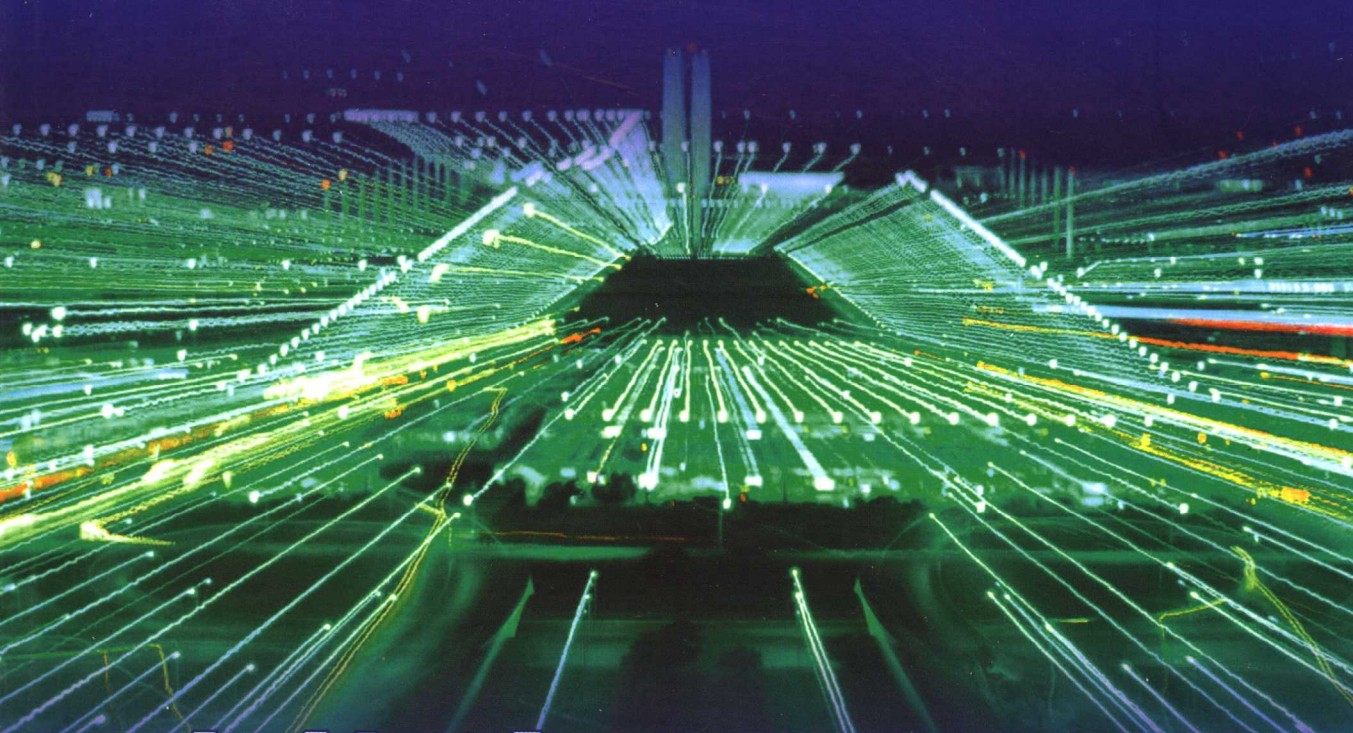




电能质量国家标准



应用手册

主编 李世林 刘军成
主审 林海雪

Dianneng Zhiliang Guojia Biaozhun
Yingyong Shouce



 中国标准出版社

电能质量国家标准



应用手册

顾问：夏道止

主编：李世林 刘军成

主审：林海雪

中国标准出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分14章。第1章介绍了国内外电能质量标准化工作情况,在此基础上提出了我国电能质量标准体系的总体构想;第2章、第3章详细介绍了电能质量各指标的基本概念,并简要分析了电能质量与电力系统安全经济运行、用户生产工艺过程的相互影响关系;第4章至第13章介绍了我国现行14项电能质量国家标准制定的背景、目的及其考虑问题的立足点,分析了标准的适用范围、内容、使用方法及其应注意的问题,并从撰稿人角度分析了标准存在的局限性等;第14章介绍了南非、英国、阿根廷等国电能市场管理导则。全书侧重于对现行国家标准的解读。

本书适用于电力工程、系统及相关设备装置的研究、设计、制造、安装、检验、操作、维护和管理人员以及相关专业的的大专院校师生。

图书在版编目 (CIP) 数据

电能质量国家标准应用手册/李世林, 刘军成主编.

—北京: 中国标准出版社, 2007

ISBN 978-7-5066-4571-3

I. 电… II. ①李…②刘… III. 电能-质量标准: 国家标准-中国-手册 IV. TM 60-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 141479 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 18.25 字数 426 千字

2007年10月第一版 2007年10月第一次印刷

*

定价 42.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

编 委 会

顾 问：夏道止 教授

主 编：李世林 刘军成

主 审：林海雪

各章编写人(按章节顺序排序)

李世林 研究员(第 1、10 章、第 14.1 节)

刘军成 高级工程师(第 2、3、7、11、12 章)

姜齐容 副教授(第 4 章)

韩民晓 教 授(第 5 章)

陈红坤 副教授(第 6 章)

林海雪 教授级高级工程师(第 8、9 章)

左 强 高级工程师(第 13 章)

康永祥 工程师(第 14.2 节)

刘 迅 研究员(第 14.3 节)

序

电能也是商品,当然同样存在质量问题。但是,与其他商品相比,电能质量具有两个重要的特点:一个是电能质量不但涉及千家万户,而且对国民经济的各行各业都有重要的影响,在严重情况下,甚至可能引起大面积停电乃至危及国家安全,这说明电能质量标准的制定和执行比其他任何商品更为重要;另一个是,一般商品的质量完全(或主要)决定于它的制造厂商,与商品的使用者和使用过程无关,而电能质量的高低,在很大程度上与用户使用电能的情况有关,甚至有些电能质量指标的恶化源自于用户本身。

例如,用户负荷的变化在电力网中引起电压损耗的改变,从而造成供电点电压的偏差,并使系统的频率发生变化;冲击负荷的运行则引起电压波动和闪变。电力系统中的非线性负荷是产生谐波的一个重要原因,因为除了高压直流输电等个别特殊设备以外,其他设备所产生的谐波数量很小,而这些特殊设备所产生的谐波比较集中从而易于进行抑制。电压的暂升、暂降和短时中断主要由系统内部故障、操作冲击和雷电侵袭等所引起;而电力系统中的三相不平衡则由电力机车等单相负荷所致,电力系统本身元件的结构不对称所引起的三相不平衡则是微不足道的。

上述情况说明,要保证合格的电能质量,除了电力系统本身以外,有关的用户应该承担相应的任务,付出应有的代价。

显然,电能质量标准的制定,除了包括大量的技术问题以外,还涉及到各方面的经济利益以及国家的政策。如何以社会效益最大化为前提,制定更合理的电能质量国家标准,需要在技术、经济和政策等方面进行深入的研究。

值得指出的是,电力的市场化改革对电能质量提出了新的挑战,增加了保证电能质量的难度和复杂性。能否以

及如何通过电能质量监管机制协调和平衡电力市场各方的义务与收益,乃至以质量竞争代替质量监管是新形势下电能质量面临的新问题。

《电能质量国家标准应用手册》一书详细地论述了各个电能质量指标的基本概念,分析了电能质量对电力系统本身的安全、经济运行和对用户生产过程的影响以及它们之间的相互关系;介绍了我国现行电能质量国家标准制定的背景、目的及其考虑问题的立足点;分析了标准的适用范围、使用方法及其应注意的问题;介绍了部分国家电能质量方面的管理经验。特别地,在书中作者提出了我国电能质量标准体系的总体构想,并提出了现行电能质量国家标准中存在的某些局限性。它的出版将为从事电能质量研究、电能质量标准制定和使用等方面的技术和管理人员以及大专院校师生提供一本很好的参考书。期望它能对现有国家电能质量标准的修订和新标准的制定起到重要作用。

夏道止

西安交通大学 教授

2007年6月

前 言

自 1990 年原国家技术监督局颁布第 1 项电能质量国家标准 GB 12325—1990《电能质量 供电电压允许偏差》以来,电能质量标准制修订工作取得了丰硕成果。截止 2007 年 5 月底我国发布实施的电能质量国家标准有如下 14 项,这些标准对于电能质量产业化的健康发展起到了很好的规范作用:

GB/T 156—2007 标准电压

GB/T 762—2002 标准电流等级

GB/T 1980—2005 标准频率

GB/T 3926—2007 中频设备额定电压

GB/T 12325—2003 电能质量 供电电压允许偏差

GB 12326—2000 电能质量 电压波动和闪变

GB/T 14549—1993 电能质量 公用电网谐波

GB/T 15543—1995 电能质量 三相电压允许不平衡度

GB/T 15945—1995 电能质量 电力系统频率允许偏差

GB/T 16700—1996 集中网络控制装置的标准频率

GB/T 18481—2001 电能质量 暂时过电压和瞬态过电压

GB/T 19862—2005 电能质量监测设备通用要求

GB/T 20298—2006 静止无功补偿装置(SVC)功能特性

GB/T 20297—2006 静止无功补偿装置(SVC)现场试验

为了配合国家标准的贯彻,加深对电能质量系列标准的正确理解,2001 年 5 月曾编写出版了《电压电流频率和电能质量国家标准应用手册》一书。出于同样的目的,6 年后的今天重新组织编写此类书籍,一是因为新标准数量有所增加;二是编者对原有标准审视的角度有所拓展,对电能质量标准化的发展前景有了更深的认识。本书的编写不是为了取代,而是为了充实和扩展 6 年前的内容。

本书第 1 章介绍了国内外电能质量标准化工作的情况,在此基础上提出了我国电能质量标准体系的总体构想;第 2、3 章详细介绍了电能质量各指标的基本概念,并简要分析了电能质量与电力系统

安全经济运行、用户生产工艺过程的相互影响关系；第4章至第13章介绍了我国现行的14项电能质量国家标准制定的背景、目的及其考虑问题的立足点，分析了标准的适用范围、内容、使用方法及其应注意的问题，并从撰稿人角度分析了标准存在的局限性等；第14章介绍了南非、英国、阿根廷等国有关电能质量管理方面的导则和经验。全书侧重于对现行国家标准的解读。本书还以附录形式给出了5项电能质量限值标准，以方便读者的使用。

本书可供电能质量专业技术领域的工程、系统和设备的设计、制造、安装、检验、操作、维护人员使用；也可作为电能质量相关管理人员、科研人员、大专院校师生的参考教材。

编者的初衷是想正确无误地向读者展示国家标准的内容及其内涵，鉴于技术水平和对这些标准理解的差异，缺点和错误在所难免，欢迎批评指正。

作 者

2007年5月

目 录

第 1 章 综论	1
1.1 电能质量及其标准化	2
1.2 国际国外电能质量标准化情况	5
1.3 国际国内电磁兼容标准化情况	8
1.4 我国的电能质量及其标准化	11
1.5 我国电能质量标准体系的构想	13
参考文献	14
第 2 章 电能质量指标概述	15
2.1 稳态电能质量指标	16
2.2 暂态电能质量指标	22
2.3 IEC 及 IEEE 相关电能质量指标	26
参考文献	27
第 3 章 电能质量与电力系统安全经济运行	28
3.1 电能质量与电能的生产	28
3.2 电能质量与电力系统安全稳定运行	29
3.3 电能质量与电力系统经济运行	30
3.4 电能质量指标及其限值与用户生产过程的关系	32
3.5 电能质量与电力市场建设	34
参考文献	35
第 4 章 电力系统频率允许偏差标准及标准补充说明 (GB/T 15945—1995)	36
4.1 概述	36
4.2 标准的主要内容	36
4.3 电力系统动态频率的定义	37

4.4	电力系统频率的测量	40
4.5	电力系统频率控制	44
	参考文献	44
第5章	供电电压允许偏差(GB/T 12325—2003)	45
5.1	概述	45
5.2	标准的内容和使用方法	48
5.3	改善电压偏差的措施	50
5.4	电压偏差的监测与考核	57
5.5	标准的局限性分析	59
第6章	三相电压允许不平衡度(GB/T 15543—1995)	62
6.1	概述	62
6.2	三相不平衡问题	62
6.3	三相电压允许不平衡度标准	66
6.4	相关标准简介	70
	参考文献	73
第7章	电压波动和闪变(GB 12326—2000)	74
7.1	概述	74
7.2	电压波动和闪变相关定义分析	74
7.3	电压变动和闪变的限值	81
7.4	电压变动和闪变的测量条件和取值方法	89
7.5	闪变的叠加和传递	90
7.6	电压变动的计算	90
7.7	闪变的评估	92
7.8	闪变的测量和计算	95
7.9	标准的局限性分析	96
	参考文献	97
第8章	公用电网谐波(GB/T 14549—1993)	98
8.1	谐波概述	98
8.2	谐波的危害	99
8.3	国家标准基本内容及存在的问题	102

8.4 国际和国外谐波标准简介	106
参考文献	119
第9章 暂时过电压和瞬态过电压(GB/T 18481—2001)	120
9.1 概述	120
9.2 过电压的基本概念	120
9.3 标准内容的选择	126
9.4 标准主要条款的说明	127
9.5 关于标准执行的几点建议	128
参考文献	129
第10章 标准电压、电流和频率(GB 156—2003, GB/T 762—2002, GB/T 1980—2005)	130
10.1 标准电压	130
10.2 标准电流	135
10.3 标准频率	136
第11章 电能质量监测设备通用要求(GB/T 19862—2005)	138
11.1 概述	138
11.2 标准编制的简单说明	138
11.3 分类及构成	140
11.4 技术要求	143
11.5 准确度测试方法	153
11.6 标准的局限性分析	156
参考文献	161
第12章 静止无功补偿装置(SVC)的功能特性(GB/T 20298—2006) ...	163
12.1 概述	163
12.2 相关的基础知识	165
12.3 SVC安装场所的环境状况	169
12.4 SVC所连接系统的电气环境状况	170
12.5 SVC主系统特性要求	171
12.6 SVC主设备功能及其特性要求	183
12.7 工程研究	187

12.8 试验	188
12.9 计算晶闸管阀损耗的方法	188
12.10 标准的局限性分析	190
参考文献	190
第 13 章 静止无功补偿装置(SVC)现场试验(GB/T 20297—2006)	191
13.1 概述	191
13.2 现场试验的程序、内容和计划	192
13.3 设备试验	195
13.4 子系统试验	198
13.5 SVC 系统交接试运行试验	200
13.6 SVC 系统的验收试验	206
第 14 章 国外电能市场的管理导则	211
14.1 南非电能质量管理导则	211
14.2 英国电力配电网连接导则	226
14.3 阿根廷电力供应市场化	235
附录 主要电能质量国家标准(节选)	239
GB/T 12325—2003 电能质量 供电电压允许偏差	240
GB 12326—2000 电能质量 电压波动和闪变	242
GB/T 14549—1993 电能质量 公用电网谐波	257
GB/T 15543—1995 电能质量 三相电压允许不平衡度	263
GB/T 15945—1995 电能质量 电力系统频率允许偏差	266
GB/T 18481—2001 电能质量 暂时过电压和瞬态过电压	267

第 1 章

综 论

完善的电能质量标准体系可为供用电双方提供一个完好的用于达成共识的基本文件,为解决电能供求过程中的矛盾分歧提供技术依据;可以坚定国内外投资者的投资决策和信心;可以促进我国经济技术的发展,减少供用电行业经营者的经济损失;可为监测控制公用电网电能质量,保证电能供应的安全可靠性提供技术指导原则;可以为电力监管部门和相关机构提供执法和评估依据。

完善的电能质量标准体系对保障国家经济、社会、国防安全同样具有重要意义。

电能质量的标准化工作,就是通过对电能质量技术的反复实践和总结,经过有关方面的协商一致制定成统一的标准,由主管部门发布和监督实施。这项工作可以获得最佳的经济秩序和社会效益。

实际上,保证必要的电能质量是十分困难和复杂的。影响电能质量的因素是什么?如何在技术和管理方面监测、分析、评估、控制和改善公用电网的电能质量?需要在哪些方面开展标准化工作?诸如此类的问题仍然是国内外科技工作者关注的问题和孜孜以求的目标。

本书将依据我们掌握的资料,详细地介绍截止目前的所有 14 项电能质量国家标准的适用范围、主要内容,分析标准的局限性、使用注意事项等,并对诸多规定进行解读。同时本书还探讨了电能质量及其标准化的内涵,介绍了国内外电能质量标准化概况,特别介绍了某些国家的电能质量管理和电网连接导则,提出我国电能质量标准框架;对电能质量性能指标进行了分析、解释。

电能质量专业技术及其标准化是当代经济技术领域中正在不断发展的新兴领域,因此只能把编写本书看作该领域中不断研究和实践的科学技术活动的过程。

本章内容主要包括:讨论电能质量及其标准化的概念(1.1);介绍国际、部分地区和国家的电能质量标准化情况(1.2);国际国内电磁兼容标准化情况(1.3);我国的电能质量及其标准化情况(1.4);对我国电能质量标准体系的构想(1.5)。

1.1 电能质量及其标准化

1.1.1 电能和电能质量

1.1.1.1 “电能”是一种商品

从经济学方面讲,“电能”是一种商品。

无论是在计划经济还是社会主义市场经济时代,“电能”都是电力企业生产出的一种产品,在这个产品中既凝结了生产者的劳动“价值”,又具有现代经济和社会不可或缺的“使用价值”。

由于“电能”具有商品的两大要素——价值和使用价值,因此说“电能”是一种商品。

1.1.1.2 “电能”是一种特殊商品

“电能”是一种特殊商品,表现在:

- ① 它是无形的并且需要在供应方和用户的电网公共点连续存在和传递(供应);
- ② 截止目前它还没有解决大容量储存问题;
- ③ 不管是供应方还是用户,构成电网的任何一个单元发生故障或出现弱化电能质量的因素,都可能致使公用电网的电能质量遭到破坏,因此它的质量要由供用双方及其电力设备的协调来保证;
- ④ 故障产生的时间、地点、范围,故障性质具有很强的不确定性;
- ⑤ 它的暂短故障可能会造成一个区域内用户的巨大经济损失或引发社会安全事件。

1.1.1.3 电能的质量问题

与任何产品一样,“电能”这种产品(商品)也存在一个质量问题。

让我们首先关注一下质量的概念。质量是什么?按 GB/T 19000—2000 的定义,质量是“一组固有的特性满足要求的程度”。这里所谓“固有的”是指在某事或某物本来就有的;“特性”是指可以通过定性或定量加以区分的特征,这种特性可以是物理的(例如机械的、电的)、感官的(例如视觉的、触觉的)、时间的(例如连续的、可靠的)、人体功效的(例如有关人体安全的、舒适的)、功能的等等;而“要求”是指“明示的、通常隐含的或必须履行的需求或期望”,其中隐含的需求或期望是指各有关方面不言而喻的、通常的、符合惯例的需求或期望。

对“电能”而言,从一般意义上讲,它的质量要求应当包括什么呢?就目前的需求或期望而言,应当包括:

- ① 需要的供电电压等级及其允许偏差;
- ② 需要的供电频率等级及其允许偏差;
- ③ 需要的供电电流量值;
- ④ 良好的电压波形(理想的交流电源应当是纯正弦波形,直流应当无纹波);
- ⑤ 不间断连续供电。

上述要求反映的是对公用电网“电能”的理想物理特性,是供需双方的需求和期望。

然而,在公用电网的公共点上保证电能质量并非易事,原因包括:

- ① 影响电能质量的方面复杂,包括供电方电源特性、用电方负荷特性、外部环境、电

力系统中的设备设计、制造、安装等方面；

② 同一个公用电网上的负荷复杂多变难以掌控，局部的故障或质量问题对公用电网上的其它负荷运行可能会造成影响；

③ 同一个电能质量事故难以界定事故的责任方；

④ 高质量要求与高治理成本的矛盾突出。

上述难题造就了“电能”这种特殊商品在质量保证问题上表现出的特殊性。这也是电能质量成为国内外经济技术领域关注的焦点、热点，进而形成一个专业技术领域的重要原因之一。

截止目前，各国用以表示电能质量的问题，或对电能质量提出要求的因素包括：供电连续性、供电电压允许偏差、供电频率允许偏差、谐波、波动和闪变、三项不平衡度、电压暂降、欠电压、操作和雷电过电压、系统振荡等等。

1.1.1.4 电能质量问题应当用经济技术方法去解决

本质上电能质量是一个特殊的经济技术问题，因此只能用特殊的经济技术方法去解决。

优良的电能质量需要供需双方协调一致来实现。但是应当指出，供电网络运营方（或称为电能的供应方）需要责无旁贷地承担起协调电网的供电特性、负载特性、电力设备特性、系统安全和稳定性措施等责任，以优化公用电网的电能质量。

1.1.1.5 电能质量的专业技术领域

研究电能质量问题的最终目的是控制和改善电能质量，因此当把电能质量作为一个专业科学技术问题来研究时，它的研究对象就不仅仅是“电能”的固有特性满足要求的程度了，合乎逻辑的研究对象应当包括：

- ① 电能质量劣化的各种现象、影响因素及其对用户的损害；
- ② 合适的电能质量技术参数和特性的量化指标；
- ③ 适当的电能质量监测分析评估方法；
- ④ 电能质量监测分析评估设备和软件的研究、设计和生产制造；
- ⑤ 电能质量控制和改善方法及其系统和装置的研究、设计、设备选择和安装、检验、操作和维护。

除此之外，还应包括：

- ① 电能质量专业术语及其定义；
- ② 电能质量技术管理体系；
- ③ 电能质量市场（经济）管理规则等等。

1.1.2 电力市场的发展需要电能质量标准化

1.1.2.1 电能供应的主体及其质量监督机构需要电能质量标准化

改革开放后，原来的电力工业部被撤消，原属部门和单位被组建成若干公司并实现企业化管理。经济体制改革将电能供应主体——电力行业推向了开放的市场。

公开、公平、公正交易是开放市场的经济特点之一，这种特点动摇了原电力行业的垄断地位和管理方式。在新的体制下，国家组建了国家电力监管机构；电力企业内部也组建

了质量监督机构,开始实施以质量为中心、以标准为依据、以计量为手段,建立质量、标准、计量三位一体的技术监督体系。而这种体系运转的关键是建立完善的电能质量标准体系。

1.1.2.2 电网的大面积互联和清洁能源的开发利用呼唤电能质量标准化

鉴于我国电能源布局不均,及“西电东送,全国联网”的基本国策,使我国的电力系统潜含了较大风险,一个局部故障可能引发大面积停电的危险。

水能、风能、太阳光伏能、核能、地热、潮汐等清洁或可再生能源的发电和并网利用,已经成为国内外解决能源短缺、改善环境、建立节约型和谐社会的共识。开放的市场需要向众多参与者开放。参与者比例的不断增长,它们对公用电网电压和频率特性的影响在增大。

如何对这种不断变化的公用电网进行有效管理,以保证电网的安全和可靠性?不断完善电能质量标准体系是关键措施之一。

1.1.2.3 负荷特性的复杂化需要电能质量标准的完善和实施

随着现代科学技术的发展,非线性、非周期性、大工业负荷快速增长,它们对公用电网的电能质量造成巨大损害。新的复杂的电网负荷管理模式和方法及其标准化成为国内外电能市场管理部门的新课题。

1.1.2.4 电能用户需要电能质量标准

随着用户(大的工业用户、私人用户、电能消费者)对电能质量概念的认识的加深和维权意识的提高,一方面他们希望购买的商品质量公开透明,以便于自己选择和合理使用;同时也使他们意识到自己的责任和义务,志愿分担合理的治理成本。因此用户同样需要电能质量标准。

1.1.2.5 电气设备制造和经销商需要电能质量标准

提高电能质量需要构成电力系统的所有电气设备(包括发电、输配电、用电设备)的相关特性加以协调和配合,因此电气设备制造和经销商同样需要关注电能质量标准。

1.1.2.6 电能市场秩序需求电能质量标准

为了适应改革开放的需要,国家成立了国家电力监督机构,以监督和维护电能市场秩序,监督和维护电能市场秩序的依据应当是完善的电能质量标准体系。

综上所述,在新的电能市场运行模式不断健全的条件下,作为市场的主体——发电厂、输变电网络运营方、供电网络运营方、设备制造和经销商、监管部门都在呼唤或即将呼唤电能质量标准化热潮的到来。

1.1.3 电能质量标准化是一个过程

什么叫标准?

标准是为了在一定范围内获得最佳秩序,经协商一致制定并由公认机构批准,共同使用的和重复使用的一种规范性文件(见 GB/T 20000.1—2002 的 2.3.2)。

注:标准宜以科学、技术和经验的综合成果为基础、以促进最佳共同效益为目的。

标准分为国际标准、区域标准、国家标准、地方标准、行业标准等。国家标准是由国家标准化机构通过并公开发布的标准。

很显然,我国的国家电能质量标准是规范“电能”这种商品(产品)的质量而为我国共同使用的和重复使用的一种文件,制定这种标准的目的是为了使我我国开放的电能市场秩序获得最佳化,这种标准是经过一定程序,依据协商一致的原则而制定,并由中国国家标准化管理部门批准。

编著本书的主要目的是尽可能全面地解读我国的国家电能质量标准,见第4章至第12章。

什么是标准化?

标准化是为了在一定范围内获得最佳秩序,对现实问题或潜在问题制定共同使用的和重复使用的条款的活动(见 GB/T 20000.1—2002 的 2.1.1)。

我国电能质量标准化工作任重而道远,它包括了电能质量标准体系中所有标准、规范、技术文件的编制、发布、宣传和实施的活动,是一个没有止境的过程。

我们编写此书的目的是服务于国家电能质量标准的宣传贯彻实施,实际上也是电能质量标准化的一个活动和过程。

1.2 国际国外电能质量标准化情况

本节简单介绍 IEC/TC8、欧洲地区、美国、日本、南非和俄罗斯的电能质量标准化情况。

1.2.1 IEC/TC8

1.2.1.1 IEC/TC8 的工作范围和现状

国际电工委员会(IEC)是电工电子技术领域的国际标准化组织,其中的第8技术委员会(TC8)的专业范围为电能供应系统方面。

IEC/TC8 原来的工作范围仅限于标准电压电流和频率的制修订。2003 年,开始把工作范围扩展到电能供应系统的市场服务领域,为此制定了一个标准制修订框架,电能质量标准化是它的重要工作内容之一。

IEC/TC8 计划制定的标准项目和工作有:

- ① 术语。提供一套包括电能质量在内的电能供应市场服务领域的术语和定义。
- ② 开放式市场的电力供应系统功能。建立一个 IEC/TC8 的标准框架文件,并详细说明其工作方法。

1.2.1.2 IEC/TC8 与 IEC/TC77 的关系

IEC/TC77 是有关“电磁兼容”的专业技术委员会,本书的 1.3 节将对其做专门介绍。

“电能供应系统方面”与“电磁兼容”是范围不同,关系又十分密切的两个专业委员会,分别从属于 IEC/TC8 和 IEC/TC77 归口管理。

IEC/TC 77 的 A 分会 IEC/SA 77A 在有关电磁兼容限值和测量评估方法方面有很多经验,对 IEC/TC8 电能质量限值和测量评估方法的标准化工作具有重要的借鉴作用。

SC 77A 与 TC8 在标准制修订方面建立了合作关系,至少在以下问题上可以给予 TC8 提供帮助:

- ① 每个装置谐波发射的评估方法;