

## 目 录

第1章 电能质量的基本概念/1
1.1 电能质量的主要内容 2
1.2 关于电磁干扰和电能质量的分类 3
1.2.1 IEC 关于电磁干扰及其对电能质量影响的分类 3
1.2.2 IEEE 关于电磁现象和电能质量的分类 3
1.2.3 根据电能质量及电磁干扰现象特征的分类 5
1.3 中国电能质量标准与主要内容 5
1.3.1 电能质量标准化 5
1.3.2 电能质量国家标准简介 7
1.3.3 电力系统频率 9
1.3.4 供电电压允许偏差 9
1.3.5 三相电压不平衡度 9
1.3.6 电压波动和闪变 10
1.3.7 公用电网谐波 10
1.3.8 暂时过电压和瞬态过电压 11
1.4 关于电能质量的一些概念 12
1.5 动态电能质量 15
1.6 IEEE 电压容限曲线及分类 16
1.6.1 电压容限曲线 16
1.6.2 ITIC 曲线 17
1.6.3 IEEE Std. 1159—1995 中的有关定义 18
1.7 电能质量的研究概况 19
1.7.1 电能质量定义 20
1.7.2 电能质量问题起因 21
1.7.3 电能质量研究意义 21
1.7.4 电能质量特点 22
1.7.5 电能质量分析方法 23
1.7.6 电能质量标准 26
参考文献 27
第2章 电力系统电压偏差/31
2.1 电压偏差的国家标准 31
2.1.1 中国国家标准 GB 12325—1990 31

- 2.1.2 国外电压偏差的标准 32
- 2.2 电压偏差超标的危害 33
  - 2.2.1 电压偏差对用电设备的影响 33
  - 2.2.2 电压偏差对电力系统稳定和经济运行的影响 39
- 2.3 电力系统电压调整 47
  - 2.3.1 有功、无功功率传输对电压水平的影响 47
  - 2.3.2 负荷无功功率与电压水平的关系 49
  - 2.3.3 电力系统电压调整 50
  - 2.3.4 无功电压的自动控制 60
- 2.4 电力系统无功潮流 62
  - 2.4.1 无功电源的优化 62
  - 2.4.2 无功潮流优化的模型及算法 65
  - 2.4.3 电网电压调整标准 74
  - 2.4.4 无功补偿规划原则 76
  - 2.4.5 无功补偿容量的配置 78
- 2.5 无功和电压管理 80
  - 2.5.1 无功和电压管理的目标和方法 80
  - 2.5.2 电压监测点和中枢点的选择 81
  - 2.5.3 电力系统的电压监测 82
  - 2.5.4 电压偏差的统计考核 84
  - 2.5.5 无功功率补偿设备的运行和管理 85
- 参考文献 86

### 第3章电力系统频率偏差/87

- 3.1 电力系统频率概念 87
  - 3.1.1 频率偏差 87
  - 3.1.2 频率的基本属性 87
  - 3.1.3 电力系统频率、电源频率和负荷节点频率 88
  - 3.1.4 频率波动 89
  - 3.1.5 电力系统的频率特性 89
  - 3.1.6 频率突然下降及崩溃 93
  - 3.1.7 频率与电压的关系 95
- 3.2 频率偏差对电力系统的影响 96
  - 3.2.1 影响频率的因素 96

- 3.2.2 系统低频率运行对水电厂的影响 97
- 3.2.3 系统低频率运行对火电厂的影响 98
- 3.2.4 系统低频率运行对负荷的影响 100
- 3.2.5 冲击负荷引起的电力系统频率波动 108
- 3.2.6 电力系统高频率运行的危害 109
- 3.3 电力系统频率的检测与评价 110
  - 3.3.1 电力系统频率的 4 种运行工况 110
  - 3.3.2 电力系统的动态频率 112
  - 3.3.3 电力系统频率的检测 113
  - 3.3.4 电力系统频率的评价 113
- 3.4 电力系统频率偏差的标准和规定 114
  - 3.4.1 国内外有关的标准和规定 115
  - 3.4.2 频率偏差标准和规定的讨论 119
- 3.5 电力系统频率调整 120
  - 3.5.1 频率的一次调整 120
  - 3.5.2 频率的二次调整 122
  - 3.5.3 调频厂的选择 125
- 参考文献 127

#### 第 4 章 电力系统谐波/128

- 4.1 电力系统谐波的基本概念 128
  - 4.1.1 电力系统中正弦波形 129
  - 4.1.2 谐波的定义和性质 129
  - 4.1.3 非正弦波形的有效值和畸变率 132
  - 4.1.4 特征谐波和非特征谐波 134
  - 4.1.5 谐波和非特征谐波 135
  - 4.1.6 谐波计算的等值电路参数 135
- 4.2 电力系统非正弦波形的分析方法 136
  - 4.2.1 非正弦波形及其频域分解 136
  - 4.2.2 非正弦电路的电压和电流 142
  - 4.2.3 非正弦电路的功率和功率因数 145
  - 4.2.4 非正弦波形有功功率、无功功率的时域定义 150
- 4.3 电力系统谐波的来源 152
  - 4.3.1 发电机和电动机 152

- 4.3.2 变压器和电抗器 154
- 4.3.3 电弧的非线性伏安特性 158
- 4.3.4 整流换流装置 159
- 4.3.5 电力机车 161
- 4.3.6 家用电器 163
- 4.4 电力系统谐波潮流计算 163
  - 4.4.1 电网各元件等值电路的谐波参数 164
  - 4.4.2 对称系统的谐波潮流计算 167
  - 4.4.3 谐波潮流的简化算法 168
- 4.5 电力系统谐波测量技术 171
  - 4.5.1 概述 171
  - 4.5.2 非正弦周期信号的采样 172
  - 4.5.3 非正弦波形下常用电量的测量 173
  - 4.5.4 谐波阻抗的测量 184
  - 4.5.5 对电压互感器与电流互感器的要求 189
- 4.6 谐波对电网的影响和危害 191
  - 4.6.1 谐波对电网的影响 192
  - 4.6.2 谐波对高压设备的影响 193
  - 4.6.3 谐波对低压用电设备的影响 196
  - 4.6.4 谐波对继电保护的影响和危害 200
  - 4.6.5 谐波对远动自动装置的影响 202
  - 4.6.6 谐波对通信线路的干扰 203
- 4.7 电力系统谐波的抑制 204
  - 4.7.1 减少谐波源的谐波含量 204
  - 4.7.2 在电容器回路串接电抗器 207
  - 4.7.3 安装交流滤波器 208
  - 4.7.4 采用有源滤波器 209
  - 4.7.5 加大供电系统容量和合理选择供电电压 210
  - 4.7.6 采用相数倍增法 211
  - 4.7.7 谐波对并联电容器的影响 211
  - 4.7.8 电力电容器组的谐波过载能力 215
  - 4.7.9 电容器对系统谐波阻抗的影响 217
  - 4.7.10 并联电容器对谐波电流的放大作用 217
  - 4.7.11 电容器的无功补偿方案 219

- 4.8 交流滤波装置 219
  - 4.8.1 滤波装置接线方式和滤波方案 219
  - 4.8.2 滤波器的滤波效益 221
  - 4.8.3 单调谐滤波器 222
  - 4.8.4 高通滤波器 226
  - 4.8.5 滤波装置参数选择的条件 229
- 4.9 谐波对电能计量的影响 231
  - 4.9.1 引言 231
  - 4.9.2 电能表的分类 231
  - 4.9.3 电能表运行原理 232
  - 4.9.4 谐波引起电能表误差的分析 233
  - 4.9.5 计量误差的改进措施及相关标准 237
- 4.10 电力系统谐波的标准及其管理 238
  - 4.10.1 国外的谐波标准 238
  - 4.10.2 国内公用电网谐波管理的标准 242
  - 4.10.3 家用和低压电器的谐波限制标准 243
  - 4.10.4 对谐波的管理 245
  - 4.10.5 电力系统谐波的监测 246
- 参考文献 248

## 第5章 电压波动与闪变/251

- 5.1 电压波动与闪变的基本概念 251
  - 5.1.1 电压波动 251
  - 5.1.2 闪变 252
  - 5.1.3 灯—眼—脑模型 255
  - 5.1.4 电压波动和闪变的危害 256
- 5.2 电压波动和闪变的标准 257
  - 5.2.1 电压波动和闪变的国家标准 257
  - 5.2.2 我国新老标准以及与国际标准的比较 259
- 5.3 电压波动和闪变的测量 260
  - 5.3.1 电压波动的检测方法 261
  - 5.3.2 IEC 闪变检测方法 265
  - 5.3.3 不同类型的闪变仪 269
- 5.4 电压波动和闪变的产生和抑制 275

5.4.1 电压波动的产生 275

5.4.2 电压闪变的产生 277

5.4.3 电压波动的抑制 279

参考文献 288

## 第6章电力系统三相不平衡/290

6.1 三相不平衡的概念及计算 290

6.1.1 三相不平衡的概念及表达式 290

6.1.2 三相不平衡的计算 294

6.2 三相不平衡的标准及测量 299

6.2.1 三相不平衡的国家标准 299

6.2.2 三相不平衡的测量仪器 301

6.3 三相不平衡的危害及改善措施 304

6.3.1 三相不平衡的危害 304

6.3.2 三相不平衡的改善措施 308

参考文献 312

## 第7章暂时过电压和瞬态过电压/313

7.1 暂时过电压和瞬态过电压的概念 313

7.1.1 电力系统过电压的定义和分类 313

7.1.2 电力系统过电压与绝缘配合 315

7.2 工频过电压的机理与限制 319

7.2.1 空载线路的电容效应与限制方法 319

7.2.2 单相接地时的工频电压升高 322

7.2.3 甩负荷引起的工频电压升高 323

7.3 谐振过电压的机理与限制 325

7.3.1 线性谐振 325

7.3.2 铁磁谐振 329

7.3.3 参数谐振 340

7.4 操作过电压的机理与限制 344

7.4.1 概述 344

7.4.2 单频振荡回路的过渡过程 344

7.4.3 空载线路的合闸和重合闸过电压 348

7.4.4 空载线路的拉闸过电压 350

7.5 雷电过电压的保护 354

参考文献 354

第8章 配电系统可靠性/355

8.1 配电系统可靠性 355

8.1.1 配电系统可靠性的概念 355

8.1.2 配电系统可靠性工作的重要性 355

8.1.3 配电系统供电可靠性的概念 356

8.1.4 供电可靠性评价指标与计算公式 357

8.1.5 可靠性统计的有关规定 361

8.2 配电系统可靠性准则 364

8.2.1 电力系统可靠性准则 364

8.2.2 配电系统可靠性准则 366

8.3 我国城市电力网可靠性的规定 366

8.3.1 概述 366

8.3.2 城市电力网对可靠性的一般要求 367

8.3.3 城市电力网可靠性标准 368

8.3.4 城市电力网可靠性应用 370

8.4 以元件组合关系为基础的配电系统可靠性预测方法 373

8.4.1 配电系统可靠性预测评估指标 374

8.4.2 简单放射状网络的评价 377

8.4.3 复杂网络的评价 383

8.5 配电系统缺电和停电损失的计算 389

8.6 配电系统可靠性经济评价 391

8.6.1 经济评价的原则 391

8.6.2 常用的可靠性经济评价方法 391

8.7 提高配电系统可靠性的措施 393

8.7.1 防止故障的措施 393

8.7.2 改善系统可靠度的措施 396

8.7.3 加速故障探测及故障修复 397

8.8 提高配电系统可靠性措施实施效果的计算 399

8.8.1 提高配电系统可靠性措施的效果分析 399

8.8.2 提高可靠度措施效果分布的计算方法 400

参考文献 402

第9章电压跌落/403	
9.1 电压跌落概述 403	
9.1.1 电压跌落的相关概念 403	
9.1.2 电压跌落的原因 404	
9.1.3 电压跌落的研究现状 404	
9.2 电压跌落的危害性 405	
9.2.1 概述 405	
9.2.2 电压跌落对计算机及电子设备的影响 406	
9.2.3 电压跌落对交流驱动设备的影响 410	
9.3 电压跌落的标准 421	
9.4 电压跌落值的测量和计算 422	
9.4.1 电压跌落幅值计算的基本方法 422	
9.4.2 同时计算电压跌落幅值和相位跳变的算法 423	
9.4.3 电压跌落持续时间的测量 425	
9.5 抑制电压跌落的措施 426	
9.5.1 概述 426	
9.5.2 动态补偿技术 428	
9.5.3 动态电能质量调节装置介绍 431	
参考文献 432	