

# 电能质量 与节能降损 知识问答

种衍师 孙建华 编

TM92-44  
03



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

013048520

TM92-44  
03

# 电能质量 与节能降损

## 知识问答

种行师 孙建华 编



北航

C1656600

TM92-44  
03



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书从电能质量与节能降损知识普及和应用的角度,以问答的形式较为系统地介绍了电能质量与节能降损的基本知识和应用技术,结合电能质量、无功电压和线损管理人员的需求,将基础理论知识与实际治理措施紧密结合。全书共分为六章,分别为电能质量、谐波、无功电压、新能源、智能电网和节能降损。通过对本书的系统学习,可使电能质量、无功电压和线损管理人员在理论与实践的结合上得到升华,达到事半功倍的效果。

本书可作为电能质量、无功电压和线损管理人员以及电力用户专业技术培训或自学的参考书,同时可作为大专院校相关专业师生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电能质量与节能降损知识问答/种衍师,孙建华编. —北京:中国电力出版社,2013.6

ISBN 978-7-5123-4490-7

I. ①电… II. ①种…②孙… III. ①电能—质量分析—问题解答②电能—节能—问题解答 IV. ①TM60-44 ②TM92-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第109769号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2013年6月第一版 2013年6月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 3.75印张 87千字

印数0001—3000册 定价12.00元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



## 序

随着经济社会的飞速发展，电网规模不断扩大，电能质量问题日益突出。一方面，各种非线性负荷在电网供电负荷中所占比例越来越高，使电能质量被污染而引起供电电压质量下降，同时引起电能损耗增大；另一方面，一些敏感用户对电能质量的要求也越来越高。当前，智能电网的发展对电能质量与节能降损提出了更高的要求。电能质量关系到电力系统和电气设备的安全运行，关系到节能降损，关系到人民群众用电满意度，关系到企业生产及国民经济的总体效益。

《电能质量与节能降损知识问答》的内容涵盖了电能质量知识、谐波基本知识、无功电压知识、新能源基本知识、智能电网知识、节能降损知识等，是一本电能质量与节能降损知识普及和应用的实用型知识读本。该书以问答的形式较为系统地介绍了电能质量与节能降损的基本知识和应用技术，便于电能质量、无功电压和线损管理人员以及电力用户有关人员快速了解和掌握电能质量与节能降损的基本知识，是普及电能质量与节能降损知识难得的一本好书。

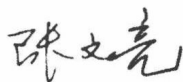
该书的主要作者种衍师同志长期从事电网电能质量及无功电压管理工作，对电能质量、无功电压与节能降损方面有着较深的研究，曾发表相关学术论文数十篇，积累了较丰富的管理经验。相信该书的出版定能得到电能质量、

无功电压和线损管理人员以及电力用户有关人员的欢迎。

希望该书的出版能为广大电力行业有关人员的培训和自学提供有益的帮助，也希望能有更多的人关注和学习电能质量与节能降损知识，更希望有愈来愈多的现场技术管理人员将自己长期积累的现场实践经验进行总结提炼，编写出更多更好电能质量方面的书籍。

国家电网公司总经理助理

电力行业电能质量及柔性输电标委会主任委员



2013年5月



## 前 言

电能作为人们广泛使用的能源，其应用程度是一个国家发达水平和综合国力的主要标志之一。在满足工业生产、社会和人民生活对电能需求量的同时，提高对电能质量的要求是一个国家工业发展、科技水平提高、社会文明程度进步的表现，是信息时代和信息社会发展的必然结果，是增强用电效率、节能降损、改善电气环境、提高国民经济的总体效益以及工业生产可持续发展的技术保证。提高电能质量就需要加强无功电压管理，就需要进行谐波治理；提高电能质量与新能源的利用和智能电网的发展息息相关，与节能降损息息相关，与人民群众用电满意度息息相关。而节能降损不仅关系到供用电企业生产成本和经济效益，还关系到整个国民经济的总体效益，还关系到全社会的长远发展。因此，做好电能质量与节能降损工作，是供用电企业共同的社会责任。

本书根据编者多年的管理和技术培训经验编写而成，全书从电能质量与节能降损知识普及和应用的角度，以问答的形式较为系统的介绍了电能质量与节能降损的基本知识和应用技术。共分为六章，第一章电能质量，主要介绍了电能质量的基本概念、影响电能质量的主要因素、电能质量的标准及监测方法、提高电能质量的技术措施等；第二章谐波，主要介绍了谐波的基本概念、谐波的危害，谐波治理的基本方法和措施等；第三章无功电压，主要介绍了无功补偿的主要方法及重要作用等。以上三章由种衍师编写。第四章新能源，主要介绍了新能源的特点，新能源发电对电能质量的影响等；第五章智能电网，主要介绍了智能电网与电能质量的关系，建设坚强智能电网对于节能降损的重要意义等。以上两章由孙建华编写。第六章节能降损，主要介绍了电能质量及无功补偿与节能降损的关系，并结合现场实际案例，验证了提

高电能质量及装设无功补偿对节能降损所起的重要作用，由种衍师编写。

本书由电力行业电能质量及柔性输电标准化技术委员会副主任委员、中国电力科学研究院教授级高级工程师于坤山和电能质量资深专家、中国电力科学研究院教授级高级工程师林海雪主审，在此深表感谢。同时在编写本书的过程中，编者得到了多位同行的指点，也参考了部分相关书籍，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，加之时间比较仓促，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者和专家提出宝贵意见，以便在下次再版时，使本书吸取众家之长，不断丰富完善，真正起到提高电能质量、无功电压和线损管理人员以及电力用户有关人员知识水平的作用。

编 者

2013年5月



# 目 录

## 序 前言

 <b>第一章 电能质量</b> .....	1
1-1 什么是电能质量? .....	1
1-2 理想的电能质量是什么? .....	2
1-3 电能质量的特征是什么? .....	2
1-4 改善电能质量的意義有哪些? .....	4
1-5 什么是电力系统频率及频率偏差? .....	5
1-6 电力系统频率偏差限值是多少? .....	5
1-7 系统电源频率发生变化会产生哪些影响? 如何应对? .....	5
1-8 什么是电压偏差? .....	6
1-9 发电厂和变电站的母线电压允许偏差值是多少? .....	7
1-10 用户受电端供电电压允许偏差值是多少? .....	7
1-11 电压质量是怎样受到影响的? .....	8
1-12 产生稳态电压偏差的主要原因是什么? .....	8
1-13 什么是三相电压不平衡度? .....	9
1-14 三相电压不平衡度的限值是多少? .....	9
1-15 造成三相电压不平衡的主要原因是什么? .....	10
1-16 什么是电压波动? .....	11
1-17 电压波动的限值是如何规定的? .....	11
1-18 什么是闪变? .....	12
1-19 闪变的限值是如何规定的? .....	12
1-20 产生电压波动和闪变的原因有哪些? .....	13
1-21 电压波动和闪变存在的影响有哪些? .....	13



1-22	电压波动的危害主要有哪些？	13
1-23	电压闪变的危害主要有哪些？	14
1-24	什么是暂时过电压和瞬态过电压？	14
1-25	什么是电压暂降与电压暂升？	15
1-26	什么是断电和电压中断？	15
1-27	用电负荷的分类与电能质量的敏感度有哪些 对应关系？	16
1-28	围绕现代电能质量的管理要做哪些工作？	16
1-29	影响与危害电能质量的因素主要包括哪些方面？	17
1-30	产生电压波动的主要原因是什么？	18
1-31	产生暂时（瞬态）电压扰动的主要原因有哪些？	19
1-32	电力系统中三相电压不平衡（即不对称）有哪些 影响？	19
1-33	电压暂降、中断对供电恢复时间有哪些影响？	20
1-34	电压的调整方式有几种？	20
1-35	调整电压的措施有哪些？	21
1-36	电网运行中电压调整的具体方法有哪些？	23
1-37	公用配电台区及居民用户电压调整工作流程有哪些？	24
1-38	电压监测点的设置原则是什么？	25
1-39	电压质量的统计与计算方法有几种？	26



## 第二章 | 谐波 ..... 28

2-1	什么是谐波？	28
2-2	什么是间谐波？	28
2-3	什么是电压谐波？	28
2-4	公共电网谐波电压限值是如何规定的？	29
2-5	注入公共连接点的谐波电流允许值如何规定的？	29
2-6	谐波产生的主要原因是什么？	31
2-7	谐波的危害有哪些？	31

2-8	谐波对电力电容器有哪些影响？	33
2-9	谐波对电力变压器有哪些影响？	33
2-10	谐波对电力避雷器有哪些影响？	34
2-11	谐波对输电线路有哪些影响？	34
2-12	谐波对电力电缆有哪些影响？	34
2-13	谐波对电力系统其他运行设备有哪些影响？	35
2-14	谐波对继电保护及自动装置有哪些影响？	35
2-15	谐波对继电保护整定有哪些影响？	36
2-16	负荷侧的谐波源对电网的污染情况如何？	36
2-17	谐波对电力用户有哪些影响？	37
2-18	谐波对电动机运行有哪些影响？	37
2-19	谐波对用户补偿电容器有哪些影响？	37
2-20	谐波对用户自动控制装置有哪些影响？	38
2-21	谐波和间谐波对居民生活用电有哪些影响？	38
2-22	谐波对用电安全有哪些影响和干扰？	38
2-23	电能质量对计算机系统有哪些影响？	39
2-24	谐波源主要包括哪些设备？	40
2-25	根据频率和相序特性谐波是怎样进行分类的？	41
2-26	3次谐波产生的特点及影响有哪些？	41
2-27	谐波源根据其特性是如何分类的？	42
2-28	根据谐波波动的规律应包括几种谐波源？	43
2-29	谐波源行业主要有哪些？	43
2-30	谐波源接入电网的审定程序是什么？	44
2-31	谐波治理的意义是什么？	45
2-32	谐波治理的基本方法和措施有哪些？	45



### 第三章 | 无功电压 ..... 48

3-1	什么是无功？	48
-----	--------	----

3-2	无功与电压的关系是什么？	48
3-3	什么是无功补偿？	49
3-4	无功补偿的基本原理是什么？	49
3-5	无功补偿的原则是什么？	49
3-6	无功补偿的意义是什么？	50
3-7	无功补偿有何作用？	50
3-8	采用无功补偿的优点有哪些？	50
3-9	提高负荷的功率因数的主要目的是什么？	51
3-10	什么叫无功补偿装置？	51
3-11	并联电容器的作用有哪些？	51
3-12	并联电抗器的作用有哪些？	52
3-13	同步调相机的作用有哪些？	52
3-14	静止式无功补偿装置 (SVC) 的功能和作用有 哪些？	53
3-15	电网运行中如何减小无功功率的消耗？	53
3-16	低压无功补偿的一般方法有哪些？	54
3-17	什么叫无功功率平衡？	55
3-18	无功功率、电压对用电设备的影响有哪些？	55
3-19	无功功率对电压的影响有哪些？	56
3-20	改善电压质量对无功功率平衡的要求有哪些？	56
3-21	中低压配电网无功补偿配置的原则是什么？	57
3-22	中低压配电网无功补偿通常采取哪几种方式？	57
3-23	10kV 配电线路应怎样进行无功补偿？	58
3-24	配电台区应怎样进行低压无功补偿？	58
3-25	中低压无功补偿装置的类型及特点有哪些？	59
3-26	低压无功补偿装置有哪些？	59
3-27	如何安装低压台区无功优化智能补偿装置？	60
3-28	如何安装支线末端电压提升装置？	60
3-29	如何安装单相电压提升装置？	60

3-30	低压台区无功优化智能补偿装置与支线末端电压提升装置和单相电压提升装置应怎样配合使用？	61
------	--------------------------------------------	----



## 第四章 | 新能源 ..... 62

4-1	新能源的特征与分类有哪些？	62
4-2	新能源常用于发电的主要有哪些？	63
4-3	什么是太阳能？	63
4-4	什么是风能？	63
4-5	什么是生物质能？	63
4-6	什么是核能？	64
4-7	风力发电的特点是什么？	64
4-8	太阳能光伏发电的特点是什么？	65
4-9	生物质能的主要特性有哪些？	65
4-10	核能发电的特点是什么？	66
4-11	风力发电的优缺点有哪些？	66
4-12	太阳能光伏发电的优缺点有哪些？	67
4-13	生物质能发电的优缺点有哪些？	67
4-14	核能发电的优缺点有哪些？	67
4-15	风力发电对电能质量的影响有哪些？	68
4-16	太阳能光伏发电对电能质量的影响有哪些？	69



## 第五章 | 智能电网 ..... 71

5-1	什么是智能电网？	71
5-2	智能电网的特征是什么？	71
5-3	智能电网与电能质量的关系是什么？	72
5-4	什么是坚强智能电网？	72
5-5	为什么必须以坚强为基础来发展智能电网？	72
5-6	建设坚强智能电网对于节能降损有何重要意义？	73

5-7	建设坚强智能电网对于清洁能源发展有何重要作用？	73
5-8	什么是智能用电？	74
5-9	智能用电的特征是什么？	74
5-10	智能用电主要指什么？	75
5-11	智能化用电服务包括哪些内容？	75
5-12	高级量测及控制包括哪些内容？	75
5-13	智能化需求侧管理包括哪些内容？	76
5-14	如何进行远程能效检测与能效诊断？	76
5-15	智能用电的发展目标是什么？	77
5-16	智能用电主要涉及哪些技术领域？	77
5-17	什么是智能电能表？	78
5-18	智能电能表有哪些特色？	78
5-19	智能电能表与传统电能表相比有哪些新功能？	79
5-20	用电信息采集系统的采集用户主要包括哪几种类型？	79
5-21	用电信息采集系统主要有哪几种采集方式？	79
5-22	实施费控管理的方式有哪几种？	80
5-23	用电信息采集终端有哪几种类型？	80
5-24	什么是专用变压器采集终端？	81
5-25	什么是集中抄表终端？	81
5-26	什么是分布式能源监控终端？	81
5-27	双向互动服务的内容和渠道主要包括哪些？	81
5-28	电动汽车主要有哪几种类型？	82
5-29	电动汽车充电模式有哪几类？	82
5-30	电动汽车充电设施有哪几种类型？	83
5-31	什么是交流充电桩？	83
5-32	什么是充电站？	83
5-33	什么是换电站？	84

5-34	电动汽车充电对电网电能质量将产生哪些影响？	84
5-35	什么是智能家居？	84
5-36	智能家居的主要特点有哪些？	85
5-37	智能家居是如何构成的？	85
5-38	什么是智能小区？	85
5-39	智能小区是如何构成的？	86
5-40	智能小区有哪些功能？	86
5-41	太阳能、风能发电能否进入居民家庭？	86



## 第六章 | 节能降损 ..... 88

6-1	电压质量对异步电动机损耗有什么影响？	88
6-2	电压质量对电力变压器损耗有什么影响？	88
6-3	电压质量对电力电容器损耗有什么影响？	89
6-4	电压质量对输电线路损耗有什么影响？	89
6-5	无功与节能降损的关系是什么？	89
6-6	无功对变压器损耗有什么影响？	89
6-7	无功对异步电动机损耗有什么影响？	89
6-8	提高电网的功率因数意义何在？	90
6-9	谐波对电力变压器损耗的影响有哪些？	90
6-10	谐波对电力电容器损耗的影响有哪些？	90
6-11	谐波对输电线路损耗的影响有哪些？	91
6-12	谐波对电力电缆损耗的影响有哪些？	91
6-13	谐波对发电和用电设备损耗的影响有哪些？	91
6-14	三相电压不平衡对负载损耗的影响有哪些？	92
6-15	三相负载不平衡运行对变压器损耗的影响有哪些？	92
6-16	三相负荷不平衡对线路损耗的影响有哪些？	92
6-17	低压三相负荷不平衡对配电网的影响有哪些？	92
6-18	造成三相负荷不平衡及线路损耗的原因有哪些？	93

6-19	降低三相不平衡的技术措施有哪些？	93
6-20	降低有功损耗的技术措施有哪些？	93
6-21	降低三相不平衡及降低有功损耗的管理手段有 哪些？	94
6-22	负序电流对发电机损耗的影响有哪些？	94
6-23	负序电压对电动机损耗的影响有哪些？	94
6-24	负序电流占用系统容量使电网损耗增大的原因 是什么？	95
6-25	无功补偿对线路损耗的作用是什么？	95
6-26	无功补偿对提高功率因数、降低电能损耗的作用 是什么？	95
6-27	无功补偿与功能因数、电能损耗的关系是什么？	96
6-28	提高电压质量，使电压偏差在合格范围内的有效措施 有哪些？	97
6-29	怎样选择无功补偿电容器的容量？	98
6-30	在变电站装设电容器组进行集中补偿对降低电能损耗有 什么效果？	99
6-31	在线路上装设电容器进行无功补偿对降低电能损耗有 什么效果？	99
6-32	改造整组大容量电容器组，对节能降损会带来什么 效果？	100
6-33	配电网络及其台区装设无功补偿后，对节能降损会带来 什么效果？	101
6-34	适当提高输电线路的供电电压对节能降损会带来什么 效果？	101

参考文献	103
------	-----



## 第一章

# 电能质量

### 1-1 什么是电能质量？

电能质量是指公用电网供给用户端交流电能的品质。理想的电能质量是以恒定的频率、正弦波形和标准电压对用户供电。同时，在三相交流中，各相电压和电流的幅值应大小相等、相位对称且互差  $120^\circ$ 。但由于系统中的发电机、变压器和线路等设备非线性或不对称，负荷性质多变，加之调控手段不完善及运行操作、外来干扰和各种故障等原因，这种理想的状态并不存在，因此产生了电网运行、电力设备和供用电环节中的各种问题，也就产生了电能质量的概念。从实用角度出发，电能质量的概念可进一步分解如下：

(1) 电压质量。是指实际电压与理想电压的偏差，反映供电企业向用户供应的电能是否合格的概念。这个定义能包括大多数电能质量问题，但不能包括用电设备对电网电能质量的影响和污染。

(2) 电流质量。反映了与用电负荷有密切关系的电流的状况。这个术语有助于电网电能质量的改善和降低线损，但不能概括大多数因电压原因造成的电能质量问题。

(3) 供电质量。其技术含义是指电压质量和供电可靠性；非技术含义是指服务质量，包括供电企业对用户投诉的反应速度以及电价组成的合理性、透明度等。

(4) 用电质量。包括电流质量与反映供用电双方相互作用和影响中的用电方的责任和义务，例如包括电力用户是否按期、如数缴纳电费等。





因此，电能质量可以定义为导致用电设备故障或不能正常工作的电压、电流或频率的偏差，其内容包括频率偏差、电压偏差、电压波动与闪变、三相不平衡、电压暂降与暂升、短时间电压中断、波形畸变、供电连续性以及供电服务等。

### 1-2 理想的电能质量是什么？

(1) 以单一恒定的电网标称频率（50Hz 或 60Hz，我国采用 50Hz）、规定的电压（单位为千伏或伏，用 kV 或 V 表示）等级（如配电系统一般为 110kV，35kV，10kV，380V/220V）和以正弦波形变化的交流电向用户供电，并且这些运行参数不受用电负荷特性的影响。

(2) 始终保持三相交流电压和负荷电流的平衡。用电设备汲取电能应当保证最大传输效率，即达到单位功率因数，同时各用电负荷之间互不干扰。

(3) 电能的供应充足，即向电力用户的供电不中断，始终保证电气设备的正常工作与运转，并且每时每刻系统中的功率供需都是平衡的。

### 1-3 电能质量的特征是什么？

(1) 电力系统的电能质量始终处在动态变化中。电能从发电生产到用户消耗是一个整体，电能量的流动始终处于动态平衡之中，并且随着电网结构的改变和负荷的变化，在不同时刻、不同连接点，电能质量现象和指标往往是不同的，也就是说整个电力系统的电能质量状态始终处在动态变化中。

(2) 电力系统是一个整体，其电能质量状况相互影响。电能不能大量储存，其生产、输送、分配和转换、消耗几乎是同时进行的。很显然，在电力系统运行过程中电能是不可能更换的。电气连接将供用电双方构筑成一个整体，不论哪个环节引起电能质量问题，都会对相关配电网与设备以及电力用户的