

无功电压与优化

技术问答

姜 宁 王春宁 董其国 编

WUGONGDIANYA YU YOUHUA JISHU WENDA



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

无功电压与优化

技术问答

姜 宁 王春宁 董其国 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书从电力科学技术的普及和应用角度,围绕着无功电压与优化的知识,以问答的形式,介绍了无功电压与优化技术的概念和一些新技术应用方面的内容。

本书分无功电压技术与管理、无功电压优化、无功电压控制装置与系统三大篇,共八章。主要内容包括无功电压与优化的相关概念、无功电压技术、无功电压管理、技术与管理优化、无功电压装置优化、无功电压优化控制、控制装置与系统概述、装置与系统介绍。同时,还通过附录给出部分地区无功优化的措施和示例。

本书与《电能质量技术问答》、《线损与节电技术问答》等技术书籍配套,诠释了无功功率、无功电压优化、无功技术与管理等领域的基本理论、名词概念及一些全新的装置及应用,深入浅出地论述和介绍了相关的技术措施和对策。

可作为无功电力技术人员的培训教材,供从事电力生产、运行、管理、工程建设、技术监督及厂矿电力技术专业的工程技术人员、管理人员学习参考,也可供相关大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

无功电压与优化技术问答/姜宁,王春宁,董其国编
-北京:中国电力出版社,2006
ISBN 7-5083-3693-3

I. 无… II. ①姜…②王…③董… III. 电力系统—无功功率—问答 IV. TM714-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 129043 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 6 月第一版 2006 年 6 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 296 千字
印数 0001—3000 册 定价 22.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言



无功电压与优化控制,是供电企业和电力用户广泛关注和高度重视一项重要工作,随着电力网的快速发展和对电能质量的要求越来越高,无功电压问题已直接影响到供用电的安全稳定运行和社会经济建设。因此,要确保电力系统的安全和可靠运行,必须重视和强化无功电压工作,才能有效提高电力能源的综合利用率,改善我国电力能源日益紧缺的局面,向全社会提供更多的优质电力资源,保障全社会的经济建设和高速发展。

对于电力系统,通过采用有效的无功补偿技术可以提高电网安全运行的能力,提高末端电压和保证供电质量;对于用电企业,较大功率的用电设备,采取就地补偿措施可取得提高电能质量,降低无功损耗的节能效果。我国电力系统每年线路损耗万 604kWh,在 1998 年开始的城乡电网改造和建设中,要求降低线损 10%,如果通过无功补偿技术使线损降低 2%,就可以节省电力 12 亿 kWh。而对于用电企业,据统计,全年电动机耗电量为 2900 亿 kWh,线路损耗按 10% 计算,则由此产生的线损约为 290 亿 kWh,如果全国有 20% 的电动机采用无功补偿技术,使电动机的平均功率因数由 0.85 提高到 0.95,则每年可以降低网损 11.6 亿 kWh,由此将为企业和社会带来巨大的效益。因此,我们要确立无功同样是资源的观念。像节约有功资源一样来珍惜无功资源,像重视有功损失一样来重视无功损耗。要加强宣传节约无功的重要意义,以重视和自觉进行无功补偿与节能用电,提高全社会供用电的经济效益和社会效益。

为全社会供用电的安全、经济和可靠运行服务,为电力科普和应用服务,为普及无功电压与优化的相关知识、技术和规范,交流同行之间的认识、经验和思想,推动电力系统管理水平和综合素质的不断提高,正是我们编写本书的初衷和根本宗旨。

在本书的编写过程中,我们得到了江苏省电力公司刘成民和郑爱霞高工的大力支持与帮助,并查阅了大量的技术档案和文献,还参考了有关专家及专业工作者提供的宝贵资料、现场案例、技术经验,特别是收集了很多地区值得借鉴的典型案例分析、业务规范和治理措施,并在完稿后约请南京供电公司陈刚,国电南瑞白钟、周邗飞,国电南自金文凯、蒋衍君等专家进行会审,在此谨表示衷心的感谢。感谢专家们提供的热情支持,由于专业水平和知识面所限,错误和不妥之处恳请批评指正,不胜感谢。

编者

目 录



前言

第一篇 无功电压技术与管理

第一章 相关概念

1

1. 什么是无功功率?	1
2. 无功功率的作用与影响是什么?	1
3. 什么是功率因数?	2
4. 影响功率因数的主要因素有哪些?	2
5. 什么是自然功率因数?	3
6. 什么是瞬时功率因数和加权平均功率因数?	3
7. 提高功率因数的作用是什么?	3
8. 什么是无功补偿?	4
9. 无功补偿提高功率因数的基本原理是什么?	5
10. 无功补偿的主要作用有哪些?	5
11. 无功补偿提高设备供电能力的基本原理是什么?	6
12. 无功补偿降低电网功率损耗的基本原理是什么?	6
13. 无功补偿改善电压质量的基本原理是什么?	7
14. 无功补偿提高用户经济效益的基本原理是什么?	7
15. 什么是零补偿?	7
16. 什么是欠补偿?	8
17. 什么是过补偿?	8
18. 什么是全补偿?	8
19. 什么是相补偿?	8
20. 什么是随器补偿?	8
21. 什么是随机补偿?	9
22. 什么是集中补偿?	9
23. 什么是跟踪补偿?	9
24. 什么是“静补”和“动补”?	10

25. 什么是“串补”?	10
26. 什么是无功功率平衡?	10
27. 什么是经济功率因数?	11
28. 经济功率因数的确定原则是什么?	11
29. 什么是无功功率经济当量?	11
30. 无功功率经济当量如何确定?	12
31. 什么是电力系统的静态稳定?	12
32. 什么是电力系统的暂态稳定?	12
33. 什么是电力系统的动态稳定?	12
34. 什么是电力系统的电压稳定?	12
35. 什么是电力系统的频率稳定?	13
36. 接地变压器功能有哪些?	13
37. 无功补偿的电源装置包括哪些?	13
38. 电力电容器是怎样进行无功补偿的?	13
39. 无功补偿电容器的特点有哪些?	14
40. 如何合理选择和应用无功补偿电容器?	15
41. 什么是饱和电抗器?	15
42. 什么是限流电抗器?	15
43. 什么是滤波电抗器?	16
44. 什么是可控电抗器?	16
45. 并联电抗器的主要作用有哪些?	17
46. 串联电抗器的主要作用有哪些?	17
47. 输电架空线路是怎样进行无功补偿的?	18
48. 紧凑型输电技术的特点是什么?	19
49. 同步发电机是怎样进行无功补偿的?	19
50. 同步调相机是怎样进行无功补偿的?	19
51. 同步发电机调相运行是怎样进行无功补偿的?	20
52. 什么是同步发电机进相运行?	20
53. 什么是同步电动机进相运行?	20
54. 什么是同步电动机迟相运行?	20
55. 异步电动机同步化运行是怎样进行无功补偿的?	21
56. 什么是静止无功补偿器 (SVC)?	21
57. SVC 的技术特点、类型和应用范围有哪些?	21
58. 什么是静止无功发生器 (SVG)?	22
59. 不同类型无功电源的性能与特点各有哪些?	22
60. 电力系统无功电源建设的要求有哪些?	24
61. 什么是灵活交流输电技术?	24

62. 什么是灵活交流配电技术?	25
63. 什么是电压质量?	26
64. 无功功率对电压的影响有哪些?	27
65. 电源电压受负载干扰的影响有哪些?	27
66. 电源电压波动的影响有哪些?	28
67. 电源电压升高的影响有哪些?	28
68. 电源电压降低的影响有哪些?	28
69. 电网电源谐波的影响有哪些?	29
70. 三相电压不平衡的影响有哪些?	29
71. 电压偏差对不同性质负荷的影响有哪些?	30
72. 电压的调整方法有哪些?	30
73. 什么是对称调压?	31
74. 什么是超前调压?	31
75. 什么是线路补偿调压? 什么是功率补偿调压?	31
76. 变压器并联运行控制调压的方式有哪些?	32
77. 什么是逆调压方式?	32
78. 什么是顺调压方式?	32
79. 什么是恒调压方式?	32
80. 传统的电压调节方式存在哪些问题?	32
81. 什么是无功电压优化控制?	33
82. 三级电压控制模式的结构和特点有哪些?	35
83. 全局模式的无功电压控制特点是什么?	35
84. 变电站无功电压控制存在哪些主要问题?	36
85. 什么是无功电压综合控制器 (VQC)?	37
86. 什么是电压监测点?	38
87. 电压监测点应如何设置?	38
88. 什么是电压中枢点?	39
89. 电压中枢点应如何选择?	39
90. 什么是供电可靠性?	39
91. 什么是供电可靠率?	40
92. 提高配电网供电可靠性的措施有哪些?	40
93. 什么是现代配电系统?	40
94. 现代配电系统应具备哪些功能?	41
95. 什么是配电网综合自动化功能?	41
96. 什么是供用电在线监测与控制功能?	41
97. 什么是电能量集中管理功能?	42
98. 什么是配电变压器运行参数管理功能?	42

99. 什么是配电系统分析功能?	42
100. 什么是开闭所的管理功能?	42

第二章 无功电压技术

44

101. 无功补偿的相关要求有哪些?	44
102. 不同电压等级无功补偿的技术特点有哪些?	44
103. 计算无功功率平衡的内容包括哪些?	44
104. 无功平衡的无功电源有哪些要求?	45
105. 电源侧无功就地平衡的要求有哪些?	45
106. 输变电系统无功平衡的要求有哪些?	46
107. 配电系统无功平衡的要求有哪些?	46
108. 配电系统无功平衡的措施有哪些?	46
109. 配电系统无功补偿和无功平衡的问题有哪些?	47
110. 发电机无功功率调节的原理是什么?	48
111. 无功潮流是否合理分布有哪些影响?	49
112. 无功补偿位置和容量对系统有哪些影响?	49
113. 无功补偿方法的选择依据是什么?	50
114. 无功功率测量的方法有哪些?	50
115. 无功测量目前存在哪些问题?	51
116. 配电网无功优化目前存在哪些问题?	51
117. 谐波对补偿电容器存在哪些影响?	51
118. 无功倒送存在哪些影响?	51
119. 配电网无功补偿的技术措施有哪些?	52
120. 配电网的无功补偿方式有哪些?	52
121. 变电站集中补偿方式与无功优化控制的特点有哪些?	53
122. 低压集中补偿方式的特点有哪些?	54
123. 杆上补偿方式的特点有哪些?	54
124. 用户终端分散补偿方式的特点有哪些?	55
125. 如何综合考虑选择无功补偿方案?	55
126. 如何决定无功补偿容量?	55
127. 配电变压器无功补偿的要求有哪些?	56
128. 用电企业无功补偿方法通常有哪几种?	57
129. 低压无功补偿容量如何确定?	58
130. 电动机无功补偿容量如何确定?	58
131. 如何按配电变压器容量确定补偿容量?	59
132. 如何按估算法确定补偿容量?	60

133. 补偿电容器的接线方式有哪些特点?	61
134. 无功补偿电容器在运行和操作中应注意哪些问题?	61
135. 相间电容器的电容差值有哪些要求?	62
136. 电容器的运行性能有哪些要求?	62
137. 电容器的放电装置有哪些要求?	62
138. 电容器的操作顺序有哪些要求?	62
139. 并联电容器的保护设置有哪些要求?	63
140. 电容器保护熔断器的要求有哪些?	63
141. 并联电容器组安装后的验收试验有哪些要求?	64
142. 为什么单相负荷为主的低压电网应采取分相补偿的方式?	64
143. 低压电动机就地补偿装置设置应符合哪些要求?	64
144. 无功补偿电容器投运涌流的计算方法是什么?	66
145. 抑制电容器涌流的措施有哪些?	66
146. 断路器上并联电阻抑制涌流示例。	67
147. 低压集中补偿电容器装置的要求有哪些?	68
148. 低压集中补偿装置电容器放电电阻的要求有哪些?	69
149. 低压集中补偿装置安装的要求有哪些?	69
150. 低压集中补偿装置连接导线的要求有哪些?	69
151. 低压集中补偿装置安装环境的要求有哪些?	69
152. 集中补偿装置元件安装的距离要求有哪些?	70
153. 集中补偿装置电容器的外绝缘要求有哪些?	70
154. 无功补偿柜的常见故障怎样处理?	70
155. 补偿设备不同控制方式的性能与特点各有哪些?	70
156. 无功补偿装置在配电网中如何合理配置?	71
157. 无功补偿装置在配电网中配置示例。	72
158. 调容式补偿电容器有哪些特点?	72
159. 电缆线路如何进行电抗器补偿?	73
160. 农网无功补偿方式及电容器容量如何确定?	73
161. 农村变电站无功补偿目前存在哪些问题?	75
162. 35kV 变电站 10kV 母线无功补偿的技术措施有哪些?	75
163. 10kV 配电线路无功补偿的技术措施有哪些?	76
164. 电力系统无功补偿配置基本原则是什么?	76
165. 500 (330) kV 电压等级变电站无功补偿配置的要求有哪些?	77
166. 220kV 变电站无功补偿配置的要求有哪些?	77
167. 35 ~ 110kV 变电站的无功补偿配置的要求有哪些?	78
168. 10kV 及其他电压等级配电网无功补偿配置的要求有哪些?	78
169. 电力用户无功补偿配置的要求有哪些?	78

170. 电容器在 220kV 变电站如何合理投切?	78
171. 电容器容量安装倒置的原因有哪些?	79
172. 提高电压质量的技术措施有哪些?	79
173. 怎样根据平衡无功功率选择电压调整方式?	80
174. 10kV 配电线路的调压措施有哪些?	80
175. 电网调压措施有哪几种?	80
176. 有载调压变压器的局限性有哪些?	81
177. 有载调压可能受到哪些影响?	81
178. 如何合理选择企业供电电压等级?	82

第三章 无功电压管理

83

179. 无功电压管理的内容有哪些?	83
180. 无功电压管理的措施有哪些?	83
181. 无功电压管理的要求有哪些?	84
182. 无功电压管理存在的问题有哪些?	85
183. 如何加强对电网无功电压工作的管理?	86
184. 如何加强对并网电厂无功电压的技术监督?	86
185. 如何加强对接入电网用户无功设备的管理?	87
186. 如何加强电容器补偿装置安全运行管理?	87
187. 电力系统和用户受电端的电压监测与考核内容有哪些?	90
188. 发电厂、变电站的调压及无功补偿设备的管理措施有哪些?	90
189. 怎样提高配电系统的运行管理水平?	91
190. 如何进行电力系统和用户受电端的电压监测与考核?	92
191. 如何管理电力用户的功率因数及无功补偿设备?	92
192. 如何建设电力系统无功电源?	93
193. 无功电压安全控制的管理要求有哪些?	93
194. 为什么无功功率在电网中的流动不可能完全避免?	93
195. 减少无功功率在电网中流动的办法有哪些?	94
196. 县级电网无功补偿的合理配置原则有哪些?	94
197. 提高自然功率因数的管理措施有哪些?	95

第二篇 无功电压优化

第四章 无功电压技术与优化

96

1. 什么是无功电压优化?	96
---------------------	----

2. 无功电压优化的技术要求和功能要求有哪些?	96
3. 无功电压优化的技术特点有哪些?	97
4. 无功电压优化的技术措施有哪些?	98
5. 什么是无功优化三分二法则?	98
6. 17 区域的调节原理是什么?	98
7. 县区电网无功电压优化控制系统应用示例?	101
8. 配电网无功负荷的最优补偿包括哪些?	103
9. 中压配电线路无功优化补偿如何确定?	104
10. 为什么要重视低压配电网的无功优化?	105
11. 低压配电线路无功优化怎样分类?	106
12. 低压配电线路无功优化配置步骤与方案有哪些?	106
13. 无功补偿优化的改进措施有哪些?	107
14. 无功功率自动补偿是怎样计算的?	107
15. 无功功率自动补偿效益计算示例?	108
16. 无功电压优化中遗传算法有哪些应用?	109
17. 变电站无功电压优化控制的要求有哪些?	110
18. 如何对变电站无功电压优化控制?	111
19. 无功电压优化运行集中控制系统应用效果示例?	111
20. VQC 软件实施无功电压优化控制应注意哪些问题?	113
21. 无功电压优化管理存在哪些问题?	114
22. 无功电压管理优化问题的对策有哪些?	115
23. 无功电压管理优化的措施有哪些?	116
24. 无功补偿的原则是什么?	117
25. 系统变电站的功率因数是怎样规定的?	118
26. 什么是无功补偿动态规划的“阶段”?	118
27. 什么是无功补偿动态规划的“决策”?	118
28. 什么是无功补偿动态规划的“策略”?	118
29. 什么是无功补偿动态规划的“目标函数”?	119
30. 什么是无功补偿动态规划的“约束条件”?	119
31. 什么是无功补偿装置的安全性评价?	119
32. 无功补偿装置安全性评价的项目、办法和评分标准示例?	119

第五章 无功电压装置优化

121

33. 什么是动态无功补偿装置?	121
34. 无功补偿装置进行调整及优化的方法有哪些?	122
35. 新型高压电容器包括哪些类型?	123

36. 静止补偿器的类型有哪些?	124
37. 什么是 TCR 型补偿器?	124
38. 什么是 TSC 型补偿器?	125
39. 什么是 SR 型静止补偿器?	127
40. 什么是晶闸管投切滤波器 (TSF)?	127
41. 晶闸管串联调压电容器是怎样进行无功补偿的?	127
42. 晶闸管控制的串联电容 (TCSC) 是怎样进行无功补偿的?	128
43. 晶闸管控制的串联电容 (TCSC) 具有哪些新功能?	128
44. 静止无功发生器 (SVG) 是怎样进行无功补偿的?	129
45. SVG 与 SVC 相比的优点有哪些?	130
46. 如何对无功补偿控制器进行选择?	130

第六章 无功电压控制优化

132

47. 无功电压自动控制系统从功能上如何划分?	132
48. 什么是局部电压控制?	132
49. 什么是区域电压控制?	132
50. 区域电压控制的功能通常有哪些?	132
51. 什么是全系统电压控制?	133
52. 无功功率的控制和管理一般在哪些运行方式下进行?	133
53. 如何衡量 VQC 的控制能力?	134
54. VQC 控制过程中有哪些不确定因素?	134
55. 如何估算无功设备动作对系统的影响?	134
56. 发电厂也有与 VQC 类似的产品吗?	135

第三篇 无功电压控制装置与系统

第七章 控制装置与系统概述

136

1. 低压无功补偿装置技术有哪些发展?	136
2. 低压无功补偿装置是怎样分类的?	136
3. 电容器补偿装置的投切开关有哪些方式?	137
4. 电容器补偿装置的投切开关有哪些特点?	137
5. 如何合理选择机电一体化复合开关装置?	137
6. 无功补偿装置数据交换的通信接口有哪些?	138
7. 无功补偿装置运行参数有哪些?	138
8. 无功补偿装置的保护有哪些?	138

9. 无功补偿过零控制功率电子阀装置有哪些发展?	138
10. 过零控制电子阀无功补偿设备具有哪些特点?	139
11. 无功补偿装置过零控制机械开关的特点是什么?	139
12. 区域无功电压监控系统的基本功能有哪些?	140
13. 无功电压监控系统功能是如何实现的?	140
14. 无功电压监控系统调节的控制策略有哪些?	140
15. 无功电压监控系统软件由哪些模块组成?	141
16. 农网无功补偿优化配置装置有哪些?	141
17. 城网无功补偿优化配置模式有哪些?	141
18. 无功补偿装置目前有哪些应用研究?	141
19. 低压动态无功补偿装置有哪几种?	142
20. 低压动态无功补偿装置技术性能比较示例。	142
21. 低压无功补偿装置技术选择的要求有哪些?	142
22. 低压无功补偿装置应用选择的要求有哪些?	143
23. 无功补偿装置结构的检查方法有哪些?	143
24. 无功补偿装置按元件的安装要求进行检查的方法有哪些?	144
25. 无功补偿装置出厂与型式试验项目有哪些?	144

第八章 装置与系统介绍

146

26. DWK—Ⅱ型电压无功综合控制装置。	146
27. DWBP 动态无功补偿屏。	147
28. GWBZ 高压电压无功补偿综合自动调节装置。	148
29. 配电运行综合测控仪的原理与功能。	149
30. 高压无功电压自动综合调节成套装置设计选用规格。	151
31. XBQ 型电动机无功就地补偿器 (箱)。	152
32. VCLD 系列 TSC 低压动态无功补偿及谐波滤波装置技术参数。	153
33. DWK3—110/B 型变电站电压无功自动控制装置。	155
34. GWZX—10 配电线路无功自动补偿装置。	155
35. 一种新型变电站 10kV 系统电压无功综合控制装置。	157
36. PSV600 变电站电压无功综合控制系统原理与控制策略。	160
37. PSV600 变电站电压无功控制系统的主要功能设计。	163
38. PSV600 控制系统的工程实施方案。	164
39. PSV600 控制系统的性能特点。	165
40. SVC 高压动补滤波装置。	166
附录	167
1. 南京地区无功电压优化的措施与对策示例。	167

2. 区域电网无功电压优化控制系统示例。	170
3. 地区无功电压优化控制方案示例。	175
4. 地区无功管理标准示例。	178
5. 无功电压管理工作总结示例。	182
6. 某经济技术开发区供电管理办法示例。	184
7. 南京某区无功优化运行集中控制系统参数设置。	190
8. 江苏电网 220kV 变电站受电功率因数合格率统计方法。	191
9. 江苏地区预防电容器装置事故的技术措施 (修改稿)。	193
参考文献	196
后记	197

相 关 概 念

1. 什么是无功功率?

电网中电力设备大多是根据电磁感应原理工作的,它们在能量转换过程中建立交变磁场,在一个周期内吸收的功率和释放的功率相等。电源能量在通过纯电感或纯电容电路时并没有能量消耗,仅在用电器与电源之间往复交换,由于这种交换功率不对外做功,因此称为无功功率。无功功率反映了内部与外部往返交换能量的情况,但是它并不像有功功率那样表示单位时间所作的平均功率,无功功率的符号用 Q 表示,单位为乏 (var)、千乏 (kvar)、兆乏 (Mvar)。

2. 无功功率的作用与影响是什么?

1. 无功功率的作用

电网中无功功率的作用很大,电动机需要从电源吸取的无功功率来建立和维持旋转磁场以使其正常运转;变压器需要无功功率通过一次绕组建立和维持交变磁场才能在二次绕组感应出电压。因此,电感性用电设备不但需要从电源取得有功功率,还必须从电源取得无功功率才能满足运行的要求。

2. 无功功率的影响

如果电网中的无功功率不足,致使用电设备没有足够的无功功率来建立和维持正常的电磁场,就会造成设备的端电压下降,不能保证电力设备在额定的技术参数下工作,从而影响用电设备的正常运行。

(1) 降低有功功率,使电力系统内的电气设备容量不能得到充分利用。因为发电机或变压器都有一定的额定电流和额定电压,在正常情况下是不容许超过的,根据 $P = UI \cos \varphi$,若功率因数降低,则有功功率将随之降低,使设备容量不能得到充分利用。

(2) 增加输、配电线路中的有功功率和电能损耗。设备功率因数降低,在线路输送同样有功功率时,线路中就会流过更多的电流,使线路中的有功功率损耗增加。

(3) 使线路的电压损失增加。使负载端的电压下降,有时甚至低于允许值,从而严重影响电动机及其他用电设备的正常运行。特别在用电高峰季节,功率因数太低,会出现大面积的电压偏低。

原国家电力公司在《供电所线损管理办法》(国电农[1999]652号文)中规定:农村生活和农业线路功率因数不小于0.85;

工业、农副业专用线路功率因数不小于 0.90。为了鼓励用电单位提高功率因数，国家规定了功率因数调整电费的方法。变压器容量在 315kVA 及以上容量的工业客户的功率因数标准为 0.90；变压器容量在 100 ~ 315kVA 的工业客户功率因数标准为 0.85；变压器容量在 100kVA 及以上的农业客户功率因数标准为 0.80。当客户月用电平均功率因数高于标准值时，以减少电费的形式进行奖励，功率因数越高，奖励的比例越大。反之，功率因数低于标准值，将以增加电费的形式进行惩罚，功率因数越低，惩罚的比例越大，上交电费就越多。

3. 提高功率因数的途径

- (1) 减少电力系统中各个部分所需的无功功率，特别是减少负载的无功功率消耗。
- (2) 进行无功补偿。

3. 什么是功率因数？

供用电系统中运行的电力设备，如电动机、变压器等，属于既有电感又有电阻的感性负载，电感性负载的电压和电流的相量之间存在着一定的相位差，相位角的余弦 $\cos\varphi$ 称为功率因数，又称为力率。它是有功功率与视在功率之比，即

$$\cos\varphi = P/S$$

功率因数是反映电力用户用电设备合理使用状况、电能利用程度及用电管理水平的一个重要技术指标，功率因数的高低取决于负荷性质。

三相功率因数的计算公式为

$$\cos\varphi = P/S = P/\sqrt{P^2 + Q^2}$$

式中 $\cos\varphi$ ——功率因数；

P ——有功功率，kW；

Q ——无功功率，kvar；

S ——视在功率，kVA。

功率因数通常分为自然功率因数、瞬时功率因数和加权平均功率因数三种类型。

4. 影响功率因数的主要因素有哪些？

1. 用电设备的影响

大量的电感性设备，如异步电动机、感应电炉、交流电焊机等设备是无功功率的主要消耗对象。据有关的统计，在工矿企业所消耗的全部无功功率中，异步电动机的无功消耗占了 60% ~ 70%；而在异步电动机空载时所消耗的无功又占到电动机总无功消耗的 60% ~ 70%。所以要改善异步电动机的功率因数就要防止电动机的空载运行并尽可能提高负载率。

2. 运行变压器的影响

变压器消耗的无功功率一般约为其额定容量的 10% ~ 15%，它的空载无功功率约为满载时的 1/3。因此，为了改善电力系统和企业的功率因数，变压器不应空载运行或长期处于低负载运行状态。



3. 供电电压的影响

供电电压超出规定范围也会对功率因数造成很大的影响。当供电电压高于额定值的10%时,由于磁路饱和的影响,无功功率将增长得很快,据有关资料统计,当供电电压为额定值的110%时,一般无功功率将增加35%左右。当供电电压低于额定值时,无功功率也相应减少而使它们的功率因数有所提高。但供电电压降低会影响电气设备的正常工作,所以,应当采取措施使电力系统的供电电压尽可能保持稳定。

5. 什么是自然功率因数?

自然功率因数是指用电设备没有进行无功补偿时的功率因数,即用电设备本身所具有的功率因数。自然功率因数的高低主要取决于用电设备的负荷性质,电阻性负荷(白炽灯、电阻炉)的功率因数等于1,电感性负荷(电动机、电焊机)的功率因数比较低,均小于1。

采用降低变电、用电设备所需的无功功率以改善其功率因数的措施,称为提高自然功率因数。其主要措施有:

1. 正确选择电动机容量

异步电动机在工农业生产中占有很大的比重,异步电动机的功率因数和效率,在70%以上负荷率时最高,在额定功率时的 $\cos\varphi$ 约为0.85~0.90,而在空载和轻载运行时的功率因数和效率都很低,空载时的 $\cos\varphi$ 只有0.2~0.3。因此,正确选用异步电动机的容量使其与所带负载相匹配,对于改善功率因数是十分重要的。

2. 合理选择变压器容量

变压器在电磁转换过程中需要一定的励磁功率,而励磁功率中绝大部分是无功功率,其所需无功功率的大小,可通过空载电流 I_0 近似求出。在变压器二次侧所带负荷功率因数一定的情况下,变压器一次功率因数的高低,取决于其负荷率的高低。负荷率高,则一次功率因数高。反之,一次功率因数低,空载时,功率因数最低。为了避免变压器的空载和轻载运行,一般控制变压器的负荷率在60%以上时比较经济。

提高自然功率因数不需要任何补偿设备投资,主要通过各种管理上或技术上的手段来减少各种用电设备所消耗的无功功率,这是一种最经济的提高功率因数的方法。

6. 什么是瞬时功率因数和加权平均功率因数?

(1) 瞬时功率因数。瞬时功率因数是指在某一瞬间由功率因数表读出的功率因数。瞬时功率因数是随着用电设备的类型、负荷的大小和电压的高低而时刻在变化的。

(2) 加权平均功率因数。加权平均功率因数是指在一定时间段内功率因数的平均值。

7. 提高功率因数的作用是什么?

功率因数是反映电力用户用电设备合理使用状况、电能利用程度和用电管理水平的一项重要指标。从发电机和高压输电网供给的无功功率,远远满足不了负荷的需求,所以在电网中要装设一些无功补偿设备来补充无功功率,才能保证用电设备正常运行,才能使电网的运行电压满足正常用电的需求。无功功率补偿就是把具有容性功率的装置与感性负荷

