# 浅谈电能质量与电能差别定价

介绍了电能质量的主要内容及其危害、电能质量差别定价的理论基础、电能质量相关标准及评估方法，指出“电能质量评估”和“按质定价”是电力市场发展必不可少的重要环节。

刘座铭　吕项羽　高长征/国网吉林省电力有限公司电力科学研究院

刘座铭/高级工程师

关键词/Keywords
电能质量·
差别定价·
电力市场·
按质定价·

## 0　引言

随着电力市场运营机制的不断发展和完善，电能作为一种特殊的商品，既具有为千百万用户服务的公用事业性质，又具有以商品形式向用户出售的性质。因此，其质量属性成为难以回避的问题。我国2002年和2015年两次电力改革时，都有人提出要求降低电价。2002年开始的电力改革学习英国的电力改革模式，要实行电价下降。有人提出“电力改革，降价为先”，2002年电力改革延续了改革开放以来国家通过政府管制下价格与成本背离和工商业交叉补贴居民的销售电价结构双扭曲的定价方式。这实际上执行的是一种普遍性的隐性交叉补贴政策，其结果是城乡居民用上了低电价，同时又不会增加政府的财政负担。由于政府不了解交叉补贴的沉重负担，于是不断扩大补贴面。2002～2010年，我国城乡居民电价在国际上处于较低水平。2015年电力改革时仍有人提出要继续降低电价。但中共中央国务院《关于进一步深化电力体制改革的若干意见（中发〔2015〕9号文）》中提出，电力体制改革的第一项重点任务是，“有序推进电价改革，理顺电价形成机制”，就是要由电力市场来决定电价[1]。市场离不开供求关系，价格是调节供求关系的杠杆，而质量是决定价格的重要因素之一，故本文重点探讨电能质量与电能的差别定价。

## 1　电能质量的主要内容及其危害

### 1.1　公用电网谐波

谐波是供电系统基波频率整数倍频率的正弦电压或电流，由于供电系统中大量采用非线性电气设备，例如晶闸管整流装置、电弧设备、电气化机车和变压器等都是谐波的电流源，其接入电网后，将使系统母线产生电压畸变。高次谐波会使发电机端电压波形产生畸变，从而降低供电电压质量；谐波会引起供电线路损耗增加，损坏电气设备，降低供电可靠性，还会干扰和破坏控制、测量、保护、通信和家用电器的正常工作；谐波还会加快旋转电动机、变压器、电容器和电缆等设备中绝缘介质的电离过程，使其发热绝缘老化，降低寿命。

### 1.2　电压波动与闪变

电压波动是指电压快速变动时其电压最大值和最小值之差相对于额定电压的百分比，即电压方均根值一系列的变动或连续的改变。闪变即灯光照度不稳定造成的视感，是由波动负荷，如炼钢电弧炉、轧机和电弧焊机等引起的，对于起动电流大的笼型感应电动机和异步起动的同步电动机也会引起供电母线快速、短时的电压波动，因为它们起动或电网恢复电压时的自起动电流流经网络及变压器，会使各元件产生附加的电



(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

压损失。急剧的电压波动会引起同步电动机的振动，影响产品的质量、产量，造成电子设备、测量仪器仪表无法准确正常地工作；电压闪变超过限度值将造成照明负荷无法正常工作，损害工作人员身体健康。

### 1.3 三相不平衡

三相不平衡是由不平衡的相阻抗、不平衡的负荷或两者的组合引起的。由于导线分布的不对称，典型的非线性负载，如铁道电力机车、炼钢电弧炉都会产生严重的负序分量。负序和零序分量的存在会对电力设备的运行产生下列影响。

1）凸极式同步电动机对负序分量存在很强的谐波变换效应，三相不平衡会导致同步电动机产生电力谐波，污染电力系统的运行环境。

2）负序电流流入同步电动机或异步电动机，会使电动机因产生附加损耗而过热，产生附加转矩而降低使用效率。

3）对直流输电的换流器来说，三相不对称不仅会增加控制的困难，还会导致非特征谐波的产生。

4）零序电流的存在会对邻近的通信线路产生很强的干扰。

## 2 基于电能质量差别定价的理论基础[2]

### 2.1 差别定价概述

（1）差别定价的定义

差别定价是实际应用中较典型的定价策略之一，也称价格歧视，是对企业生产的同一种产品根据市场的不同而采用不同的价格，或是经营多种产品的企业对各种产品所定的价格差别同它们的生产成本的差别不成比例时，就可以说企业采用了差别定价。比如工业用电和生活用电每度电的生产成本是一样的，而价格却不同。与采用统一价格相比，差别价格不仅更接近一个特定顾客愿意支付的最高价格（即“保留价格”），也可能服务于不能按统一价格购买的顾客，或者促使他们消费得更多，从而能获取较大的利润。一般来说，产品以不同价格出售，取决于购买者的收入水平、消费偏好、地理位置、消费的时间、取得替代品的难易程度以及厂商提供的服务情况等因素。

（2）差别定价的目的

对于厂商来说，实行差别定价的主要目的是侵占消费者剩余并将其转化为利润。所谓消费者剩余，是指消费者购买某种商品或服务的保留价格与实际支付的价格之间的差额。在现实生活中，不同消费者的收入水平及消费偏好不同，对相同商品或服务的效用评价也不相同。因此，不同消费者对相同商品或服务所愿支付的最高价格也大不相同。如果经营者对同种商品都制定统一的价格，那么，具有较高保留价格的消费者就会获得较多的消费者剩余，而具有较低保留价格的消费者，则由于经营者定价高于其保留价格而不进行购买。可见，既要获得保留价格较高顾客的消费者剩余，同时又能获得保留价格较低顾客的消费者剩余，就必须对前者制定一个较高的价格，而对后者制定一个较低的价格。这也体现了差别定价的基本原理，即对不同的顾客制定不同的价格，以此来侵占消费者剩余并把其转化为厂商的利润。

（3）差别定价的类型

常见的差别定价策略有3种类型。

1）一级差别定价，即厂商向每个顾客索要其保留价格，从而侵占消费者的所有剩余。其又称为完全差别定价，是一种理想状态，要求厂商非常清楚地了解市场需求曲线，了解每一个消费者的最高买价。即便了解每一个消费者的最高买价，也难以防范消费者的逆向选择。因此，一级差别定价给垄断者造成了很多的信息负担，在传统实物市场上很难实现。在现实生活中，由于厂商不可能了解每一个消费者的最大支付意愿，同时消费者也不会如实回答他们的支付意愿，因而完全的差别定价是不可能的。

2）二级差别定价，也叫数量折扣定价策略，就是通过对相同货物或服务的不同消费量制定不同的价格。买者根据其购买量被划分成$n$组，并且每组只有一个价格。垄断者选择一个有效的价格计划，提供激励，使得消费者根据自身意愿支付



(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的价格自动归类。这样的计划包括数量折扣、最小购买要求或“保证金”收费与配售等。这种形式只能在没有套利机会时或者进行套利成本很高时才是可行的。最广泛的一种定价表的形式是线性两部分价目表，根据这个价目表，消费者必须为消费某种商品的权利支付一笔固定的费用并且为消费的每单位产品支付统一的价格。二级差别定价较多地应用于社会公用事业中。与传统实物市场比较起来，电力公司在售电时可以更容易地实现二级差别定价。

3）三级差别定价，是将消费者分为具有不同需求曲线的两组或更多组，向不同组的消费者索取不同的价格。其是最常见的差别定价，也可称作买者差别定价，是厂商根据消费者的各种特征（年龄、职业和收入等）将其分为不同的类别，根据不同的类别索要不同的价格。简单地说，即对需求价格弹性大的消费者索取低价，而对需求价格弹性小的消费者索取高价。如航空公司对商务出差者收取高价，对旅游度假者收取低价，就是典型例证。

### 2.2 引入差别定价的理论基础

电能质量服务引入差别定价，能够改变现有的不考虑质量的单一定价体制，且不是简单地按照治理成本进行定价，而是将不同用户的电能质量要求和出现电能质量事故后的经济损失考虑进去。

（1）差别定价（价格其实）的适用条件[3]

实施差别定价必须具备以下的基本条件。

1）市场的消费者具有不同的偏好，且这些不同的偏好可以被区分开。这样，厂商才有可能对不同的消费者或消费群体收取不同的价格。

2）其次，市场必须能够细分，而且这些细分出的子市场要显示不同的需求程度，即厂商能够准确识别消费者的不同支付意愿，能按支付意愿进行分割。不同子市场的需求价格弹性差异较大，细分市场就是为了利用这一差异，采用不同的价格：对价格弹性大的需求，采取较低价格；对价格弹性小的需求，采取较高价格，以取得更大的利润。例如工业用户一般不会因电价的变化而相应增减用电量，而居民用电量的多少则与电价的关系密切得多，供电公司可以通过差别定价，即提高工业用电的价格，降低居民用电的价格来增加电力销售，从而增加收入。产品由于地理位置差别也可形成分割市场，如经济特区与一般地区、国内市场与国际市场等。

3）再次，套利（即在各分市场间的商品转移）是不可能的或是昂贵的，即市场是“被分割”的，相互隔绝的市场。低价市场的消费者难以把购进的商品转移到高价市场出售，高价市场的消费者也难以到低价市场购买产品，否则价格差别将随套利的进行而趋于消失。一般来说，劳务是难以套利的，例如律师出庭辩护、医生诊治病人、会计师审计查帐及咨询人员的咨询服务等，因而最适于实行差别定价。此外，必须具备的条件还有：细分和控制市场的费用不应超过由差别定价而得到的额外收入；实行这种定价策略不会引起顾客的反感和敌意；差别价格的特定形式不应是非法的等。

（2）差别定价在电能定价中的应用

差别定价在电能定价中的应用主要体现在对相同的电力产品，根据时间、地理、用途和质量的不同或政策的因素，制定不同的价格，以扩大电力销售。

1）时间差价。电力用户的用电需求因时间的不同而发生显著的变化，电力企业的电力供应也会因此产生较大波动，如果能抓住这种变化波动的周期性和规律性，必将有利于达成供给需求的动态平衡。为保证可靠供电，发电厂必须按高峰时的需求来设计生产规模或供电能力，其中相当一部分设备在低谷时段内停机或减负荷运行。这样，由于巨大的峰谷差必然造成发供电实际成本高于理论成本，最终使电价水平上升。根据这一现状，如果实行峰谷时间差别电价，会促使电力用户将用电时间安排在电价便宜的时候。具体包括季节差价、日夜差价、丰枯差价和节假日差价等。

2）地理差价。在燃料运输路程远、中转费用高及发电成本较高的地区用电，与水资源充沛、大量使用水电的地区，前者的电价应高于后者。



(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3）用途差价。如居民生活用电属于高峰、尖峰用电，其电价本应比其他类别用户高，而实际情况并非如此，这就说明只对居民降价，对其他电力用户有失公平。

4）政策差价。为减轻企业电费负担，为国有企业脱困创造条件，结合国家产业结构调整政策，对部分符合国家产业政策、达到经济规模的高耗电企业实行优惠电价。对有利于环保和节能技术应用的用电企业，可制定相应的优惠电价。

5）质量差价。高质量的电力产品，包含着更多的社会必要劳动消耗，理应实行优质优价。如一些对供电可靠性要求高、一旦停电会造成重大损失的用户，供电企业需对其采用双电源供电等多种保障措施，这些用户的电价与一般用户应有所差别。

## 3　电能质量的界定

### 3.1　电能质量相关标准

我国迄今为止已颁布了电能质量主要指标5项，其中包括GB/T 15945—2008《电能质量　电力系统频率偏差》、GB/T 12325—2008《电能质量　供电电压偏差》、GB/T 14549—1993《电能质量　公用电网谐波》、GB/T 12326—2008《电能质量　电压波动和闪变》和GB/T 15543—2008《电能质量　三相电压不平衡》。

（1）公用电网谐波

公用电网谐波电压（相电压）限值如表1所示。

**表1　公用电网谐波电压（相电压）**

| 标称电压/kV | 总谐波畸变率（%） | 奇次（%） | 偶次（%） |
|---|---|---|---|
| 0.38 | 5.0 | 4.0 | 2.0 |
| 6 | 4.0 | 3.2 | 1.6 |
| 10 | | | |
| 35 | 3.0 | 2.4 | 1.2 |
| 66 | | | |
| 110 | 2.0 | 1.6 | 0.8 |

衡量点为PCC，实测值取95%概率值，本标准中还规定了公共连接点的谐波电流允许值及用户谐波电流允许值的计算方法，对测量方法和测量仪器作出了相应的规定，对同次谐波的合成提供了算法。

（2）电压波动和闪变

电压波动和闪变的限值如表2、表3所示。

**表2　电压波动限值**

| $r$/(次/h) | $d$(%) | |
|---|---|---|
| | LV、MV | HV |
| $r\leqslant 1$ | 4 | 3 |
| $1<r\leqslant 10$ | 3* | 2.5* |
| $10<r\leqslant 100$ | 2 | 1.5 |
| $100<r\leqslant 1\,000$ | 1.25 | 1 |

注：1. 很少的变动频度（每日少于1次），电压波动限值$d$还可以放宽，但不在本标准中规定。

2. 对于随机性不规则的电压波动，如电弧炉负荷引起的电压波动，表中标有“*”的值为其限值。

3. 参照GB/T 156 2007，本标准中系统标称电压$U_N$等级按以下划分：低压（LV）$U_N\leqslant 1$ kV；中压（MV）1 kV$<U_N\leqslant 35$ kV；高压（HV）35 kV$<U_N\leqslant 220$ kV。对于220 kV以上超高压（EHV）系统的电压波动限值可参照高压（HV）系统执行。

**表3　闪变限值**

| 电压等级 | ≤110 kV | >110 kV |
|---|---|---|
| 限值 | 1 | 0.8 |

波动负荷单独引起的闪变值根据用户负荷大小、其协议用电容量占总供电容量的比例及电力系统公共连接点的状况，可按三级不同的规定进行处理，本标准还规定了电压波动的测量与估算、闪变的测量与计算以及闪变的叠加与传递的计算方法。

（3）三相电压不平衡

电力系统公共连接点电压不平衡限值为：电网正常运行时，负序电压不平衡度不超过2%，短时不得超过4%；接于公共连接点的每个用户引起该点负序电压不平衡度允许值一般为1.3%，短时不超过2.6%，根据连接点的负荷状况以及邻近发电机、继电保护和自动装置安全运行的要求，该允许值可作适当变动。本标准还对用户引起的电压不平衡度允许值换算、不平衡度的测量和取值作了相应规定。

### 3.2　电能质量评估

（1）电能质量评估的意义[4]

最近几年，由电能质量导致的事故数量出现



(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

上升趋势，由其所引起的经济损失也在进一步增加。如上海某家电子公司主要生产对供电电压下陷十分敏感的0.25～0.5 μm的硅晶片，由于出现了约20 ms的电压降落0.8$U_n$事故，设备停止运转，直接导致该公司经济损失高达两百万元；另据资料显示，美国仅一年出现的电能质量问题就带来133亿美元的损失。

因此，判断电能质量的优劣，电能质量评估则显得更为重要，主要表现在以下几个方面。

第一，电能质量由多种指标体现，是多个指标的有机综合，按照国家对供电质量制定的一系列标准，电能质量的好坏不能只由供电是否合格来决定。

第二，电网中存在着各种各样的电能质量问题，不同问题对不同设备有不同程度的影响。需建立一个开放的电力市场，使得电力用户与电力生产部门都能够获得较大的利益。

第三，处于电力市场环境下的电能具有质量属性。电价随着电能成本的不同而不同，所以要根据实际情况对电能质量进行评价。

第四，针对个别对电能干扰有特殊要求的用户，应约束这类干扰的指标和限值。包括居民用户在内的绝大多数用户不愿因这类干扰而支付费用，而会选择具有较好电能综合性能的供电方。

第五，电能质量评估是供用电双方制定供电合同及明确电能质量责任的重要依据，是电能商品按质定价的重要参考。

（2）电能质量评估的主要方法[5]

电能质量评估应采用监测评估法或预测评估法。监测评估法是将实测数据与评估指标限值比较，对各项电能质量指标进行评估。现有电网和用户电能质量评估及新建、改建、扩建和增容项目投运验收应采用监测评估。预测评估法是基于对评估对象建模仿真获得的数据，对各项电能质量指标进行评估。新建、改建、扩建和增容项目接入系统应采用预测评估。电网电能质量评估应根据不同情况对供电电压偏差、电压波动和闪变、三相电压不平衡、电力系统频率偏差、谐波电压及间谐波指标进行评估；用户电能质量评估应根据需要对电压波动和闪变、三相电压不平衡、负序电流、谐波电压、谐波电流和间谐波指标进行评估。

2011年，国网公司颁布的Q/GDW 651—2011《电能质量评估技术导则》主要针对的仍是电能质量单项指标的评估，但随着电能质量问题的日益突出，单纯的判断某项指标是否合格，并不能反映整体的电能质量情况，在激烈竞争的电力市场中，对电能质量进行合理的综合评估是建立公平的电力市场的重要条件之一。电能质量综合评估体系以及模型的确立是供用电双方、科研机构和研究学者需共同克服的一个瓶颈。

## 4 结束语

电能质量作为供电公司和用户交易“产品”的属性，是决定输配电公司能否在竞争中生存下来的重要因素。电能质量作为重要的电力服务内容，必将在电力市场环境中得到完善的解决，这已经超越了电力系统生产运行的技术问题，涉及到社会公正和资源配置等经济问题，必须增加电能质量治理投资，并通过电价使投资得到回报。这就使得供电公司与电力用户的结算电价除发电、输电和辅助服务成本外，还应充分考虑电能质量服务成本。因此，需要找到一个有效地考虑电能质量因素的电能定价方法，实现电能的按质定价。电能作为普通商品进入市场，“电能质量评估”和“按质定价”将是必然趋势。

**参考文献**

[1] 朱成章．我国电力改革设计的电价问题 [J]．中外能源，2015，9 (20)：1-6．

[2] 杨进．计及电能质量因素的电能定价方法研究 [D]．北京：华北电力大学，2005．

[3] 高鸿业．西方经济学 (微观部分) [M]．5版．北京：中国人民大学出版社，2000．

[4] 孟婷．电能质量综合评估方法研究及系统开发 [D]．长沙：湖南大学，2012．

[5] Q/GDW 651—2011 电能质量评估技术导则 [S]．

（收稿日期：2015－06－01）EA



(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net