

文章编号:1000-582x(2000)01-0053-03

① 53-55

# 有源电力滤波器谐波及无功电流的一种检测方法

周雄维, 李自成, 吴宁  
(重庆大学电气工程学院, 重庆 400044)

TM761.1  
TM713.8

**摘要:**提出一种基于畸变电流有效值最小原理的谐波和无功电流检测新方法, 并利用负反馈原理实现了基于该方法的检测电路。该方法不仅适用于单相, 也适用于三相电路。

**关键词:**有源电力滤波器; 谐波与无功电流; 检测

**中图分类号:** TM 1; TM 714.3; TM 93

文献标识码: A 电力系统

有源电力滤波器是近年发展起来的一种抑制电力谐波和补偿无功电流的一种新型电力电子装置<sup>[1-3]</sup>。为了得到理想的控制效果, 对电网中的谐波和无功电流的实时和准确检测提出了很高的要求。目前在三相电路中, 基于“瞬时无功功率理论”的谐波和无功电流检测方法<sup>[2]</sup>, 因为具有实时性好而得到了广泛的应用。但该方法仍存在使用众多乘法器、计算量大、精度不高的缺点, 且仅适用于三相电路。而对于单相电路, 至今没有一种公认成熟的检测方法<sup>[1,3-5]</sup>。笔者提出一种基于畸变电流有效值最小原理的谐波和无功电流检测新方法, 并利用负反馈原理实现了基于该方法的检测电路。该电路结构简单, 由于实现了闭环控制, 因而具有精度高, 对元件参数变化不敏感等优点, 不仅适用于单相, 也适用于三相电路。理论分析和仿真结果证实了该方法的正确性。

## 1 补偿电流有效值最小检测原理

设单相电路中的电源电压为:

$$u_s = U_m \sin \omega t \quad (1)$$

非线性负载电流为:

$$\begin{aligned} i_L &= i_1(t) + i_h(t) = \\ &= i_{p1}(t) + i_{h1}(t) + i_h(t) = \\ &= i_{p1}(t) + i_r(t) \end{aligned} \quad (2)$$

式中  $i_1(t)$  为  $i_L(t)$  中的基波电流;  
 $i_h(t)$  为高次谐波电流;  
 $i_{p1}(t)$ 、 $i_{h1}(t)$  分别为基波电流的有功分量和无功分量;  
 $i_r(t)$  为需要补偿的谐波和无功电流之和, 称为畸变电流。

因为负载电流中的基波有功电流分量  $i_{p1}(t)$  与电源电压同频同相, 若设其幅值为  $A^*$ , 则:

$$i_{p1}(t) = A^* \sin \omega t \quad (3)$$

若能确定  $A^*$ , 则  $i_r(t) = i_L(t) - i_{p1}(t)$ , 即能检测出畸变电流。为了确定  $A^*$ , 先假设有源电力滤波器输出的补偿电流为:

$$\begin{aligned} i_c(t) &= i_L(t) - A \sin \omega t = \\ &= i_{p1}(t) + i_r(t) - A \sin \omega t \end{aligned} \quad (4)$$

式中  $A$  为可调待定参数。显然, 当  $i_{p1}(t) - A \sin \omega t \neq 0$ , 补偿电流中不仅包含全部畸变电流, 而且还包括部分基波有功电流。若能通过调节  $A$  值, 使  $i_{p1}(t) - A \sin \omega t = 0$ , 则补偿电流中仅包含全部畸变电流, 此时  $A = A^*$ , 为此考虑补偿电流的有效值:

· 收稿日期: 1998-06-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(55477021); 国家教育部博士点基金资助项目(9461110)

作者简介: 周雄维(1954-), 男, 四川都江堰人, 重庆大学副教授, 硕士, 主要从事电力电子技术理论与应用研究。

$$I_c = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-T}^t \hat{i}_c^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-T}^t [i_{ip}(t) - A \sin \omega t + i_c(t)]^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{2} (A^* - A)^2 + \hat{i}_c} \quad (5)$$

式中  $\hat{i}_c$  为各次谐波电流有效值的平方与无功电流有效值平方之和。若调节上式中的  $A$  值, 使补偿电流的有效值最小, 此时有:

$$\min[I_c] = I_c \quad (6)$$

$$A = A^* \quad (7)$$

从而可确定该时刻  $t_1$  的基波电流有功分量、畸变电流分量分别为:

$$i_{ip}(t) = A^* \sin \omega t \quad (8)$$

$$i_c(t) = i_c(t) - i_{ip}(t) \quad (9)$$

这样即可完成畸变电流的实时检测。显然, 当负载电流为周期电流时, 经(6)式的一次调整即可达稳态, 求出  $A^*$ 。否则为使  $I_c$  最小,  $A$  将不断调整跟踪基波有功电流幅值的变化。

## 2 补偿电流有效值最小的谐波和无功电流检测电路

图1为根据上节分析方法设计出的一种检测电路结构框图。电路的工作原理简述如下:

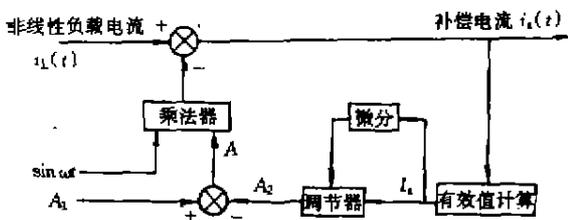


图1 检测电路框图

起动时, 给  $A$  一个初值  $A = A_1$ , 求得  $i_c(t) = i_c(t) - A \sin \omega t$ , 然后计算  $i_c(t)$  的有效值  $I_c$  以及  $I_c$  的微分值, 再将结果加在调节器上, 产生一个  $A$  的调整量  $A_2$  来调节  $A$  值, 使其  $A$  最终趋于  $A^*$ , 微分环节的作用一

方面是判断  $A$  值的调节方向, 因为无论  $A$  过大或过小都将导致  $I_c$  增大; 另一方面是加速调整时间。该方案使用闭环调整  $A$  值, 使补偿电流有效值最小, 保证了电路的实时性和自调整能力, 且电路结构简单、可靠。

## 3 仿真研究

在以上分析的基础上, 对补偿电流有效值最小的谐波与无功电流的检测方法进行了计算机仿真研究。图2是负载电流突变时的负载电流、谐波电流与基波有功检测曲线; 图3是负载电流在一个周期内线性增加时的负载电流、谐波电流与基波有功检测曲线; 图4是负载电流在一个周期内呈指数减小到零时的负载电流、谐波电流与基波有功检测曲线。从不同情况的仿真结果可以看出: 补偿电流有效值最小的谐波和无功电流检测方法在各种不同的负载电流变化情况下, 实时检测出谐波和无功电流, 且延时不大于二分之一一个电源周期, 优于目前单相电路检测方法<sup>[3,4]</sup>。

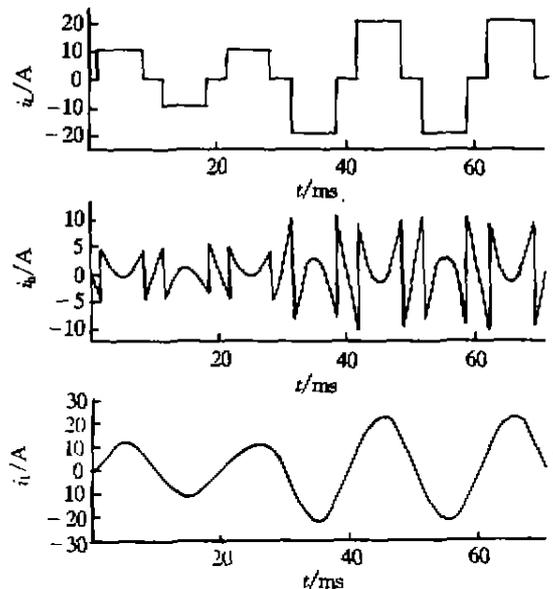


图2 突变时的仿真曲线

## 4 结论

笔者提出了一种基于畸变电流有效值最小原理的谐波和无功电流检测新方法, 在分析该方法工作原理的基础上, 给出了检测电路框图并进行了计算机仿真研究。理论分析和仿真结果表明: 该检测方法不仅具有实时性好、准确度高、检测电路简单、可靠等优点, 而且可广泛应用于单相和三相四线不平衡系统中, 是一种值得推广的方法。

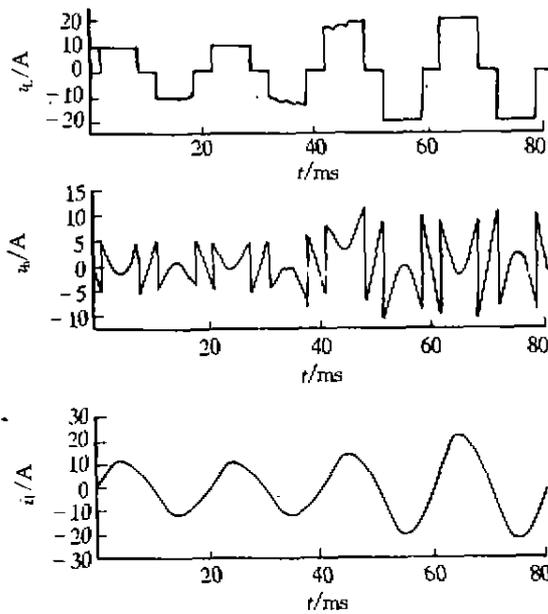


图3 线性增加时的仿真曲线

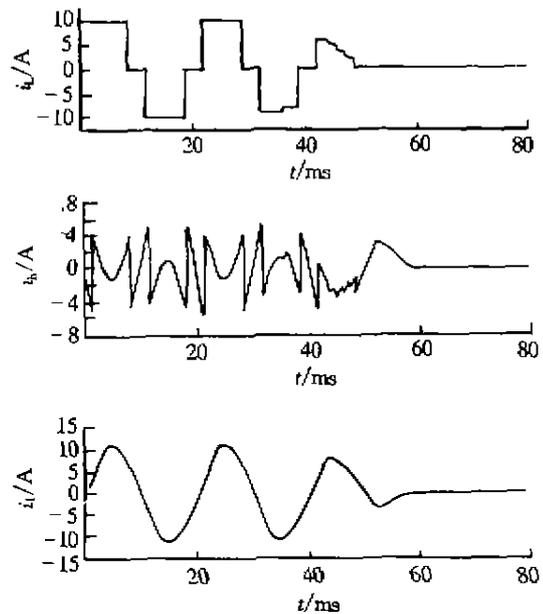


图4 按指数规律减小时的仿真曲线

## 参 考 文 献

- [1] WU J C. Simplified Control Method for the Single-phase Active Power Filter[J]. IEE Proc Electr Power Appl, 1996, 143(3): 219~224.
- [2] AKAGI H. Instantaneous Reactive Compensators Comprising Switching Devices Without Energy Components[J]. IEEE Trans (in Industry Application), 1984, 20(3): 625~633.
- [3] 王良, 郝荣泰. 三相不平衡有源无功及高次谐波补偿器控制系统的研究[J]. 电工技术学报, 1996, 11(4): 31~35.
- [4] 杨君, 王兆安, 邱关源. 单相电路谐波及无功电流的一种检测方法[J]. 电工技术学报, 1996, 11(3): 42~46.
- [5] 王群, 周维维, 吴宁. 一种基于神经网络的自适应谐波电流检测法[J]. 重庆大学学报, 1997, 20(5): 6~11.

## A Detecting Method for Harmonics and Reactive Currents in Active Power Filter

ZHOU Luo-wei, LI Zi-cheng, WU Ning

(College of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**ABSTRACT:** A novel detecting method of harmonics and reactive current based on distorting current's minimum principle is put forward, and the detecting circuit based on the method is realized by negative-feedback principle. It not only fits for single-phase circuit, but also for three-phase circuit.

**KEYWORDS:** active power filter; harmonics and reactive current; detecting method

(责任编辑 李胜春)