



普通高等教育“十二五”规划教材(高职高专教育)



普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育)

YONGDIAN JIANCHA

用电检查

(第二版)

吴新辉 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材(高职高专教育)



普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育)

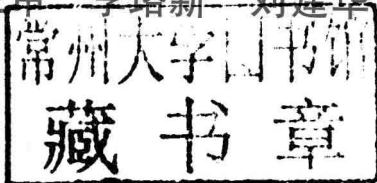
用电检查

(第二版)

主编 吴新辉

编写 陶菊勤 谌祥维 崔向东 吴 萍

主审 李珞新 刘建华



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育），普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育）。

本书共分为八章，主要包括用电检查的内容、范围和意义，用电检查人员的职责、要求及现行的用电检查的标准和法律法规，用电检查人员必须具备的专业知识和技能，各类用电设备的检查标准和规范，安全运行与管理，用电管理、违约用电、电能计量及窃电查处等方面的内容。

本书可作为高职高专电力技术类专业的教材，也可作为供电企业相关工种职业技能鉴定的复习参考书及工程技术人员的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

用电检查/吴新辉主编. —2版. —北京：中国电力出版社，2014.8

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育. 普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高职高专教育

ISBN 978-7-5123-6310-6

I. ①用… II. ①吴… III. ①用电管理—高等教育—教材 IV. ①TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 181562 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](http://www.cepp.sgcc.com.cn)）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 3 月第一版

2014 年 8 月第二版 2014 年 8 月北京第五次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.5 印张 421 千字

定价 35.00 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

前言

电能以其使用方便、清洁、容易控制和转换等优点，已成为国民经济和人民生活必不可少的二次能源。由于电能的生产、输送和使用是在同一时间完成的，这就决定了供电企业和客户是相互依存、相互影响的密切关系。随着电力体制改革的不断深入，按相关法律和规定对电力客户的受（送）电装置和用电行为进行有效的检查、监督，保证正常的供电秩序和公共安全，是供电企业电力营销管理的主要环节。对电力客户检查、监督、指导，帮助客户进行安全、经济、合理用电也是用电检查人员的责任。

用电检查工作政策性强，专业知识涉及面广，提高用电检查人员的业务素质是做好这项工作的基本前提。本教材根据《用电检查管理办法》，针对当前电力营销工作对用电检查人员专业知识、业务水平的要求而编写。

本教材第二版分为八章，第一、二、三、四章由武汉电力职业技术学院吴新辉编写，第五、七章由吴萍编写，第六章第六、七节由陶菊勤（武汉供电公司）编写，本章其余节由崔向东（武汉供电公司）编写，第八章由谌祥维编写。统稿工作由吴新辉完成，审稿由李珞新和刘建华（长沙理工大学）完成。

本教材在编写过程中收集和参阅了各方面的资料，得到武汉电力职业技术学院、武汉供电公司、长沙理工大学电气与信息工程学院有关人员的大力支持和帮助，并提出了宝贵的意见和建议。在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2014年5月

目 录

前言	
第一章 概述	1
第一节 用电检查的内容与范围	1
第二节 用电检查人员的职责和资格	2
第三节 对用电检查人员的要求	3
复习思考题	6
第二章 电能质量	7
第一节 电能质量的标准	7
第二节 电能质量下降对电力系统的危害和影响	9
第三节 提高电能质量的主要措施	11
复习思考题	11
第三章 雷电及防雷设备	12
第一节 雷电的基本知识	12
第二节 避雷针、避雷线	17
第三节 避雷器	21
第四节 变电站防雷保护	27
第五节 配电设备防雷保护	30
第六节 小电机的防雷保护	31
第七节 架空电力线路的保护	32
复习思考题	34
第四章 电气设备绝缘预防性试验	35
第一节 绝缘电阻、吸收比和极化指数的测量	35
第二节 泄漏电流试验	37
第三节 介质损失角正切值试验	39
第四节 绝缘油的电气性能试验	41
第五节 交流耐压试验	43
第六节 直流耐压试验	45
复习思考题	47
第五章 电气设备检查	48
第一节 客户受电工程的设计审核、中间检查及竣工检验	48
第二节 变压器检查	53
第三节 高压开关设备检查	70

第四节	电力电容器检查	81
第五节	电力电缆检查	88
复习思考题		94
第六章	电能计量	95
第一节	电能表	95
第二节	互感器	99
第三节	电能计量装置接线	102
第四节	电能表电能量集中采集系统简介	124
第五节	窃电与反窃电	129
第六节	查窃电程序及注意事项	144
第七节	窃电证据的收集	146
第八节	窃电案件分析	147
第九节	电能计量装置的分类与计量器具的配置	149
复习思考题		153
第七章	安全运行与管理	155
第一节	运行维护	155
第二节	安全组织措施与技术措施	158
第三节	电气安全用具	160
第四节	保护接地与保护接零	173
第五节	双电源与自发电客户安全措施	175
第六节	进网作业电工管理	176
复习思考题		177
第八章	继电保护与自动装置	179
第一节	二次回路的基本概念	179
第二节	控制回路	183
第三节	信号回路	186
第四节	继电保护的基本知识	188
第五节	输电线路的继电保护	196
第六节	变压器的继电保护	204
第七节	小型同步发电机保护	215
第八节	自动重合闸装置	220
第九节	备用电源自动投入装置	223
第十节	发电厂的自动解列装置	226
复习思考题		227
附录一	相关法律法规	229
附录二	____供电（电力）公司继电保护工作单	262
附录三	____供电（电力）公司高压（高供高计）客户用电检查工作单	263

附录四 ____供电（电力）公司____千瓦（千伏安）及以上客户用电检查工作单（不含高供高计） 264

附录五 ____千瓦（千伏安）以下客户用电检查工作单..... 265

附录六 用电检查结果通知书..... 266

附录七 ____供电（电力）公司违章用电、窃电处理工作单..... 267

附录八 违章用电、窃电通知书..... 268

参考文献..... 269

第一章 概 述

随着现代社会的发展，人们对电的依赖程度越来越高，不管是工农业生产、交通运输、商业和服务业，还是日常生活，都离不开电。为了保障电网的安全、稳定、经济运行，维护正常的供用电秩序，保护供用电双方的合法权益，国家在《电力法》中明确规定“对危害供用电安全和扰乱供用电秩序的，供电企业有权制止”，并允许供电企业用电检查人员进入客户进行用电安全检查，指导和帮助客户进行安全、经济、合理的用电。

第一节 用电检查的内容与范围

供电企业应按照规定对本供电营业区内的客户进行用电检查，客户应当接受检查，并为供电企业的用电检查提供方便。

一、用电检查的内容

- (1) 客户执行国家有关电力供应与使用的法规、方针、政策、标准、规章制度情况。
- (2) 客户受（送）电装置工程施工质量检验。
- (3) 客户受（送）电装置中电气设备运行安全状况。
- (4) 客户保安电源和非电性质的保安措施。
- (5) 客户反事故措施。
- (6) 客户进网作业电工的资格、进网作业安全状况及作业安全保障措施。
- (7) 客户执行计划用电、节约用电情况。
- (8) 用电计量装置、电力负荷控制装置、继电保护和自动装置、调度通信等安全运行状况。
- (9) 供用电合同及有关协议履行的情况。
- (10) 受电端电能质量状况。
- (11) 违章用电和窃电行为。
- (12) 并网电源、自备电源并网安全状况。

二、用电检查的范围

用电检查的主要范围是客户受电装置，但被检查的客户有下列情况之一者，检查的范围可延伸到相应目标所在处。

- (1) 有多类电价的。
- (2) 有自备电源设备（包括自备发电厂）的。
- (3) 有二次变压配电的。
- (4) 有违章现象需延伸检查的。
- (5) 有影响电能质量的用电设备的。
- (6) 发生影响电力系统事故需作调查的。
- (7) 客户要求帮助检查的。

(8) 法律规定的其他用电检查。

客户对其设备的安全负责。用电检查人员不承担因被检查设备不安全引起的任何直接损坏或损害的赔偿责任。

第二节 用电检查人员的职责和资格

一、电网经营企业用电检查人员的职责

各跨省电网、省级电网和独立电网的电网经营企业,在其用电管理部门应配备专职人员负责网内用电检查工作。其职责是:

(1) 负责受理网内供电企业用电检查人员的资格申请、业务培训、资格考核和发证工作。

(2) 依据国家有关规定,制定并颁发网内用电检查管理的规章制度。

(3) 督促检查供电企业依法开展用电检查工作。

(4) 负责网内用电检查的日常管理和协调工作。

二、供电企业的用电检查人员的职责

供电企业在用电管理部门配备合格的用电检查人员和必要的装备,依照本办法规定开展用电检查工作。其职责是:

(1) 宣传贯彻国家有关电力供应与使用的法律、法规、方针、政策以及国家和电力行业标准、管理制度。

(2) 负责并组织实施下列工作:

1) 负责客户受(送)电装置工程电气图纸和有关资料的审查;

2) 负责客户进网作业电工培训、考核并统一报送电力管理部门审核、发证等事宜;

3) 负责对承接、承修、承试电力工程单位的资质考核,并统一报送电力管理部门审核、发证;

4) 负责节约用电措施的推广应用;

5) 负责安全用电知识宣传和普及教育工作;

6) 参与对客户重大电气事故的调查;

7) 组织并网电源的并网安全检查和并网许可工作。

(3) 根据实际需要,按本规定的内容定期或不定期地对客户的安全用电、节约用电、计划用电状况进行监督检查。

三、申请用电检查人员必备的条件

申请一级用电检查资格者,应已取得电气专业高级工程师或工程师、高级技师资格;或者具有电气专业大专以上文化程度,并在用电岗位上连续工作5年以上;或者取得二级用电检查资格后,在用电检查岗位工作5年以上。

申请二级用电检查资格者,应已取得电气专业工程师、助理工程师、技师资格;或者具有电气专业中专以上文化程度,并在用电岗位连续工作3年以上;或者取得三级用电检查资格后,在用电检查岗位工作3年以上。

申请三级用电检查资格者,应已取得电气专业助理工程师、技术员资格;或者具有电气专业中专以上文化程度,并在用电岗位工作1年以上;或者已在用电检查岗位连续工作5年

以上。

四、各级用电检查人员的工作范围

三级用电检查人员仅能担任 0.4kV 及以下电压受电的客户的用电检查工作。

二级用电检查人员能担任 10kV 及以下电压供电客户的用电检查工作。

一级用电检查人员能担任 220kV 及以下电压供电客户的用电检查工作。

五、聘任的用电检查人员应具备的条件

(1) 作风正派, 办事公道, 廉洁奉公。

(2) 已取得相应的用电检查资格。聘为一级用电检查人员者, 应具有一级用电检查资格; 聘为二级用电检查人员者, 应具有二级及以上用电检查资格; 聘为三级用电检查人员者, 应具有三级及以上用电检查资格。

(3) 经过法律知识培训, 熟悉与供用电业务有关的法律、法规、方针、政策、技术标准以及供用电管理规章制度。

第三节 对用电检查人员的要求

用电检查工作涉及面广、工作内容多、政策性强、技术业务复杂、工作重要、责任十分重大。因此, 对用电检查人员自身素质的要求也很高, 除了要具备丰富的专业知识外, 还应具备良好的思想道德品质, 并且熟悉国家有关用电工作的法规、政策、方针, 具备良好的政策理解水平。

一、用电检查人员应该具备的专业知识

1. 必备知识

(1) 电工基础理论及知识。

(2) 电动机、发电机、变压器、高低压开关、操作机构、电力电容器和避雷器的原理、结构与性能。

(3) 高压电气设备的交接与预防性试验。

(4) 电能表、互感器的原理、结构、接线及倍率计算。

(5) 一般通用的电气设备, 如电焊机、电弧炉、机床等的用电特性。

(6) 主要用电行业的生产过程和用电特点。

(7) 继电保护与自动装置的基本原理。

(8) 安全用电的基本知识。

(9) 合理与节约用电的一般途径、改善功率因数的方法、单位产品电耗的计算。

(10) 所辖区域的电气系统结构图和接线图。

2. 技能要求

(1) 能讲解一般的电气理论知识。

(2) 能检查发现高、低压电气设备缺陷及不安全因素。

(3) 能现场处理电气事故, 并能分析判断电气事故的原因和指出防止事故的对策。

(4) 能看懂客户电气设计图纸, 包括原理图、展开图、安装图等。

(5) 能看懂电气设备的交接与预防性试验报告。

(6) 能绘制客户的一次系统接线图。

(7) 能正确配备客户的电能计量装置,并能发现错误接线和倍率计算的差错。

(8) 会使用万用表、兆欧表、电流表、电桥、功率因数表等常用电工仪表,会使用秒表测算负荷。

(9) 能指导客户开展安全、合理与节约用电及提高功率因数的工作。

(10) 能发现客户的违章用电和窃电。

(11) 能依照有关规定签订供用电合同。

(12) 能根据现场检查情况撰写用电检查报告。

二、用电检查人员应熟悉的法律法规

1. 电力法律法规

(1) 《中华人民共和国电力法》。

(2) 《电力供应与使用条例》。

(3) 《用电检查管理办法》。

(4) 《居民客户家用电器损坏处理办法》。

(5) 《供电营业规则》。

(6) 《电网调度管理条例》。

(7) 《电力设施保护条例》。

(8) 《供用电监督管理条例》。

2. 相关法律法规

(1) 《中华人民共和国合同法》。

(2) 《中华人民共和国涉外经济合同法》第一条至第六条、第十二条、第十四条、第二十六条至第二十七条、第二十九条、第三十二条至第三十三条、第三十七条至第三十八条。

(3) 《中华人民共和国节约能源法》第二条、第四条、第十二条至第十三条、第十七条、第十九条、第二十一条至第三十一条、第三十七条、第三十九条。

(4) 《中华人民共和国计量法》第四条、第七条、第九条至第十条、第十二条、第二十条。

(5) 《中华人民共和国民事诉讼法》第二十四条至第二十五条、第二百一十七条。

(6) 《中华人民共和国刑法》第三十条至第三十一条、第一百一十八条至第一百一十九条、第一百三十四条至第一百三十五条、第一百三十七条、第一百四十六条、第二百六十四条。

(7) 《中华人民共和国仲裁法》第一条至第九条、第十六条至第二十九条、第三十九条至第五十七条、第六十二条至第六十四条、第七十四条。

(8) 《中华人民共和国民法通则》第九条至第十五条、第四十一条至第四十九条、第一百一十一条至第一百一十六条、第一百三十四条、第一百五十三条。

(9) 《中华人民共和国治安管理处罚条例》第一条至第四条、第十五条。

(10) 《水利电力部门电测、热工计量仪表和装置检定、管理的规定》。

三、用电检查人员应熟悉的电力技术国家标准和行业标准

1. 设计技术

(1) DL/T 621—1997《交流电气装置的接地》。

(2) GB 50052—1995《供配电系统设计规范》。

- (3) GB 50053—1994 《10kV 及以下变电站设计规范》。
- (4) GB 50054—1995 《低压配电设计规范》。
- (5) GB 50059—1992 《35~110kV 变电站设计规范》。
- (6) GB 50060—1992 《3~110kV 高压配电装置设计规范》。
- (7) GB 50062—1992 《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》。
- (8) GB 50227—1995 《并联电容器装置设计规范》。
- (9) SDJ 7—1979 《电力设备过电压保护设计技术规程》。
- (10) SDJ 9—1987 《电测量仪表装置设计技术规程》。

2. 施工验收技术

- (1) GB 50150—1991 《电气装置安装工程 电气设备交接试验标准》。
- (2) GB 50169—1992 《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》。
- (3) GB 50168—1992 《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》。
- (4) GB 50171—1992 《电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》。
- (5) GB 50172—1992 《电气装置安装工程 蓄电池施工及验收规范》。
- (6) GB 50173—1992 《电气装置安装工程 35kV 及以下架空电力线路施工及验收规范》。
- (7) GBJ 147—1990 《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》。
- (8) GBJ 148—1990 《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》。
- (9) GBJ 149—1990 《电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范》。

3. 电业安全工作

- (1) DL 408—1991 《电业安全工作规程 发电厂和变电站电气部分》。
- (2) DL 409—1991 《电业安全工作规程 电力线路部分》。
- (3) DL 558—1994 《电业生产事故调查规程》。
- (4) DL 447—1992 《农村低压电气安全工作规程》。
- (5) DL 493—1992 《农村安全用电规程》。

4. 运行技术

- (1) DL/T 572—1995 《电力变压器运行规程》。
- (2) SD 292—1988 《架空配电线路及设备运行规程 (试行)》。
- (3) DL/T 596—1996 《电力设备预防性试验规程》。
- (4) 《架空送电线路运行规程》电力工业部 (1979) 电生字 53 号。
- (5) 《电力电缆运行规程》电力工业部 (1979) 电生字 53 号。
- (6) 《继电保护及安全自动装置运行管理规程》水利电力部 (1982) 水电生字 11 号。
- (7) DL 499—1992 《农村低压电力技术规程》。

5. 电能质量

- (1) GB/T 15945—1995 《电能质量 电力系统频率允许偏差》。
- (2) GB 12325—1990 《电能质量 供电电压允许偏差》。
- (3) GB 12326—1990 《电能质量 电压允许波动和闪变》。
- (4) GB/T 15543—1995 《电能质量 三相电压允许不平衡度》。

(5) GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》。

6. 合理用电技术

(1) GB 8222—1987《企业设备电能平衡通则》。

(2) GB 5623—1985《产品电耗定额制定和管理导则》。

四、用电检查人员应掌握电网的结构和保护方式

(1) 组成电网的各种电压等级及容量的变电站和各种不同电压等级及长度的电力线路的情况。

(2) 电力系统接线。

(3) 电网与客户的设备分界点。

(4) 电网采用的主要保护方式及所辖客户继电保护、自动装置的配置方案和整定值等。

(5) 常用电网参数和定值。

五、用电检查人员应了解主要用电行业的生产过程和用电特点

1. 生产过程

(1) 生产工艺流程。

(2) 主要物理、化学反应过程。

(3) 原材料及其用途。

(4) 主要设备的规格和容量等。

2. 用电特点

(1) 各生产工序用电比例。

(2) 用电规律。

(3) 主要设备的用电情况、单位产品电耗。

(4) 主要节电技术措施等。

复习思考题

(1) 用电检查的内容有哪些?

(2) 用电检查人员的职责有哪些?

(3) 各级用电检查人员的工作范围如何区别?

(4) 聘任为用电检查职务的人员应具备什么条件?

第二章 电能质量

第一节 电能质量的标准

现代电力系统除了满足电能的供求需要外，还必须保障供电系统及客户对电能质量的要求。电能是电力系统的唯一产品，电能质量的好坏，直接影响电网、工农生产以及人民生活的正常秩序。

电能质量是指供用电客户端的电能品质的优劣程度，通常以供用电双方供电设备产权分界点（或供用电合同规定的售电电能计量装置安装点）的电能质量作为评价依据。电能质量包括频率质量和电压质量两部分。

区分电能质量的优劣，主要考虑电能的频率、幅值、波动及三相的平衡度是否符合国家为电能质量而制定的相关标准。

一、电能质量指标及标准

（一）频率偏差允许值（GB/T 15945—1995）

（1）电力系统正常频率偏差允许值为±0.2Hz。当系统容量小时，偏差值可以放宽到±0.5Hz。

（2）客户冲击负荷引起的系统频率变动一般不得超过±0.2Hz，根据冲击负荷的性质和大小以及系统的条件也可适当变动限制，但应保证近区电力网、发电机组和客户的安全稳定以及正常供电。

（二）供电电压允许偏差（GB 12325—1990）

（1）35kV 及以上供电电压正、负偏差的绝对值之和不超过额定电压的 10%。

（2）10kV 及以下三相供电电压允许偏差为额定电压的±7%。

（3）220V 单相供电电压允许偏差为额定电压的+7%、-10%。电压偏差的计算式为

电压偏差(%) = $\frac{\text{实测电压} - \text{额定电压}}{\text{额定电压}} \times 100\%$

（三）电压波动和闪变的允许值（GB 12326—1990）

（1）电力系统公共供电点，由冲击性功率负荷产生的电压波动允许值见表 2-1。

表 2-1 由冲击性功率负荷产生的电压波动允许值

额定电压(kV)	电压波动允许值 U_t (%)	额定电压(kV)	电压波动允许值 U_t (%)	额定电压(kV)	电压波动允许值 U_t (%)
10 以下	2.5	35~110	2	220 及以上	1.6

（2）电力系统公共供电点，由冲击性功率负荷产生的闪变电压值应满足 ΔU 的允许值，见表 2-2。

表 2-2 由冲击性功率负荷产生的闪变电压值应满足 ΔU 的允许值

应用场合	ΔU 允许值 (%)	应用场合	ΔU 允许值 (%)
对照明要求较高的白炽灯负荷	0.4（推荐值）	一般照明负荷	0.6（推荐值）

(四) 电压不平衡度允许值 (GB/T 15543—1995)

(1) 电力系统公共连接点正常电压不平衡度允许值为 2%，短时不得超过 4%。电气设备额定工况的电压允许不平衡度和负序电流允许值仍按各自标准规定，例如，旋转电机按 GB 755《旋转电机基本技术要求》规定。

(2) 接于公共接点的每一个客户，引起该点正常电压不平衡度允许值一般为 1.3%，根据连接点的负荷状况，邻近发电机、继电保护和自动装置安全运行要求可作适当变动，但必须满足第一条的规定。

(五) 供用电网谐波允许值 (GB/T 148549—1993)

1. 谐波电压限值

公用电网谐波电压限值见表 2-3。

表 2-3 公用电网谐波电压限值

电网标称电压 (kV)	电压总谐波畸变率 (%)	各次谐波电压含有率 (%)	
		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

2. 谐波电流允许值

(1) 公共连接点的全部客户向该点注入的谐波电流分量（方均根值）不应超过表 2-4 中规定的允许值。当公共连接点处的最小短路容量不同于基准短路容量时，表 2-4 中的谐波电流允许值应进行换算。

表 2-4 谐波电流允许值

标准电压 (kV)	基准短路容量 (MVA)	谐波次数及谐波电流允许值 (A)											
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.38	10	78	62	39	62	26	44	19	21	16	28	13	24
6	100	43	34	21	34	14	24	11	11	8.5	16	7.1	13
10	100	26	20	13	20	8.5	15	6.4	6.8	5.1	9.3	4.3	7.9
35	250	15	12	7.7	12	5.1	8.8	3.8	4.1	3.1	5.6	2.6	4.7
66	500	16	13	8.1	13	5.4	9.3	4.1	4.3	3.3	5.9	2.7	5.0
110	750	12	9.6	6.0	9.6	4.0	6.8	3.0	3.2	2.4	4.3	2.0	3.7

注 220kV 基准短路容量取 2000MVA。

(2) 同一公共连接点的每个客户向电网注入的谐波电流允许值按此客户在该点的协议容量与其公共连接点的供电设备容量之比进行分配。

二、电能质量指标运行合格率

各项电能质量指标运行偏差（百分数）应当在国家标准允许偏差以内。考虑到电网结

构、运行方式以及客户用电特性等因素,各项电能质量指标运行合格标准为:

- (1) 连续运行统计期(年、季、月)内电网频率合格率应不低于99.5%。
- (2) 连续运行统计期(年、季、月)内电压合格率应不低于下列值:①专线和10kV及以上客户受电端的电压合格率为98%;②380(220)V客户受电端电压合格率应不低于95%。
- (3) 电压波动与闪变合格率应不低于99%。
- (4) 三相电压不平衡度合格率应不低于98%。
- (5) 电压正弦波畸变合格率应不低于98%。

第二节 电能质量下降对电力系统的危害和影响

一、主要危害设备

正常情况下,电网提供的电压是一个正弦波,但非线性负荷客户的负荷电流是非正弦波的,而畸变电流通过配电变压器等设备流入系统,并在系统内流动,其所经过的各种元件会产生电压降,与基波电压相叠加,从而引起各点的电压波形产生不同程度的畸变。

典型非线性负荷分类如下。

(1) 整流换流设备:含晶闸管、可控硅等半导体器件的电力电子整流换流设备,如交直流换流、交-交变频设备等。

(2) 电弧设备:如电弧炉、弧焊机、日光灯等。

使用非线性负荷的行业包括:

- (1) 冶金。主要应用于整流、换流、轧机、电弧炉、其他电弧、变频调速。
- (2) 化工及电解化工。主要应用于整流、电石炉、电焊。
- (3) 机械。主要应用于整流、轧机、变频、电弧设备。
- (4) 金属、纸类、塑料加工业。主要应用于整流、轧机、变频、电弧炉、电炉。
- (5) 交通。主要应用于电气机车、电车、地铁的整流。
- (6) 通信。主要应用于电台、电话、卫星、广播机房整流。
- (7) 民用。主要应用于日光灯及各类家用电器。

此外,一些小型发配电设备如电力变压器、发电机、铁芯电抗器等含有磁路不对称及饱和特性的设备,也会产生电力谐波。

二、电力谐波的主要危害

(1) 电力谐波对旋转电机和电工设备的主要危害是导致铁损耗和铜损耗增加,设备整体或局部过热,温度上升从而加速绝缘老化,缩短寿命。此外,谐波转矩还会引起电机的振动,从而使噪声增加。

国内外运行经验证明,当电压中的3、5、7次谐波分量达到10%~20%时,旋转电机寿命可能缩短50%~80%。

(2) 谐波对静止设备的影响有两个方面,其中一个方面是谐波电流在设备、网络中产生损耗,在负荷变压器如牵引变压器、电弧变压器及整流变压器以及向谐波负荷供电的供电变压器和输电线路中,上述损耗增加率相当大。

对变压器而言,谐波电流还会引起外壳、外层硅钢片和某些紧固件发热,并可能引起变

压器振动,使噪声增加。

另一方面是谐波电压对电容器及电缆的介质有较大影响,谐波电压以正比于其幅值电压的形式增加了介质的电场强度,从而缩短设备的寿命,而畸变波形峰值过电压直接损害电容器和电缆的介质绝缘。

对电容器组而言,相对偏低的谐波电压可能会引起较大的谐波电流。

此外,在系统中各变电站及客户大都装有不同容量的补偿电容器组,而且这些设备大多要经常投切以改变补偿电容量,这些电容器组容性阻抗与系统及客户各种负荷的感性阻抗组成众多并联和串联回路,从而存在多个并联或串联谐振点,可能会出现谐振放大或完全谐振,造成异常的过电流和过电压,直接危及供电系统及客户的供用电设备甚至造成系统事故。

事实上,统计表明,在由谐波引起的主设备事故中,有约70%发生在电容器组上或由其引发。

(3) 谐波的存在导致某些保护和自动装置误动,严重危及电力系统安全运行。电力系统中以负序滤过器为启动元件,或含对频率及波形敏感的元件的保护和自动装置会因谐波的影响而发生误动作,国内多种型号的距离保护都有因谐波和负序干扰而误动作的记录,有保护因频率误动而不得不退出运行的情况。

此外,谐波的出现会对整流设备的控制和一些数控设备的运行产生干扰。

(4) 谐波影响部分有功及无功计量装置的正确性。有功计量正确性在两方面受影响,其一是感应式电能表在谐波频率下的工作特性会产生变化,其二是谐波源客户会产生谐波有功并送回系统产生发热损耗,这部分功率与基波功率相抵消,最终影响有功电能计量的合理性。

常用的无功功率表计及控制器不能反映含有谐波时的广义无功功率,从而使无功计量及功率因数测控受影响。目前大多数进口的电能计量仪及功率控制器等都能解决上述问题。

(5) 谐波在电网传输过程中通过电容耦合和电磁感应对邻近的通信系统造成干扰,不但损害信号的清晰度,严重时会对通信设备造成损坏。

三、电压波动及闪变的影响

受电压波动及闪变的干扰,最敏感的是电子设备,如计算机、数控生产设备、自控设备、通信仪器和广播电视发射及接收设备以及照明灯具等。随着现代技术的发展,上述设备的种类和数量不断增加,在工农业及居民生活中的应用也越来越广泛,因而受电压波动及闪变影响的程度亦进一步加深。

此外,电压的快速波动会使电动机转速不均匀,直接影响一些产品的质量。

四、三相不平衡的危害

三相电压或电流不平衡产生的主要危害有:

(1) 旋转电机在不对称状态下运行,会使转子产生附加损耗及发热,从而引起电机整体或局部温升。此外,反向磁场产生附加力矩会使电机出现振动。

对发电机而言,在定子中还会形成一系列高次谐波。

(2) 引起以负序分量为启动元件的多种保护发生误动作,直接威胁电网运行。

(3) 不平衡电压使硅整流设备出现非特征性谐波,如2、4次谐波等。

(4) 对发电机、变压器而言,当三相负荷不平衡时,如控制最大相电流为额定值,则其