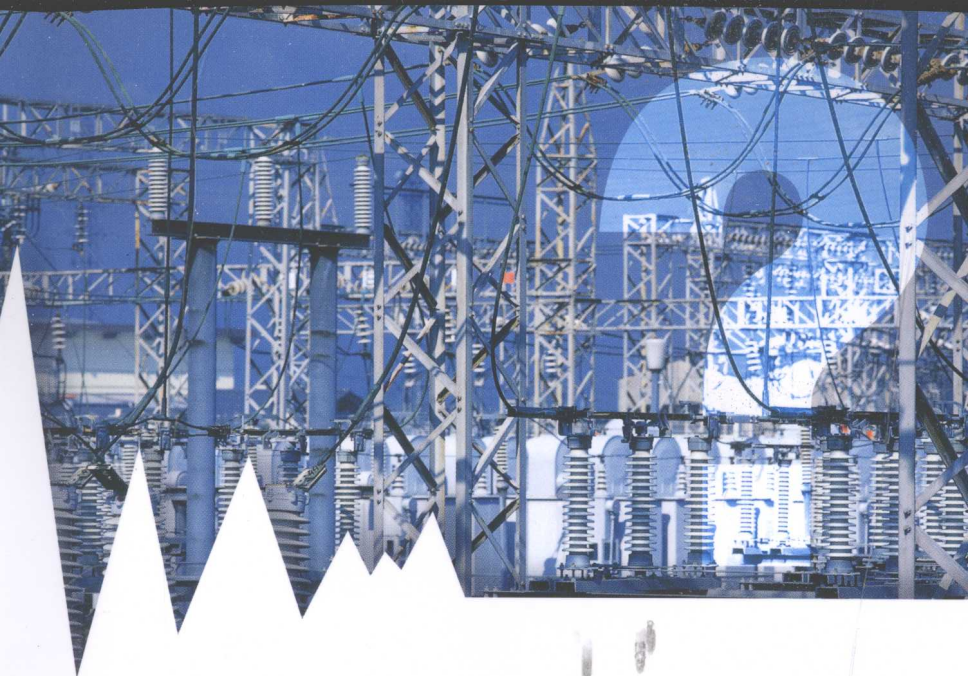




谐波治理与无功补偿 技术问答

张选正 徐智林 张金远 编著



化学工业出版社

谐波治理与无功补偿 技术问答

张选正 徐智林 张金远 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

谐波治理与无功补偿技术问答/张选正, 徐智林, 张金远编著. —北京: 化学工业出版社, 2009. 8
ISBN 978-7-122-06124-9

I. 谐… II. ①张…②徐…③张… III. ①电力系统-谐波-问答 ②电力系统-无功功率-功率补偿-问答
IV. TM714-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 105891 号

责任编辑: 卢小林

装帧设计: 关 飞

责任校对: 李 林

出版发行: 化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张 5¼ 字数 125 千字

2009 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

前 言

变频器在各行各业中的应用已较为广泛，其单机的容量及总容量正在迅速增长。虽然各制造厂对每台变频器的谐波都有明确的标准，要求电流谐波的 $THD \leq 3\%$ ，电压谐波的 $THD \leq 5\%$ 。但变频器使用量的增加势必对电网谐波指标造成不良影响，甚至使电网的谐波超出技术指标的允许范围。其结果是造成其他用电设备供电品质的下降，甚至无法正常运行，同时使电网的无功损耗加大。这样不仅造成较大损耗和浪费，并且污染了电源。目前，发达国家变频器的使用率高达 85%，谐波的污染非常大，必须采取必要的措施和手段，才能保持用电设备的正常运行。一般都要在配电侧采取谐波滤除措施，使谐波达到技术要求，以满足用户使用要求。国外近年来出现一些新的谐波滤除技术，主要有有源滤波器、无源滤波器、混合型滤波器及无功补偿器等。新一代技术和产品的问世，取得了良好的效果和收益。我国变频器相对使用量较小，谐波污染相对来说不是很大，但也有少数企业，已出现上述问题，正在设法加以改造，从而走向绿色无污染的行列。可以预测这是今后的发展方向。编著本书的目的，就是为读者提供一些消除和抑制谐波的措施和方法，以使读者在治理谐波方面措施更为合理，成效更加显著。

编著者

目 录

第 1 章 谐波的基础知识	1
1. 什么是基波?	3
2. 什么是谐波?	3
3. 谐波有几种?	3
4. 谐波频率如何计算?	4
5. 各次谐波电流的量值是多少?	4
6. 哪些设备或电路容易产生谐波?	4
7. 谐波电流的方向如何?	5
8. 谐波的影响是什么?	5
第 2 章 变频器的谐波	9
1. 如何进行低压变频器的谐波分析?	11
2. 变频器谐波的次数是哪些?	12
3. 谐波有哪些测量方法?	13
4. 谐波总畸变率 (THD) 如何计算?	13
5. 变频器的谐波标准值是多少?	14
6. 高压变频器的特点是什么?	14
7. 如何进行三电平电路的谐波分析?	16
8. 如何进行多电平电路的谐波分析?	18
9. 如何进行直接高压二电平电路的谐波分析?	20

10. 如何进行电流源型交-交, 直变电路的谐波分析?	21
11. 国内外品牌高压变频器的技术指标有哪些?	21
12. 国内外谐波相关标准是什么?	21
13. 基波频率值的确定依据是什么?	25
第3章 抑制或削弱谐波影响的方法	27
1. 如何提高载波频率可抑制或削弱谐波?	29
2. 如何提高变频器输出工作频率来减少谐波?	29
3. 加输入交流电抗器可否削弱输入端的谐波?	30
4. 装交流电抗器时电抗值多大最合适?	32
5. 加交流电抗器后的实效怎么样?	32
6. 如何选择交流电抗器参数?	33
7. 直流电抗器的作用如何?	34
8. 如何选择变频器主电路配套设备?	34
9. 直流电抗器都有哪些参数?	36
10. 交流电抗器 X_L 大小对输入电流有何影响?	36
11. 采用电源匹配电感后, 对输入电路的特性有何改善?	37
12. 电源匹配电感器的参数特性怎样?	38
13. 零序噪声滤波器如何使用?	39
14. 无线电噪声滤波器的作用如何?	40
15. 使用电源高通滤波器要注意什么?	41
16. 怎样选择电源高通滤波器的参数?	41
第4章 抑制变频器的电磁干扰	43
1. 什么情况下要抑制变频器的电磁干扰?	45
2. 易受电磁干扰影响的电气设备有哪些?	45
3. 有效抑制电磁干扰的措施有哪些?	46
4. 什么是共模干扰和差模干扰?	48
5. 抑制共模干扰电压的方法有哪些?	49
6. 隔离变压器、开关电源、UPS 不间断电源的作用是什么?	50
7. 输入滤波器与噪声滤波器的区别是什么?	51
8. 正弦滤波器的作用是什么?	51

9. 变频器产生的谐波通过哪些途径干扰其他设备?	52
10. 怎样防止谐波线路传播引起的干扰?	54
11. 怎样防止电磁辐射引起的干扰?	55
12. 怎样防止因感应引起的干扰?	57
13. 变频器相互间是否干扰?	58
第 5 章 正确处理各种接地	61
1. 什么是保护接地?	63
2. 什么是工作接地?	64
3. 什么是供电系统接地?	65
4. 什么是模拟地(屏蔽地)、信号地?	66
5. 什么是安全栅地?	66
6. 接地体的电阻值要求是什么?	67
7. 接地的综合要求是什么?	68
8. 什么是防雷保护接地?	68
9. 防护雷电的其他措施有哪些?	72
10. 变频器是否要装避雷器?	72
第 6 章 低压电网的谐波	75
1. 常见低压配电系统是怎样的?	77
2. 低压汇流母排的电力品质如何?	77
3. 电源净化装置的作用及选用依据是什么?	78
4. 谐波对低压电网有何宏观影响?	79
5. 谐波对低压电网有何具体危害?	80
6. 低压电网谐波有什么抑制方法?	82
第 7 章 可防治谐波的第四代系统节电器	85
1. 系统节电器使用情况如何?	87
2. 浪涌有哪些形式?	88
3. 系统节电器的性能、特点、结构是怎样的?	88
4. 系统节电器的应用场合、参数、发展历程是怎样的?	89
5. 系统节电器和其他设备相比的优点是什么?	90
6. 系统节电器装置方式有哪几种?	91

7. 怎样确定系统节电器的功率值大小?	92
8. 什么是系统节电器的静态补偿和动态补偿?	93
第 8 章 功率因数 $\cos\varphi$ 与无功补偿	95
1. 什么是功率因数?	97
2. 什么是超前、滞后、同相?	97
3. 功率因数的实际意义是什么?	98
4. 供用电网中功率因数有何作用?	99
5. 如何根据功率因数调整电费?	100
6. 提高功率因数的措施是什么?	103
7. 什么是高压集中补偿?	105
8. 什么是低压集中补偿?	105
9. 什么是单独就地补偿?	106
10. 每 1kW 有功功率所需补偿电容器的容量是多少?	107
11. 补偿电容器安装中的技术要求是什么?	108
12. 怎样识读并联电容器产品型号?	109
13. 并联电容器有哪些主要技术数据?	110
14. 风机、水泵的如何调速节电?	113
15. 如何计算移相电容器容量?	114
16. 移相电容器怎样接线?	117
17. 移相电容器放电电阻怎样计算?	118
18. 怎样处理移相电容器的故障?	121
19. 无功功率自动补偿控制器的工作原理及接线是怎样的?	122
20. 如何确定功率因数的瞬时值、平均值?	123
21. 功率因数的测量计算方法是怎样的?	125
22. 三相交流电路功率和功率因数如何测量?	127
23. 有功功率、无功功率、视在功率与功率因数有何关系?	131
24. 功率因数自动调节器的使用情况怎样?	133
25. 如何按功率因数控制方式控制功率因数?	134
26. 如何按母线电压控制方式控制功率因数?	136
27. 如何按负荷电流控制方式控制功率因数?	137

28. 如何按昼夜时间控制方式控制功率因数?	138
29. 如何按无功功率的超前与滞后控制方式控制功率因数?	139
30. 如何按功率因数控制并按电压及负荷校正的控制方式控制 功率因数?	140
31. 为什么功率因数补偿上限值为 0.95?	141
32. 怎样使用同步电动机来提高功率因数?	142
33. 怎样使用同步调相机来提高功率因数?	143
34. 静止无功补偿装置是怎样的?	146
35. 静止无功补偿装置有哪几种?	148
36. 什么是 TCR+TSC+FC 组合型静止无功补偿装置?	149
37. 国外静止无功补偿装置的概况如何?	150
38. 什么是负荷型静止无功补偿装置?	153
39. 怎样选择静止无功补偿装置的容量?	155
参考文献	158

第 1 章

谐波的基础知识



1 什么是基波？

电力网络中呈周期性变化的电压或电流的频率即为基波（又称一次波），我国电网规定频率是 50Hz，所以基波是 50Hz。

2 什么是谐波？

电力网络中除基波（50Hz）外，任一周期性的电压或电流信号，其频率高于基波（50Hz）的，称为谐波。

电网或电路中，电压产生的谐波为电压谐波；电流产生的谐波为电流谐波。

3 谐波有几种？

整数谐波：指频率为大于 1 整数倍基波频率的谐波，即 2、3、4、5、6、7、8、9、10 等次谐波。

偶次谐波：指频率为 2、4、6、8、10 等偶数倍基波频率的谐波。

奇次谐波：指频率为 3、5、7、9、11 等奇数倍基波频率的谐波。

正序谐波：谐波次数为 $3k+1$ （ k 为正整数）即 4、7、10 等次谐波。

负序谐波：谐波次数为 $3k-1$ （ k 为正整数）即 2、5、8 等次谐波。

零序谐波：指频率为 3 的整数倍基波频率的谐波，例 3、6、9、12、15 次谐波。

高频谐波：指频率为 2~9kHz 的谐波。

4

谐波频率如何计算？

谐波频率 = 谐波次数 × 基波频率

例：5 次谐波频率为 $5 \times 50\text{Hz} = 250\text{Hz}$ ，7 次谐波频率为 $7 \times 50\text{Hz} = 350\text{Hz}$ 等。

5

各次谐波电流的量值是多少？

$$I_n = I_1 / n$$

式中 I_n ——谐波电流值；

I_1 ——基波电流值；

n ——谐波次数。

例： $I_3 = I_1 / 3 = 33\% I_1$ ； $I_5 = I_1 / 5 = 20\% I_1$ ； $I_7 = I_1 / 7 = 14\% I_1$ 。

6

哪些设备或电路容易产生谐波？

- ① 非线性负载，例二极管整流电路（AC/DC）。
- ② 三相电压或电流不对称性负载。
- ③ 逆变电路（DC/AC）。
- ④ UPS 电源（PC 机用），EPS 电源（大功率动力用），即不间断电源。
- ⑤ 晶闸管调压装置或调速电路。
- ⑥ 电镀设备。
- ⑦ 电弧炉、矿热炉、锰矿炉、磷矿炉、电石炉、硅铁炉。
- ⑧ 电解槽。
- ⑨ 电焊机（弧焊、缝焊、点焊、碰焊、对焊）。

⑩ 电池充电机。

⑪ 变频器（低压或高压变频器）。

⑫ 脉幅调制（PAM）调压电路及脉宽调制（PWM）调频电路。

⑬ 谐波的次数与整流电路的相数有关，例三相、六相、十二相、十八相、二十四相，当相数越多并通过移相方式就可使谐波次数及谐波分量减小。例采用输入变压器移相技术的单元串联在高压变频器的主电路。

⑭ 开关电源。

⑮ 斩波路、斩波调速。

⑯ 工频电炉。

⑰ 中频电炉。

⑱ 天车、起重机械。

⑲ 气体放电的照明灯具，例：节能灯、荧光灯（T5、T8）、金卤灯、钠灯、汞灯、氪灯、氙灯等，使用时都有一定的谐波产生。

⑳ 软起动装置（使用 SCR 调压）。

7 谐波电流的方向如何？

谐波电流从负载流向供电变压器直至供电网络，即由终端负载向前级的流入。

8 谐波的影响是什么？

① 对变压器的影响：谐波电流使铜损增加、漏磁增加；谐波电压使铁损增加；谐波功率造成噪声增大、温升提高。

② 对电力电线的影响：谐波电流易过载，导致过热、破坏

绝缘、集肤效应加大。

③ 对电动机的影响：谐波电流增加铜损、谐波电压增加铁损，谐波的功率造成机械效率减小，功率因数下降，有效转矩减小。

④ 对控制系统的影响：电压零点漂移、线电压的不等、仪表仪器的指示不准，以致控制判断错误，甚至控制系统失控。

⑤ 对通信设备的影响：谐波会产生感应电磁场，影响通信质量。

⑥ 对电容器的影响：一般大型电动机或低压电网都有无功功率补偿或功率因数补偿，都使用电容器来实现的，因谐波产生，易使电容器产生过电流、过电压、过温度，造成击穿损坏，原因是谐波电流易发生并联谐振，产生大电流，串联谐振产生过电压，一般电容器运行电流小于等于 1.3 倍额定值电流，否则迅速损坏，而谐波电流以 5、7、11 次为主。

为避免谐波造成谐振而发生电容器故障，一般电容器前串接适量电感（见图 1-1）。电抗 $X_L = 2\pi fL$ ，容抗 $X_C = 1/2\pi fC$ ：

$X_L = 6\% X_C$ ，此值针对大于等于 5 次的谐波；

$X_L = 7\% X_C$ ，此值针对大于等于 4 次的谐波；

$X_L = 14.8\% X_C$ ，此值针对大于等于 3 次的谐波。

谐波容易造成谐振，对抑制 5、7、11 次谐波，适当加电抗值后，可起到抑制作用。

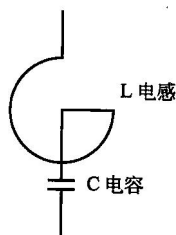


图 1-1

加电抗器后，系统电压要上升，故电容器额定电压要提高 100V，当谐波负荷容量小于 200kW，使用谐波电抗电容器较为合适；当谐波负荷容量大于 200kW，使用谐波滤波器较为合适。

谐波电抗和电容器对固定某几次谐波起削弱作用，例 3、5、7、11 次谐波，谐波电抗电容器频带窄、波幅也较稳定时，使用效果较明显。

谐波滤波器起削弱谐波的作用，频带宽，可对随机产生的谐波也能起到削弱作用。

