

# 治理谐波污染,提高电能质量的探索

陈 茜, 李凤刚

(成都电业局,四川 成都 610021)

**摘要:** 加强谐波治理,保证电网安全和电能质量,同时降低设备能耗是供用电双方共同的责任。对蒲江地区谐波源负荷进行了分析,提出了谐波技术监督、谐波管理实时化与网络化、谐波分析评估等具体措施。

**关键词:** 电能质量;电能损耗;谐波治理

**中图分类号:** U223.5<sup>+</sup>2;TP801

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2012)02-0225-04

电能作为当今社会应用最为广泛、便利与洁净的能源,在现代工业生产与居民生活中处于不可替代的地位。随着科学技术和国民经济的日益发展,一方面,用电负荷日趋复杂和多样化,尤其是电力电子变流器的广泛使用,大量具有非线性、谐波丰富、冲击性和不平衡特征的负荷给电网电能质量带来了谐波污染;另一方面,用户对供电可靠性的要求越来越高,众多基于计算机、微处理器控制的精密电子和电力电子装置在电力系统大量应用,对供电质量的敏感程度越来越高,用户对电力供应的关注目光将逐步由可靠性需求更多地转向电能质量需求,电能质量问题已越来越受到电力部门和电力用户的共同关注。对电网侧而言,建立一套严密有效的谐波监督防范体系已成为供电部门共同关注的重要课题。

## 1 保证电能质量是供电企业的责任

### 1.1 新型负荷高速增长对电网电能质量管理提出了更高的要求

《电力法》规定:“供电企业应当保证供给用户的供电质量符合国家标准。对公用供电设施引起的供电质量问题应当及时处理。用户对供电质量有特殊要求的,供电企业应当根据其必要性和电网的可能,提供相应的电力。”

近年来,随着地方经济的蓬勃发展与招商引资成果的不断扩大,地区电网中冶炼、化工电解、大功率变频调速及交直流电焊设备等负荷高速增长,与此同时一些高新技术企业设备中对电能质量十分敏感的用电负荷也日益增多,对当前电力部门的电能质量监控与管理提出了更新更高的

要求,如果不对此引起高度重视并采取有力措施,供电部门今后承担的法律风险与责任将会加大。搞好谐波监督管理,对保证电网和用户设备的安全、可靠、经济运行,实现优质服务以提升供电企业的形象具有十分迫切的现实意义。

### 1.2 保证和提高电网电能质量是供用电双方的责任

毋庸置疑,恶劣与超标的电能质量将给电网设备及用电设备带来不容忽视的危害,直接影响到电网的安全稳定运行及用户设备的正常生产。正本清源,公用电网谐波污染的来源除了不同电压等级之间的谐波渗透与传递外,可归结为输配电设备及大量用电设备的非线性特性,而其中主要是各类非线性用电设备的谐波电流注入电网所致,因此,保证和提高电网电能质量应当是供用电双方的责任。但就目前的现状而言,供电公司无疑承担着电网供电质量的主要管理责任,供电企业的谐波管理首先应当在摸清地区电网谐波污染现状的基础上,积极开展谐波技术监督与全过程专业化管理。此外,必须抓住源头,在供用电合同中针对谐波污染源用户完善有关补充条款、明确相关责任是供电企业在谐波管理中取得主动权的有力手段。

### 1.3 围绕谐波源及敏感负荷实施监督管理

谐波作为电能质量的一项重要指标,长期以来一直受到供电公司的重视。以蒲江供电公司为例,历年来,通过不断完善、修订与深入贯彻谐波管理制度、强化落实管理职责与实施流程管理,地区电网谐波管理已逐步走向规范化。通过对蒲江地区非线性用户建立台账与分类统计,目前的主

要谐波源集中在冶炼、化工、电子、机械等行业,具体统计情况如表1所示。

表1 蒲江地区电网非线性负荷用户情况统计表

用电行业	主要负荷类型	设备装接容量/kVA	占主要工业用户容量比例/%
冶金	电弧炉、精炼炉	17 500	70
化工	电解槽	3 750	15
电子	硅整流、变频器	1 875	7.5
机械	吊机、电焊机	1 875	7.5

蒲江地区近年来接入了较多的中频炉用户,对电网影响也较大。中频炉利用感应涡流原理进行炼钢,通常将工频进行整流,再逆变为几百赫兹的交流使用。中频炉与交流电弧炉相比,具有体积小、效率高的特点,颇受私人投资者青睐。但中频炉产生谐波量值较大,当中频炉采用6脉整流时,主要产生5,7,11,13次谐波,而一般变电站多采用6%串抗的电容器组,虽然不会引起母线谐波电压放大,但由于流入电容器的5,7次谐波量较大,使电容器电流总谐波畸变率较大,从而造成电容器组故障率较高,包括电容元件和串联电抗器,用户自身也遭受损害。

此外,开发区等一些自动化程度较高、工艺要求严格的敏感用户也逐步增加,其负荷敏感特性对电网电能质量有较高的要求。对于大型谐波源负荷,蒲江供电公司帮助用户侧落实谐波治理措施,通过建立实时监控手段,防止其向电网注入超标谐波;对于敏感源用户,在供电方式及技术措施上予以保障,确保向各类用电用户提供符合国家标准规定的合格电能产品;对于在暂态电能质量方面有特殊要求的用户,蒲江供电公司针对用户设备的具体情况,积极提供技术方案供用户选择。

## 2 建立完善的谐波监督防范体系是实现电网谐波规范化管理的保证

### 2.1 根据谐波管理办法,有效开展地区电网谐波技术监督

蒲江供电公司对谐波源的管理坚持贯彻预防与治理相结合、重在预防的方针,坚持谁污染谁治理的原则。一方面,严格审查管理新建谐波源,从用电申请流程上把好谐波源用户业扩增容环节;另一方面,对谐波超标的客户,由营销部门主动沟通,签订谐波治理协议,积极实施整改。通过对各类非线性用电设备注入电网的谐波进行限制管理,将电网各级谐波水平控制在国家标准允许的范

围。

蒲江供电公司在2000年即制定了有关谐波专业管理制度,专门成立了以总工程师为首的谐波技术监督管理网络。2003年,在组织地区电网谐波普测分析的基础上,重新修订了《蒲江供电公司谐波监督管理实施细则》,规范并明确了生技、营销、调度、运行等部门的管理职责与分工。目前公司谐波归口管理部门为生产技术科,负责组织电网谐波的监测与分析、组织消谐波滤波方案的专项审查验收、督促检查抑制电网谐波措施的落实。

### 2.2 理顺内部流程,抓住谐波管理的关键环节

根据目前业扩流程规定,谐波源用户申请新建或扩建项目时,要求提供与谐波注入量有关的设备技术资料,并委托进行谐波影响评估。在确定谐波源用户的供电方案时,要求用户提供其用电设备对公用电网电能质量影响的分析评估报告,在谐波注入量超标的新设备投运时,应同步采取谐波治理措施,能否投运以实测谐波数据为准,否则由用户继续实施治理,直到谐波注入量满足国标要求为止。此外,在与用户签订供用电合同时,统一在合同中特别说明:因谐波超标而造成电网或其他用户的损失,应当由谐波源用户负责赔偿,并要求对谐波超标情况限期整改。由于谐波管理是一项“两头在外”的综合性工作,除了按照《蒲江供电公司谐波管理实施细则》所明确的各部门分工各司其职,对生技部门而言,牢牢抓住谐波源用户业扩初步设计与滤波工程实测验收这两个重要环节,是实现谐波监督全过程管理、有效把好谐波源入网关的成功关键。

### 2.3 有针对性、有重点地开展谐波实测

蒲江电网的谐波现场测试工作目前由计量中心负责实施,通过组织谐波测试技术培训和请四川电力试验研究院的专业技术人员进行地区电网谐波测试与分析工作。通过建立完善的用户基础资料及谐波数据库档案,将本地区新增非线性电力用户全部纳入谐波监督管理的范畴。通过对重点大型谐波源用户实施定期监测,对发现谐波超标的用户实施及时将报告与分析意见交营销科处理。

### 2.4 谐波管理实时化与网络化

电网谐波畸变率是表征电网电能质量的指标

之一,为开展电网监测诊断分析、动态跟踪掌握地区电网公共联接点(PCC点)谐波变化、为制定谐波治理措施提供依据。蒲江供电公司先后选择寿安变电站等重点谐波源用户接入点,建立了4个谐波在线监测点,初步形成了地区电网谐波在线监测网络,实现了对部分重点谐波源用户的实时监控。通过在线监测点所在变电站安装在线电能质量监控单元以及光纤实现数据通信,动态统计电网母线谐波电压指标及重点用户供电线路注入电网的谐波电流含量,为谐波专业管理部门提供详细的电能质量实时数据。

## 2.5 规范电网侧的谐波分析评估,抓好电容器的运行管理

在一定的电网谐波背景下,电容容抗、电抗器感抗以及系统电抗可能在特定的谐振条件下造成谐波放大,从而影响电网设备的正常可靠运行。2005年,通过研究分析110 kV金马变电站谐波背景,组织分不同工况进行了3次现场谐波测试并进行了专题分析,对电容器支路及电抗器参数进行了选择设计与仿真计算,结合金马变电站改造安排同步实施,确保了该变电站投运后将电网各级母线谐波水平控制在国家标准以内,保证电容器设备正常可靠运行,发挥无功补偿效果。

对于电网中运行的电容器组,做好了运行管理及故障原因分析,重点预防了因谐波超标引起的电容器损坏。此外,对于运行中的组架式电容器组,一旦出现单组熔丝熔爆及单组电容器损坏,对三相减容后的电容量必须重新进行核算,以防止谐振频率逼近谐振点造成谐波放大。

## 3 有效治理谐波是改善电网谐波污染水平的决定性因素

### 3.1 预防性措施

#### 3.1.1 加强电网和电源的建设,合理地安排运行方式,增强对谐波的抵御能力

坚强的电网是保证供电电能质量的基础,目前蒲江地区正在积极进行的主网建设及两网改造、增加新电源,都将使供电可靠性和电能质量得到提高。

#### 3.1.2 把好变电站无功补偿电容器的设计关,防止电容器谐波放大

在变电站无功补偿电容器设计时,应考虑背景谐波及可能接入负荷的性质,合理选择串联电

抗率及分组容量并进行谐波计算校核,防止电容器谐波放大。对于背景谐波较大的变电站,可以考虑将电容器设计成滤波器兼无功补偿,在其投产时进行电容器各种组合方式的谐波测试,以验证电容器设计的合理性。当发现有明显谐波放大时,应向设计单位提出并进行整改,以避免给日后电容器的安全运行埋下隐患。

#### 3.1.3 对用户进行必要的用电和生产指导

根据预测评估结果指导用户用电设计,例如提高用户供电电压等级,改变接线方式,如将6脉整流变组合成12脉整流;无功补偿电容器参数合理设计、采用自动投切控制方式;改进生产工艺,在一定程度上减小用户对电网电能质量的干扰。

#### 3.1.4 坚持新谐波源用户投产时消谐滤波装置必须同步投运的原则

严格执行谐波管理实施细则,在规划、设计、营销、运行等环节落实各部门管理职责,抓好每一个谐波源用户工程的初设审查与投运验收,实现谐波源接入系统的闭环管理。2008年,在谐波污染用户东骏激光接入系统工程中,蒲江供电公司针对其4台大容量中频炉技术参数与特点,明确要求用户同步设计消谐滤波技术方案,并组织了消谐滤波技术方案的审查。通过对用户消谐滤波工程的全过程监督,并在用户正常投产后组织进行最大负荷24 h谐波现场实测验收,实现了谐波源接入系统的闭环管理,做到了在谐波源设备投运的同时用户的消谐滤波装置同步投运,成功把好了谐波源入网关。

### 3.2 补救性措施

#### 3.2.1 安装各种电能质量治理设备以及对用电设备接线、控制方式进行必要的改造

对存在多干扰源用户可以考虑采用在变电站进行集中治理的措施。对典型用户可提供典型治理方案推荐,采用单调谐加高通滤波器治理谐波效果较好,其成本较低,用户容易接受,但其消谐效果易受系统运行方式影响,且不能解决负序不平衡和闪变问题。综合解决电能质量问题且技术成熟的是SVC静止补偿装置。随着对电能质量控制及治理原理研究的不断深入,以及电力电子器件及控制技术的不断完善和提高,有源滤波、静止同步补偿器、动态电压恢复器等先进技术必将得到广泛应用。

在实施谐波治理措施后,供电部门要及时组织对谐波治理工程进行验收和效益评估。必要时可召开现场会或组织参观,以便在同类行业中推广。要建立和谐的供用电关系,这是谐波治理的基础。

### 3.2.2 通过细致的宣传与沟通,促进老谐波源用户实施治理

原有的谐波含量超标的老用户是谐波治理工作的难点。由于这些用户投运时间较长,且往往企业经济效益不佳,因此其落实谐波治理的主动性不够。蒲江供电公司根据谐波污染对电网造成的影响,分别出具了详细的谐波测试数据与分析报告,站在用户的角度,综合考虑用户长远经济利益的平衡,积极主动地推荐消谐改造方案,通过宣传有关规章制度,明确双方的义务与责任,补充签订谐波治理协议,督促其及早实施整改;对于谐波污染严重且不配合治理甚至因消极拖延对电网安全运行造成危害的用户,必要时考虑依照《电力法》采取停电措施。

### 3.2.3 加强对电能质量干扰源用户的管理

应建立新电能质量干扰源用户的报装及接入流程,包括预测评估、治理设计、供电协议明确责任、投产验收测试、在线监测管理及评估,并实行闭环管理,防止先污染、再治理。对已接入电网的老用户,供电部门应依据相关的法规和政策要求其限期整改;对拒不整改的用户应考虑采取安装谐波保护或限电等措施。

应建立、健全包括主接线、设备参数、用电方式等详细内容的电能质量干扰源技术资料库,积累治理的技术资料。应研究探讨采取经济杠杆促使用户治理的对策。

(上接第216页)

(2)改造后的控制系统简单,解决了以往存在的安全问题,维护方便,检修工作量小。运行人员可根据画面信息进行集中监视和控制而不用到现场投退通风设备,从而减少了运行值班人员的工作强度,基本实现了“无人值班,少人值守”。

(3)通过对通风系统进行的优化和控制系统的改造,风机和空调系统根据环境情况进行有选择性的运行,充分利用了自然风,节能效果明显,经济效益好。

### 3.2.4 加强宣传和培训

要重视与用户协调,争取用户的支持合作。可通过走访用户、举办电能质量讲座等形式,普及电能质量知识,提高用电意识,提高用户对电力系统的了解及电能质量问题的认识,加强与用户的沟通,改善与用户的关系,建立双赢的供用电关系。此外,还应做好与用户的沟通工作,积极宣传相关的法规政策,明确双方的责任和义务,为用户提供治理措施或途径,本着互利互惠的原则,推动治理工作的开展,减少用户谐波电流的注入,达到提高电能质量的目的。

## 4 结 语

随着经济的发展、科技的进步,对电能质量敏感的高新技术用户越来越多,用户的用电意识将越来越高。谐波治理是综合治理过程,是改善电能质量的重要手段。应对对电能质量干扰源的防治上升到营造绿色环保电网的高度,这项工作任重道远,需要得到政府和社会的认可和支 持,需要得到干扰源用户的配合。作为电力企业,要为用户提供优质的服务,而提供可靠优质的电力应当是优质服务的重要内容。

### 参考文献:

- [1] George J. Wakileh. 徐 政,译. 电力系统谐波——基本原理、分析方法和滤波器设计[M]. 北京:机械工业出版社, 2003.
- [2] 王兆安,杨 君,等. 谐波抑制和无功功率补偿(第2版)[M]北京:机械工业出版社, 2006.

### 作者简介:

陈 茜(1975-),女,四川蒲江人,副科长,助理工程师,研究方向:电网规划、电网运行及电力系统自动化等;

李凤刚(1969-),男,四川新津人,工程师,研究方向:电网规划、电网运行及电力系统自动化等。(责任编辑:李燕辉)

## 3 结 语

实际运行情况表明,对通风控制系统进行的技术改造达到了预期的目的,实现了远程集中监控和消防联动,设备可靠性提高,保证了厂房通风安全,降低了运行人员的劳动强度,节能效果明显。

### 参考文献:

- [1] 陈启卷. 水电厂计算机监控系统[M]. 北京:中国水利电力出版社,2010.

### 作者简介:

彭小成(1974-),男,重庆涪陵人,工程师,从事水电厂电气工程及其自动化工作。(责任编辑:李燕辉)