

# 新型功率因数补偿电子镇流器

常青美, 戴紫彬, 朱忠义, 周长林

(解放军信息工程大学电子技术学院, 河南 郑州 450004)

**摘要:** 分析了电子镇流器产生谐波电流的原因, 并以一种新型电子镇流器为例, 指出了降低谐波含量、提高功率因数的方法及其实际意义。

**关键词:** 电子镇流器; 功率因数; 总谐波失真率

**中图分类号:** TM923.61

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1003-4897(2000)09-0043-03

## 1 引言

目前, 电子镇流器及电子节能灯得到了迅速发展。电子镇流器与传统的电感镇流器相比, 具有高效、节能、省材、无噪音、无频闪、功率因数高及电压启动性能好等优点, 其性能价格比明显优于电感镇流器, 因而得到越来越多的应用。由于电子镇流器的工作频率大于 20kHz, 利用高频率工作产生的功效, 使电子镇流器的能量效率至少比高效电感镇流器提高 25%, 这是电子镇流器高效、节能的原因所在。但是, 大多数电子镇流器由于其电路特性所致, 都会产生较大的谐波电流, 谐波电流的产生不仅降低了功率因数, 还影响到整个电力系统的电气环境, 它会对继电保护、自动控制装置和计算机产生干扰和造成误动作; 会使发电机和电动机产生附加功率损耗和发热。因此, 电力部门对电力系统谐波畸变允许值和谐波源注入供电点的谐波电流值, 作出了相应的规定(详见国标 GB/T15143-94、GB/T15144-94)。电子镇流器生产厂家必须采取相应的措施, 降低谐波电流和提高功率因数, 以使产品符合国标要求。

降低谐波电流和提高功率因数的方法通常有两种:

- (1) 无源功率因数补偿;
- (2) 有源功率因数补偿。

有源功率因数补偿装置, 普遍存在成本高、可靠性差的问题, 不适合目前我国电子镇流器的市场需求。而无源功率因数补偿, 以其结构简单、成本低廉和性能可靠, 成为多数电子镇流器生产厂家首选的措施。本文以一种实用电子镇流器电原理图为例, 分析谐波电流产生的原因, 并介绍其无源功率因数补偿电路, 在抑制谐波电流产生, 提高功率因数方面所起的作用。

## 2 理论基础

### 2.1 傅里叶级数

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n t + b_n \sin n t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (c_n \cos n t + \dots)$$

根据傅里叶级数理论<sup>[1]</sup>, 非正弦周期函数  $f(t)$ , 若满足狄里赫利条件, 可以展开为傅里叶级数, 如上式所示。其中  $a_0$  为  $i(t)$  的直流分量,  $a_n$  为  $n$  次谐波余弦分量系数,  $b_n$  为  $n$  次谐波正弦分量系数,  $c_n$  为  $n$  次谐波分量系数,  $\omega$  为基波角频率。

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos n t dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin n t dt$$

$$c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} = \arctg \frac{-b_n}{a_n}$$

### 2.2 功率因数<sup>[2]</sup>

正弦电路的功率因数  $PF$  定义为电路中电压与电流相差的余弦。因为电子镇流器的电流发生畸变, 不再是与电压同频率的正弦波, 而是一周期波, 因此功率因数  $PF$  应为有功功率  $P$  与视在功率  $S$  的比值:

$$PF = \frac{P}{S}$$

设电子镇流器的电压为一正弦波, 电流为一周期波, 其傅里叶基函数形式为:

$$u(t) = U_{1m} \cos t$$

$$i(t) = I_{1m} \cos(t + \phi_1) + I_{2m} \cos(2t + \phi_2) + \dots + I_{nm} \cos(n t + \phi_n) + \dots$$

其中直流分量  $I_0$  为零。它们的有效值分别为:

$$U = \frac{U_{1m}}{\sqrt{2}}$$

$$I = \sqrt{I_{1m}^2 + I_{2m}^2 + \dots + I_{nm}^2 + \dots}$$

有功功率为：

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T U_{1m} \cos t \cdot$$

$$I_{1m} \cos(t + \phi) dt = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i_1(t) dt$$

视在功率为：

$$S = \frac{U_{1m}}{\sqrt{2}} \cdot I =$$

$$\frac{U_{1m}}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} I_{1m}^2 + \frac{1}{2} I_{2m}^2 + \dots + \frac{1}{2} I_{nm}^2 + \dots} =$$

$$\frac{1}{2} U_{1m} \cdot I_{1m} \cdot \sqrt{1 + \frac{I_{2m}^2 + \dots + I_{nm}^2}{I_{1m}^2}} =$$

$$\frac{1}{2} U_{1m} I_{1m} \sqrt{1 + THD^2}$$

其中  $THD$  为总谐波畸变因数：

$$THD = \frac{\sqrt{I_{2m}^2 + I_{3m}^2 + \dots + I_{nm}^2 + \dots}}{I_{1m}}$$

功率因数为：

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i_1(t) dt}{\frac{1}{2} U_{1m} I_{1m} \sqrt{1 + THD^2}} =$$

$$\frac{\cos \phi}{\sqrt{1 + THD^2}}$$

其中  $\cos \phi$  为正弦电压与电流基波相位差的余弦，为基波的功率因数：

$$\cos \phi = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i_1(t) dt}{\frac{1}{2} U_{1m} I_{1m}}$$

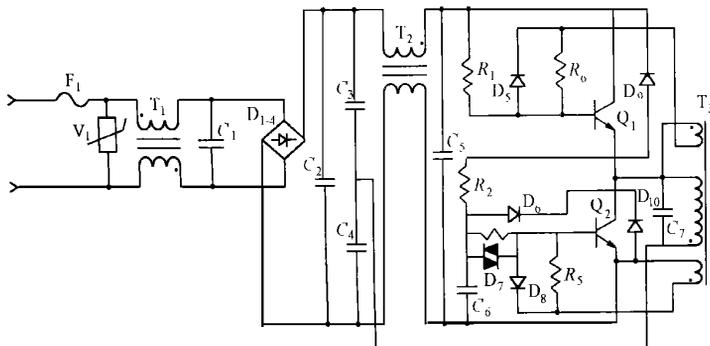


图1 电子镇流器电原理图

由此可见，电流的谐波含量越多，电流的总谐波畸变因数  $THD$  越大，功率因数越低。

### 3 XX402A 型电子镇流器性能分析

#### 3.1 电原理图(见图 1)

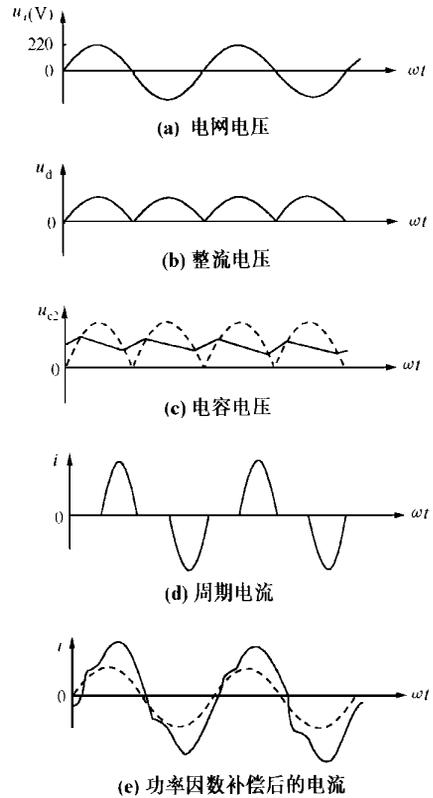


图2 波形分析

#### 3.2 电流产生畸变的原因

电网输入电压为 220V、50Hz 正弦电压，不含高次谐波，如图 2(a) 所示。通过整流电路后，变为脉动电压  $u_d$ ，产生了高次谐波分量，如图 2(b) 所示。脉动电压  $u_d$  加在电容  $C_2$  两端，当  $u_d > u_{c2}$  时，电容充电，当充电电压大于  $u_d$  时，电容开始放电；下一个脉动电压大于电容电压时，电容再次充电，于是形成了如图 2(c) 所示的波形。因为，只有在整流电压大于电容电压时，才有电流通过电子镇流器，也就是说，仅在正弦电压的正、负半周的一段时间内，才有电流通过，所以电流波形产生了较大的畸变。电流波形如图 2(d) 所示，谐波含量非常丰富

富,如果不进一步采取滤波措施,谐波电流将进入电网,产生不良后果。

表1

谐波次数	电流波谱		电压波谱	
	相对含量	绝对值(A)	相对含量	绝对值(V)
0	0.1	0.000	0.0	0.0
1	100.0	0.376	100.0	220.0
2	0.2	0.001	0.1	0.1
3	11.9	0.045	0.7	1.6
4	0.0	0.000	0.1	0.2
5	6.6	0.025	0.3	0.6
6	0.1	0.000	0.1	0.2
7	0.9	0.004	0.2	0.4
8	0.1	0.000	0.3	0.7
9	1.3	0.005	0.4	0.9
10	0.1	0.000	0.0	0.1
11	0.5	0.002	0.1	0.3
12	0.1	0.000	0.0	0.1
13	0.3	0.001	0.1	0.2
14	0.1	0.000	0.0	0.0
15	0.3	0.001	0.0	0.1
16	0.1	0.000	0.0	0.1
17	0.1	0.000	0.1	0.1
18	0.1	0.000	0.0	0.0
19	0.0	0.000	0.0	0.0
20	0.1	0.000	0.0	0.0
21	0.1	0.000	0.0	0.1
22	0.1	0.000	0.0	0.0
23	0.1	0.000	0.0	0.1
24	0.1	0.000	0.0	0.0
25	0.0	0.000	0.0	0.1
26	0.1	0.000	0.0	0.0
27	0.1	0.000	0.0	0.0
28	0.1	0.000	0.0	0.0
29	0.1	0.000	0.0	0.1
30	0.1	0.000	0.0	0.0
31	0.1	0.000	0.0	0.0
32	0.1	0.000	0.0	0.0
33	0.1	0.000	0.0	0.0
34	0.1	0.000	0.0	0.0
35	0.1	0.000	0.1	0.1
36	0.1	0.000	0.0	0.0
37	0.1	0.000	0.1	0.2
38	0.1	0.000	0.0	0.0
39	0.1	0.000	0.0	0.0

### 3.3 无源功率因数补偿措施

图3所示LC滤波电路,是XX402A型电子镇流器的无源功率因数补偿环节,它有效抑制谐波电流进入电网。并联电容 $C_1$ 能滤除电流的高次谐波分量,串联的电感相当于串联一高值阻抗,它具有伸展导通角,降低谐波幅度的作用。

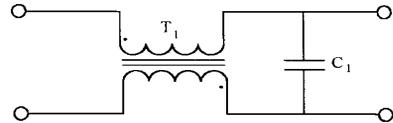


图3 无源功率因数补偿电路

通过LC滤波电路,使通过电子镇流器电流的高次谐波分量得到滤除,低次谐波分量幅度降低,使功率因数得到提高。经测试,该型号电子镇流器电流波形如图2(e)所示。

### 3.4 测试结果及分析

经电力工业部武汉高压研究所测试(测试报告编号JD95-31),XX402A型电子镇流器各项指标均符合GB15143-94、GB15144-94,测试报告显示,电流、电压各次谐波含量如表1所示,经分析计算,总谐波失真因数为13.7%,功率因数0.962,三次谐波电流含量为基波的11.97%。

### 参考文献:

- [1] 丁道宏. 电力电子技术[M]. 北京:航空工业出版社, 1995.
- [2] 尹成群. 电子镇流器的有源功率因数校正分析[J]. 电力电子技术, 1996, (1).

收稿日期: 2000-03-13

作者简介: 常青美(1965-),女,硕士,主要从事电子技术专业教学与科研工作。

## A novel electronic ballast with high power factor

CHANG Qing-mei, DAI Zi-bin, ZHU Zhong-yi, ZHOU Chang-lin

(Institute of Electronic Technology, the PLA University of Information Engineering, Zhengzhou 450004, China)

**Abstract:** A detail analysis of producing harmonics of electronic ballast is provided. The method to reduce the harmonics distortion and improve the power factor is derived.

**Keywords:** electronic ballast; power factor; rate of total harmonics