例很小,故它们对公用电网造成的谐波污染是很小的。

公用电网谐波污染的主要来源,是那些能成为

谐波电流源的电力用户的非线性阻抗用电负载,它们向电网输入大量高次谐波电流,在电网的阻抗上产生高次谐波电压降,而使公用电网的电压正弦波形发生严重畸变,造成谐波污染。

下面简单论述这些能成为谐波电流源的用电设备。

(1) 电力电子设备

随着科学技术进步,越来越多的各类电力电子设备接入电网。如电气化铁路、城市地铁、电车的大功率整流装置、大功率异步电动机的变频变压调速装置、可控硅稳压电源、冶金电炉的大功率整流设备等等。

(2) 大功率交流电弧电炉

冶金用大功率交流电弧电炉,因电弧放电具有负伏安特性,必须在电路中串入电感性阻抗才能限制和稳定电弧电流,有的电弧电炉是用给电感线圈的铁心加直流偏磁的方法来改变电抗值,以调节电弧电流的大小,这就使电感线圈的磁化曲线严重非线性,导致电源输入电流的波形严重畸变。故大功率交流电弧电炉也是公用电网很大的谐波电流源。

(3) 家用电子电器

现在电视机、音响设备、微波炉、自控调节的电热器等形形色色的家用电子电器大量拥入居民家庭。它们有的是需将交流电整流成直流电使用,有的则是用可控硅调节功率,与前述电力电子设备类似,只是单台设备的功率很小,它们对公用电网的谐波污染易被忽视。但它们量多分散,在民用低压公共电网中所占的负荷比重很大,故它们是民用低压公共电网的主要谐波电流源。

(4) 气体放电灯

现在照明用电量约占全社会总用电量的10%,晚间高峰负荷时,照明用电负荷约占各电网总负荷的20%左右,照明负荷的性质对低压公共电网安全

运行和供电质量的影响很大。

照明光源大体上可分两大类:第一类是热辐射光源,包括白炽灯和各类型卤钨灯,碘钨灯。它们是纯电阻线性负载,对电网无任何不良影响,但光效很低,白炽灯仅 $7 \sim 15 \text{ lm/W}$, 卤钨灯、碘钨灯仅 $20 \sim 40 \text{ lm/W}$ 。第二类是气体放电光源,包括荧光灯、紧凑型节能灯、高压钠灯、高压汞灯、金属卤化物灯、霓虹灯等,通称气体放电灯。它们的光效很高,荧光灯可达 $40 \sim 60 \text{ lm/W}$, 其它高压气体放电灯可达 $60 \sim 140 \text{ lm/W}$ 。但它们是气体电弧放电性负载,如用作限流稳弧的镇流器技术性能不好,则会成为低压公用电网的主要谐波电流源。因它们量多分散,易被忽视,而在电网中所占负荷比重又很高,所以危害很大。

普通直管型荧光灯,高压钠灯和高压汞灯,现在大多仍是使用电感镇流器,因为交流电弧在每半周电流过零值要熄弧,到下半周必须待加在灯管两端的反向电压大于电弧重燃电压后,电弧才能重新点燃,故灯电流的波形不可能是正弦波,而必然会发生畸变,所以它们多少也会向公用电网注入高次谐波电流。国家标准 GB/T 14044 对电感镇流器工作电流的波峰比 K_f 和各高次谐波的含量作了很严格的限制。但市场上有较多的劣质产品不符合国家标准,用户因电力线路故障引起的火灾,很多是由劣质电感镇流器造成。

近几年国内外已推出荧光灯、紧凑型节能灯、高压钠灯、高压汞灯的电子镇流器新技术。其工作原理是先将工频 50 Hz 交流电整流成直流电,再逆变成频率为 20 kHz 以上的高频交流电供给灯管。它有体积小,重量轻,功率损耗小等优点,但它因需先经整流,故电网的输入电流的波形将为尖峰波,未采取有效滤波技术的劣质电子镇流器,将会向公用电网注入大量高次谐波电流,危害很大。

自镇流高压汞灯现在是工矿企业、商业、宾馆及城镇路灯广泛使用的照明光源,它是用白炽灯的钨丝电阻来限制气体放电的电弧电流,即将高压汞灯的气体放电管与钨丝串联装于同一个玻璃壳内,利用钨丝的电阻起限流作用,不需外接镇流器,轻巧灵活,使用方便,但它比外镇流高压汞灯的光效要低一倍,耗电量大(因钨丝电阻要消耗大量功率),工作电流的波形畸变程度也远大于外接电感镇流器的高压汞灯。原因是它用电阻限流,在每半周电压的瞬时值低于电弧维持电压时,电弧熄灭,到下半周要待电压的瞬时值高于电弧的重燃电压后,电弧才能重燃,

故其电流波形是间断的,总谐波畸变率高达 50% 以上。有的路灯专用线路,由于装用自镇流高压汞灯过多,谐波污染严重,影响线路的电压波形严重畸变,中性点谐波电压升高,导致三相电压不平衡,路灯变压器的噪声和过热特别严重,事故率也很高。故这种光效低,能耗高,谐波污染严重的电光源,应依据有关国家标准,限制用户使用。

金属卤化物灯是 90 年代才从国外引进的新电光源技术,它的光效很高,可达 120 lm/W , 而显色性远优于高压钠灯,故必会迅速发展。由于它必须使加于灯管两端的电压高于 280 V 才能点燃灯管,现是使用容性超前顶峰式镇流器,来限制和稳定灯管的气体放电电弧电流。这种镇流器的主要缺点是使电源输入电流 i_1 和灯工作电流 i_d 的波形发生严重畸变, i_1 的总谐波畸变率约为 $35\% \sim 40\%$, 对低压公用电网危害很大,如不研制出谐波污染小的新型镇流器,将会影响金属卤化物灯技术的推广。

3 谐波污染对公用电网的危害

接入公用电网的谐波电流源向电网注入高次谐波电流,它们在电网的阻抗上产生高次谐波电压降,使电网的电压正弦波形发生畸变。畸变后的电压又会使线性用电负载也流入高次谐波电流,传递和加重谐波污染,造成恶性循环。谐波污染对公用电网的主要危害是:

(1) 使接入电网的电感和电容串联设备有可能因对某一高次谐波频率的电压发生串联谐振,而导致谐波过电压或过电流损坏,甚至危及电网安全稳定运行。

(2) 因三次及其倍数的谐波电流和电压在中性点相互叠加,而造成三相交流电网的中性线过电流,中性点谐波电压升高,使三相电压不对称,损坏用电设备。

(3) 使接入电网的无功功率补偿电容器组、滤波用电容器、瞬时过电压保护用电容器造成高次谐波过电流,而过热损坏。

(4) 使变压器、电动机及其它铁磁设备因流过高次谐波电流,而造成附加铁磁损耗,甚至过热损失。

(5) 使异步电动机的转矩曲线发生严重畸变,而不能达到额定转速运行,导致用户的异步电动机大批损坏。

原电力部曾组织各网、省电力公司作过多次谐波污染调查,并对有些谐波污染造成的事故发出通

报。如湖北安陆棉纺厂,因受接于同一条 10 kV 公用母线的安陆铝厂整流负荷谐波电流的影响,使该厂 380 V 母线电压的总谐波畸变率达 8% 以上,导致数百台电动机损坏。江苏南通钢厂 30 吨电弧炉熔化期段,使向该厂供电的变电站 35 kV 母线电压的总谐波畸变率高达 5.4%,至使由此母线供电的河口水泥厂电动机无法正常运行而停产。华北电网的丰沙大电气铁道投运后,其 110 kV 牵引变电站母线电压的总谐波畸变率高达 8%。华东电网的南京鼓楼电车整流站运行后,其 10 kV 母线电压的总谐波畸变率高达 12.6% 等等(以上数据引自华东电力试验研究所桂勤昌:《我国公用电网谐波污染简况》)。现在各电网如再组织对 380 V 低压公用电网的谐波污染情况普查,可能绝大多数都会远高于国家标准。

4 公用电网谐波污染的治理措施

对电压波形畸变率这项重要的电能质量指标,不论是发电厂还是供用电管理部门,现在都不很重视,既未落实谐波监测管理的专业职责,也未配备谐波监测所必须的最起码的监测设备,很多专业技术人员,尚不知道有 GB/T 14549 这项谐波管理的国家标准。而现在公用电网的谐波污染已越来越严重,甚至有的网、省电力公司、供电局的生产调度大楼和发电厂的厂用电系统,电压波形的总谐波畸变率都已超过国家标准而无人过问。如现在各电网组织全面谐波调查,可能有很多变电所的母线电压,特别是 380 V 民用配电线路和路灯专用线路的波形总畸变率都会超过国家标准。

治理谐波污染的技术措施是,在谐波电流源处就近装设有源或无源交流滤波装置,吸收消除谐波电流源产生的高次谐波电流,以减少向公用电网注入的谐波电流量。

谐波污染治理的关键是加强对非线性用户谐波电流源的监测和管理,督促它们采取抑制和消除谐波电流的有效技术措施,减少向电网注入的高次谐波电流。为此各供电局和发电厂必须建立谐波监测和分析管理责任制,生产技术部门和用电管理部门要有人专管或兼管谐波监测分析工作。要在各发电厂、变电所的高、低压母线,厂(所)用电母线,大用户与电网的公共连接点,民用配电网和路灯专用线路选定谐波监测点,定期进行谐波电压和谐波电流的测试分析,掌握谐波污染情况,查明污染来源,建立分析档案,有针对性地采取治理措施。用电管理部门要严防谐波污染继续发展,对新增电力用户(特别是冶金、化工及公用事业用户),要对其非线性用电负载进行认真调查,计算出它们可能向电网注入的谐波电流,如超过国家标准,可拒绝接入电网。现在管理的主要难点在于居民用户,各种具有非线性负载性质的家用电器品种繁多,它们量多分散,无法控制,只能靠国家严格执行家用电器产品生产许可证制度,严格禁止谐波污染大的家电产品在市场上销售,才能从根本上解决民用配电网谐波污染严重的问题。

参考文献:

- [1] K A KPy. 电工原理(中册)[M]. 周孔章,等译. 上海:龙门联合书局,1956.
- [2] GB/T14549-93, 电能质量、公用电网谐波[S].
- [3] GB/T14044-93, 管理荧光灯镇流器性能要求[S].
- [4] 高树香,等. 气体导电[M]. 南京:南京工学院出版社,1988.
- [5] GB/T15042-94, 高压钠灯镇流器性能要求[S].

作者简介:

俸 靖(1964-), 高级工程师, 主要从事水电厂综合自动化检修维护工作。

Source, harm and regulating measure of homonic pollution in the common power net

FENG Jing

(Gezhouba Hydro Power Plant, Yichang 443002, China)

Abstract: With the switching in the common power net of a lot of electric, electronic equipments, are discharge loads, gas discharge lamps and other non-linear loads, the pollution of harmonics is becoming more and more serious which has threatened the running of the electric equipments and common power net, So the further regulation is to be put on the agenda.

Key words: common power net; homonics