

# 三相四线制任意次谐波电流的无锁相环 $i_p - i_q$ 检测新方法

周林, 张凤, 栗秋华, 徐明

(重庆大学电气工程学院高电压与电工新技术教育部重点实验室, 重庆 400030)

摘要: 电力有源滤波器是补偿电力系统谐波及无功功率的重要装置,其关键的环节是实时准确地检测出谐波电流。介绍了  $i_p - i_q$  法的基本原理,在此基础上提出了一种适用于三相四线制系统的任意次谐波电流的无锁相环的检测新方法,该方法可以实现对三相四线制不对称系统任意次谐波的正序、负序分量和零序分量的检测,最后将检测得到的正序、负序和零序相加就可以得到任意次谐波电流,理论分析和仿真结果都证实了本文所提出的新方法的准确性。

关键词: 三相四线制; 任意次谐波电流检测;  $i_p - i_q$  法; 锁相环

中图分类号: TM761 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2006)20-0057-06

## 0 引言

近年来,随着电力电子技术的发展,电力电子装置被广泛使用,由它们所引起的电网谐波污染也变得日益严重。采用有源电力滤波器(APF)对电力系统的谐波进行补偿已成为一个重要的研究方向。APF补偿谐波的基本原理是从补偿对象中检测出谐波电流,然后由补偿装置产生一个与该谐波电流大小相等,方向相反的补偿电流,与其相抵消,因此准确地检测出谐波是决定补偿效果的重要环节<sup>[1]</sup>。目前电流检测有许多方法,主要有:基于 Fryze 功率定义的检测法;基于频域分析的 FFT 检测法;自适应检测法<sup>[3]</sup>;基于瞬时无功功率理论的畸变电流瞬时检测法<sup>[4~7]</sup>;基于小波变换的时变谐波检测法<sup>[8]</sup>;基于神经网络的谐波检测法等<sup>[9]</sup>。其中最为成功的是基于三相电路的瞬时无功功率理论的一系列检测法,如 p-q 法、 $i_p - i_q$  法和 d-q 法等。本文就是在传统的基于瞬时无功功率理论检测法的基础上,提出了一种无锁相环的  $i_p - i_q$  任意次谐波电流检测的新方法<sup>[11]</sup>。该方法通过预先设定变换矩阵 C 中的频率,从而不需要锁相环就可以准确地检测出电流的基波分量和任意次谐波分量,该方法能够完全实现  $i_p - i_q$  检测法的优点,并能应用于三相不对称系统中。由于节省了锁相环电路,使检测电路更加简洁,并可以使该方法避免电网频率偏移的影响,从而使检测更加灵活方便。该方法

能够成功地分别测出三相四线制系统中的任意指定次谐波电路的正序、负序分量和零序分量,具有较大的应用价值。通过 Matlab 软件的仿真,验证了本文所提出的方法的准确性。

## 1 无锁相环的 $i_p - i_q$ 法

传统的  $i_p - i_q$  法<sup>[7]</sup>需要得到矩阵 C 才可以将基波的分量转化为直流分量,再经过 LPF 滤波和反变换得到电流的基波分量,锁相环和信号发生电路的作用也就在于此了。但是由于锁相环在实际应用中容易受到信号的干扰,并且增加锁相环和信号发生电路后会增加电路设计和调试的难度。因此考虑是否可以预先设定 C 矩阵为一个恒定的矩阵  $C_0$ ,其对应的  $\omega$  为一个定值  $\omega_0$ ,这样就可以不利用锁相环电路了,下面来分析一下这种思想的可行性。该方法对应的原理框图如图 1 所示。

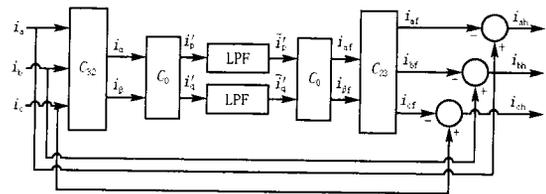


图 1 无锁相环的  $i_p - i_q$  检测法原理框图

Fig 1 Principle of detecting method without PLL

假设实际电网的频率为  $f$ ,则其对应的角频率

$$\omega = 2\pi f \quad (1)$$

设定

$$C = \begin{bmatrix} \sin\omega_0 t & -\cos\omega_0 t \\ -\cos\omega_0 t & -\sin\omega_0 t \end{bmatrix} \quad (2)$$

计算  $i_p$  和  $i_q$  可得:

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(00172009);教育部“春晖计划”资助(2003589-13);重庆市自然科学基金资助项目(CSTC2005BB2172)

$$\begin{bmatrix} i_p \\ i_q \end{bmatrix} = C_0 C_{32} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{3} \sum_{n=1} I_{1n} \cos[(nw - w_0)t + \varphi_{1n}] - I_{2n} \cos[(nw + w_0)t + \varphi_{2n}] \\ -\sqrt{3} \sum_{n=1} I_{1n} \sin[(nw - w_0)t + \varphi_{1n}] + I_{2n} \sin[(nw + w_0)t + \varphi_{2n}] \end{bmatrix} \quad (3)$$

现在考虑如将信号  $i_p$  和  $i_q$  经过 LPF 滤波会得到一个什么信号。根据 GB/T15945-1995《电能质量 电力系统允许偏差》的规定,电力系统正常频率允许偏差值为  $\pm 0.2$  Hz,当系统容量较小时,偏差值可以放宽到  $\pm 0.5$  Hz。可见如果设定

$$w_0 = 2 \times f_0 = 2 \times 50 \text{ Hz} = 100 \quad (4)$$

那么:

$$|w - w_0| = |2(f - f_0)| = |2[(50 \pm 0.5) - 50]| = \quad (5)$$

由此可见两者之差是很小的。考虑到在实际中应用的低通滤波器并不完全只通过直流通常都需要设定一个比较低的截止频率<sup>[10]</sup>,这样即使在  $w_0$  偏离  $w$  比较大(最大不超过)的情况下,对应的频率相差不超过 0.5 Hz。这样  $i_p$  和  $i_q$  经过 LPF 滤波后仍可以将低频分量分离出来(如设定 LPF 的截止频率为 20 Hz),即:

$$\begin{bmatrix} \bar{i}_p \\ \bar{i}_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{3} I_{11} \cos[(w - w_0)t + \varphi_{11}] \\ -\sqrt{3} I_{11} \sin[(w - w_0)t + \varphi_{11}] \end{bmatrix} \quad (6)$$

由图 2 可得:

$$\begin{bmatrix} \hat{i}_{a1f} \\ \hat{i}_{b1f} \\ \hat{i}_{c1f} \end{bmatrix} = C_{23} C_0 \begin{bmatrix} \bar{i}_p \\ \bar{i}_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{2} I_{11} \sin(wt + \varphi_{11}) \\ \sqrt{2} I_{11} \sin(wt + \varphi_{11} - 120^\circ) \\ \sqrt{2} I_{11} \sin(wt + \varphi_{11} + 120^\circ) \end{bmatrix} \quad (7)$$

分析可知式(7)与传统的  $i_b - i_c$  法结果完全相同,这就说明了变换矩阵  $C$  对应的频率  $w$  在  $\bar{i}_p - \bar{i}_q$  法中仅起着将基波分量转换为“直流”分量的“变换器”作用,无论  $w$  设置为多大,都不会对最终的检测结果产生影响。但是,设置不同的  $w$  会使变换后得到的  $i_b - i_c$  和  $\bar{i}_p - \bar{i}_q$  有所不同。当通过锁相环使  $C$  矩阵对应的频率  $w$  与电网频率完全相同时,转换后的

$i_b$  和  $i_c$  含有直流分量和高频分量,这样通过 LPF 滤波后,就可以将直流分量  $\bar{i}_p$  和  $\bar{i}_q$  分离出来。如果预先设定  $C$  矩阵对应的频率为  $w_0$ ,但使  $w_0$  与  $w$  相差较小时,仍可以通过 LPF 滤波后得到的  $\bar{i}_p$  和  $\bar{i}_q$  (如式(6)所示),但此时得到  $\bar{i}_p$  和  $\bar{i}_q$  并不是完全的直流分量,而是一个频率非常小的交流分量。由此可见  $C$  矩阵对应的  $w$ ,仅会影响到 LPF 滤波时的性能,当然 LPF 对直流分量最敏感,当变换后所得到的交流分量时,会对 LPF 滤波产生一定的影响,但是由于所得到的交流分量是一个频率非常小的交流分量,因此可以近似地看为一个直流分量,这样通过低通滤波器后仍可以将其分离出来。

## 2 可检测任意次指定次数谐波电流的无锁相环的 $i_b - i_c$ 检测新算法

### 2.1 正序分量检测法

在工程实际中,谐波检测时如果能具体分离出某次谐波,则对电路的改进和谐波的治理会有更大的指导作用。同时,单独使用 APF 存在初期投资大,运行效率低等缺点,PF 和 APF 的混合系统则能充分发挥各自的优势。但是 PF 只能对特定次谐波进行治理,因而分离出具体的某次谐波是非常必要的<sup>[2]</sup>。

在三相四线制系统中,谐波的主要成分为 5、7、11 次谐波,下面以 5 次谐波的检测为例,来说明本文对于三相四线制系统指定的任意次谐波电流检测的新方法的原理。该方法对 5 次谐波正序分量检测的原理图如图 2 所示。

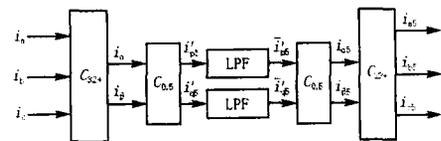


图 2 新算法对五次谐波正序检测的原理图

Fig 2 Principle of detecting zero-sequence component of 5th harmonic using new algorithm

该算法的原理如下:

设定变换矩阵  $C_{0,5}$ ,

$$C_{0,5} = \begin{bmatrix} \sin 5w_0 t & -\cos 5w_0 t \\ -\cos 5w_0 t & -\sin 5w_0 t \end{bmatrix} \quad (8)$$

三相电流经过  $3S/2R$  变换可得:

$$\begin{bmatrix} i \\ i \end{bmatrix} = C_{32+} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{3} \sum_{n=1} [I_{1n} \sin(m\omega t + \varphi_{1n}) + I_{2n} \sin(m\omega t + \varphi_{2n})] \\ -\sqrt{3} \sum_{n=1} [I_{1n} \cos(m\omega t + \varphi_{1n}) + I_{2n} \cos(m\omega t + \varphi_{2n})] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_a + i_b \\ i_a + i_c \end{bmatrix} \quad (9)$$

电流  $i$  和  $i$  经过变换矩阵  $C_{0,5}$  后得:

$$\begin{bmatrix} i_{p5} \\ i_{q5} \end{bmatrix} = C_{0,5} \begin{bmatrix} i \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{3} \sum_{n=1} [I_{1n} \cos[(m\omega - 5\omega_0)t + \varphi_{1n}] - I_{2n} \cos[(m\omega + 5\omega_0)t + \varphi_{2n}]] \\ -\sqrt{3} \sum_{n=1} [I_{1n} \sin[(m\omega - 5\omega_0)t + \varphi_{1n}] + I_{2n} \sin[(m\omega + 5\omega_0)t + \varphi_{2n}]] \end{bmatrix} \quad (10)$$

$i_{p5}$  和  $i_{q5}$  经过 LPF 滤波后得:

$$\begin{bmatrix} \bar{i}_{p5} \\ \bar{i}_{q5} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{3} I_{15} \cos[5(\omega - \omega_0)t + \varphi_{15}] \\ -\sqrt{3} I_{15} \sin[5(\omega - \omega_0)t + \varphi_{15}] \end{bmatrix} \quad (11)$$

$\bar{i}_{p3}$  和  $\bar{i}_{q3}$  经过  $C_{23+}$  和  $C_{0,5}$  矩阵变换得:

$$\begin{bmatrix} i_{a5f} \\ i_{b5f} \\ i_{c5f} \end{bmatrix} = C_{23+} C_0 \begin{bmatrix} \bar{i}_{p5} \\ \bar{i}_{q5} \end{bmatrix} \quad (12)$$

### 2.2 负序分量检测法

因为负序分量与正序分量只是相序相反,因此与正序分量方法同理,只需将变换矩阵  $C_{32+}$  和  $C_{23+}$  分别换为  $C_{32-}$  和  $C_{23-}$ ,这样就可以将谐波电流的负序分量检测出来。其中

$$C_{32-} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \\ 1 & -1/2 & 1/2 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$C_{23-} = C_{32-}^T \quad (14)$$

### 2.3 零序分量检测法

在三相四线制系统中三相电流的正序、负序分量分别对称,而零序分量则相等即:

$$i_{a0} = i_{b0} = i_{c0} = \frac{i_a + i_b + i_c}{3} = \frac{\sqrt{2} \sum_{n=1} I_{0n} \sin(m\omega t + \varphi_{0n})}{3} \quad (15)$$

零序分量经过  $\alpha - \beta$  坐标变换后将被消去,也就是文献 [2] 和 [6] 所提出的方法不能应用于三相四线制系统的根本原因。因为经过  $\alpha - \beta$  坐标变换将消去谐波电流的零序分量,给谐波检测带来误差,这样也必然引起谐波补偿的误差。在这里采用一种等效三角变换的方法将任意次谐波的零序分量检测出来 [12,13],具体原理如下:

不失一般性设  $a$  相电流零序分量为:

$$i_{a0} = \sum_{n=1,3,5,7,\dots} i_{0n} = \sum_{n=1,3,5,7,\dots} I_{0n} \sin(m\omega t + \varphi_{0n}) \quad (16)$$

现将该零序相延时构成三相电流,可令  $i_b = i_{a0}$ ,

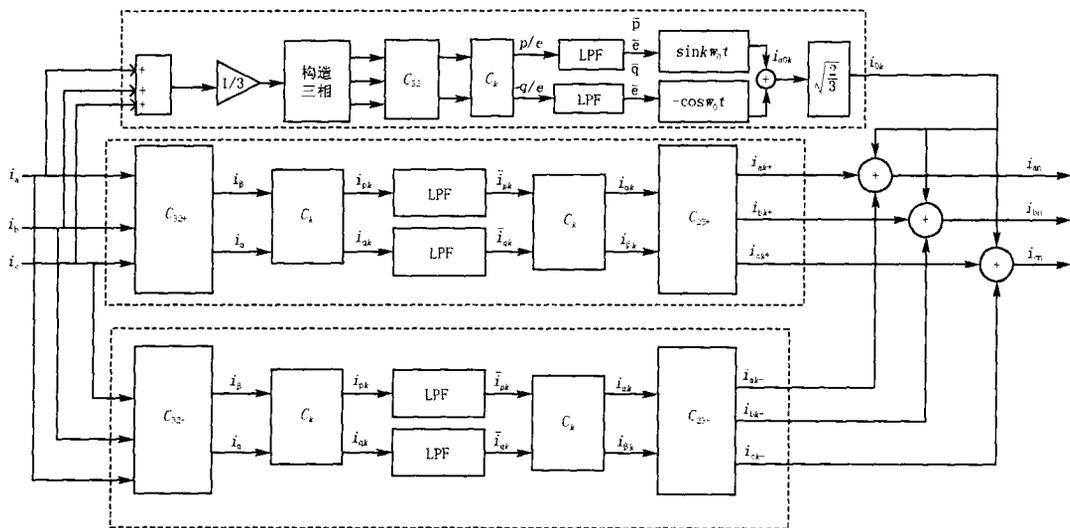


图 3 检测  $k$  次谐波电流的算法原理框图

Fig 3 Block diagram of detecting  $n^{\text{th}}$  harmonic current

将  $i_{a0}$  延时  $60^\circ$  所得电流与延时  $240^\circ$  的电流正好相反,这样就得到了  $-i_c$  的值,而  $i_b = -i_a - i_c$ ,这样就构成了三相电路。这样就可以采用检测正序分量任意次谐波的方法,检测出零序分量的任意次谐波电流,最后只需得出的  $i_a$  相  $k$  次谐波电流,该电流即为所检测到的零序  $k$  次谐波电流。

### 2.4 三相四线制系统任意次谐波电流检测法的原理框图

将分别检测得到的任意次谐波的正序、负序分量和零序分量相加就可以得到三相四线制系统的任意次谐波电流算法的原理框图如图 3 所示。

在实际的应用中,当 APF 和 PF 的混合系统需要 APF 补偿指定的某几次谐波时,可以采用上述算法分别计算出各次谐波,然后将他们叠加,就可以得到所需要补偿的总的谐波电流。

## 3 仿真分析

为了验证本文提出新的算法的准确性,用 Matlab 对系统进行建模仿真研究。假设被补偿电流的波形如图 4 所示,其中基波为正序分量幅值 100,负序分量的幅值为 44,零序分量的幅值为 22,频率为 50 Hz; 5 次谐波的正序分量的幅值为 20,负序分量的幅值为 15,零序分量的幅值为 10; 7 次谐波的正序分量的幅值为 10,负序分量的幅值为 8,零序分量的幅值为 5。采用文中提出的新算法对其进行分析所得结果如图 5~9 所示。

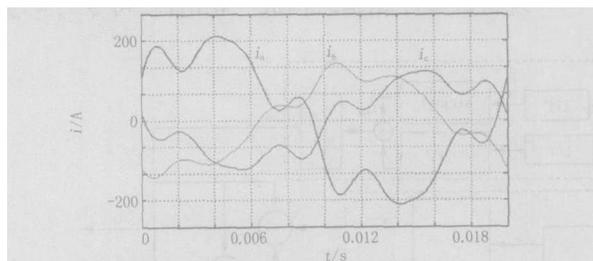


图 4 待检测的电网三相畸变电流

Fig 4 Aberrance three-phase source currents to be detected

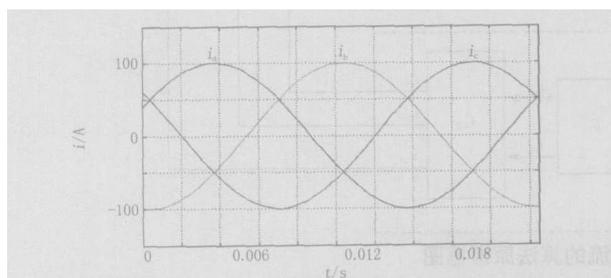


图 5 滤除 5 次和 7 次谐波后的电网电流的波形

Fig 5 Source current wave after filtering

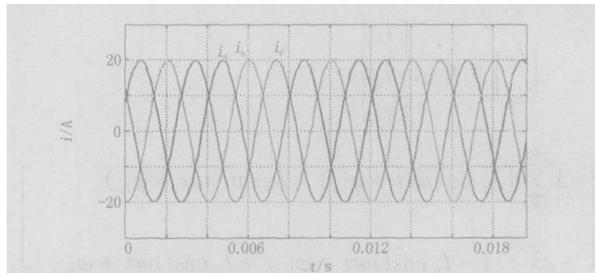


图 6 检测到的电网三相 5 次谐波电流的正序分量

Fig 6 Detected 5<sup>th</sup> harmonic positive-phase-sequence current

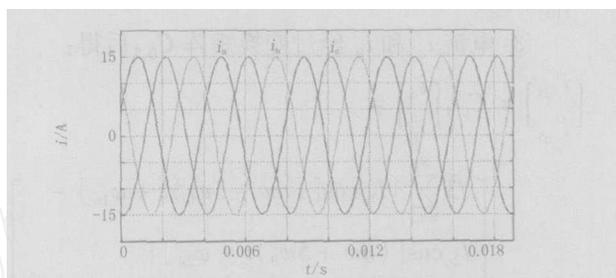


图 7 检测到的电网三相 5 次谐波电流的负序分量

Fig 7 Detected 5<sup>th</sup> harmonic zero-phase-sequence current

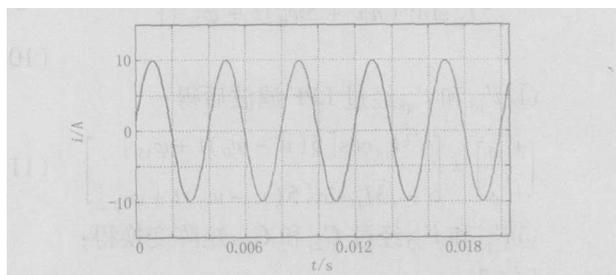


图 8 检测到的电网三相 5 次谐波电流的零序分量

Fig 8 Detected 5<sup>th</sup> harmonic zero-phase-sequence current

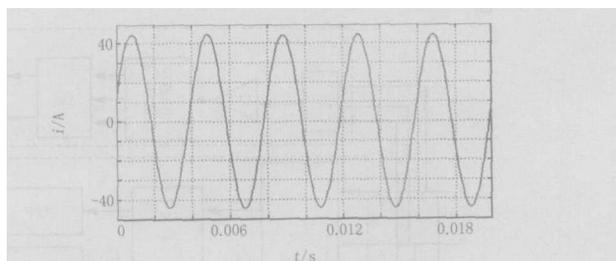


图 9 检测到的电网三相 5 次谐波电流与原电网的 5 次谐波电流源的对比图

Fig 9 Comparative diagram of the detected 5<sup>th</sup> harmonic current and 5<sup>th</sup> harmonic current source

从分析的结果可以看出,通过该算法检测出的 5 次谐波的三相正序分量幅值相等,相位按正序方向(顺时针)依次相差  $120^\circ$ ;检测出的 5 次谐波的三相负序分量幅值相等,相位按负序方向(逆时针)依次相差  $120^\circ$ ;检测出的 5 次谐波的三相零序分量幅值相等,相位也相同;将三者相加后得到 5 次谐波的

电流波形,分析可知结果与电网中的5次谐波的波形完全相同,再将分离出来的基波电流波形与所基波电流源的波形相比,不难发现本算法具有很高准确性,这也就验证了本算法的优越性。

#### 4 结论

本文提出了一种基于  $i_p - i_q$  法无锁相环的三相四线制系统的任意次谐波电流检测的新方法。该方法具有以下优点:

1)该方法能够检测出任意次指定谐波,克服了传统的  $i_p - i_q$  仅能检测所有谐波之和的缺点;并可用于三相四线制系统。

2)该算法省却了传统  $i_p - i_q$  的锁相环,使其电路结构简单,设计和调试难度减小,算法具有较大的实用价值。

3)通过仿真研究可以发现,该方法检测准确,原理简单,易于实现。

上述算法还可以扩展到单相系统中,  $i_p - i_q$  法应用于单相电路中一般是把单相的信号构造为三相信号经过变换滤波后,经低通滤波器滤波,再做相应的反变换,就能检测出单相的谐波<sup>[14,15]</sup>,并省去了锁相环电路。将本文提出的算法应用于单相电路的任意次谐波检测中也能够取得很好的效果。

#### 参考文献:

- [1] EL-Havrouk M, Darwish M, Kmehta P. Active Power Filters a Review [J]. Electric Power Application, 2000, 147(5): 403-413.
- [2] 杨柳,刘会金,陈允平. 三相四线制系统任意次谐波电流的检测新方法 [J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(13): 41-44.  
YANG Liu, LU Hui-jin, CHEN Yun-ping. A New Algorithm for Random Harmonic Current Detection in Three Phase Four Wire System [J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(13): 41-44.
- [3] 蒋平,邓俊雄,曹莹. 一种先进的电网谐波检测方法 [J]. 电工技术学报, 2000, 15(6): 70-74.  
JIANG Ping, DENG Jun-xiong, CAO Ying. A Novel for Detecting Harmonics in Power Network [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2000, 15(6): 70-74.
- [4] 刘春花,周腊吾. 基于  $i_p - i_q$  法的混合有源滤波器谐波电流检测方法 [J]. 继电器, 2005, 33(5): 24-26.  
LIU Chun-hua, ZHOU La-wu. Method of Harmonic Current Detection for Hybrid Active Power Filter Based on  $i_p - i_q$  Principle [J]. Relay, 2005, 33(5): 24-26.
- [5] 薛蕙,杨仁刚. 改进的瞬时无功和谐波电流检测理论 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2002, 14(2): 8-11.  
XUE Hui, YANG Ren-gang. A Novel Detection Theory of Instantaneous Reactive and Harmonic Current [J]. Proceedings of the EPSA, 2002, 14(2): 8-11.
- [6] 顾炜,陈明凯. 一种改进的 p-q-r理论在电力系统谐波检测中的应用 [J]. 华北电力大学学报, 2005, 32(5): 11-14.  
GU Wei, CHEN Ming-kai. Improved p-q-r Theory for Harmonic Detection in Power System [J]. Journal of North China Electric Power University, 2005, 32(5): 11-14.
- [7] 王兆安,杨君,刘进军. 谐波抑制和无功功率补偿 [M]. 北京:机械工业出版社, 1998.  
WANG Zhao-an, YANG Jun, LIU Jin-jun. Harmonic Suppression and Reactive Power Compensation [M]. Beijing: China Machine Press, 1998.
- [8] 杜天军,陈光禹,雷勇. 基于混叠补偿小波变换的电力系统谐波检测方法 [J]. 中国电机工程学报, 2005, 2(3): 54-59.  
DU Tian-jun, CHEN Guang-yu, LEI Yong. A Novel Method for Power System Harmonic Detection Based on Wavelet Transform with Aliasing Compensation [J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 2(3): 54-59.
- [9] 高大威,孙孝瑞. 基于自适应线性神经元网络的三相畸变电流检测方法及其实现 [J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(3): 49-52.  
GAO Da-wei, SUN Xiao-rui. A Detecting Approach of Three-phase Distortion Currents Based on Adaptive Linear Neural network and Its Being Realized [J]. Proceedings of the CSEE, 2001, 21(3): 49-52.
- [10] 戴列峰,蒋平,田大强. 无锁相环 d-q 谐波电流检测法的实现 [J]. 电网技术, 2003, 27(8): 46-49.  
DA ILie-feng, JIANG Ping, TIAN Da-qiang. Realization of Harmonic Current Detection of d-q Transformation without Phase Lock Loop [J]. Power System Technology, 2003, 27(8): 46-49.
- [11] 杨柳,孙建军,刘会金,等. 基于 d-q 变换的三相不对称系统任意次谐波电流的检测方法 [J]. 继电器, 2004, 32(24): 29-32.  
YANG Liu, SUN Jian-jun, LIU Hui-jin, et al. A New Algorithm for Random Harmonic Current Detection Based on the Transformation in Three-phase Unbalanced System [J]. Relay, 2004, 32(24): 29-35.
- [12] 任永峰,李含善,贺纲,等. 两种单相电路瞬时谐波及无功电流实时检测方法分析 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2003, 15(1): 95-99.  
REN Yong-feng, LI Han-shan, HE Gang, et al. The Analysis of Two Real-time Detecting Approaches of Instantaneous Harmonic and Reactive Current in Single-phase

- Circuit[J]. Proceedings of the EPSA, 2003, 15 (1): 95-99.
- [13] 郝江涛, 刘念. 单相及三相电路谐波和无功电流的检测研究[J]. 高电压技术, 2005, 30(3): 44-45.  
HAO Jiang-tao, LIU Nian Study on the Detection for Harmonics and Reactive Currents of Single-Phase and Three-Phase Circuits [J]. High Voltage Engineering, 2005, 30(3): 44-45.
- [14] 戴瑜兴, 张义兵, 陈际达. 检测单相系统谐波电流和无功电流的一种新方法[J]. 电工技术学报, 2004, 19(2): 93-97.  
DAI Yu-xing, ZHANG Yi-bing, CHEN Ji-da A Novel Detection Approach to Harmonic and Reactive Currents of a Single-phase System [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2004, 19(2): 93-97.
- [15] 李承, 邹云屏. 单相电路谐波及无功电流检测研究[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(4): 33-35.  
LI Cheng, ZOU Yun-ping Study on Harmonic and Reactive Current Detection in Single-phase Circuit [J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(4): 33-35.

收稿日期: 2006-03-17; 修回日期: 2006-04-05

作者简介:

周林(1961-),男,博士,教授,博士生导师,主要从事 FACTS及电网谐波治理方面的研究;

张凤(1982-),男,硕士研究生,主要从事 FACTS方面的研究; E-mail: zhfl840@yahoo.com.cn

栗秋华(1983-),男,博士研究生,主要从事 FACTS方面的研究。

### A new algorithm for random harmonic current detection based on $i_p - i_q$ principle without phase lock loop in three phase four wire system

ZHOU Lin, ZHANG Feng, LI Qiu-hua, XU Ming

(The Key Laboratory of High Voltage Engineering and Electrical New Technology of Ministry of Education, College of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Active Power Filter is an important device to eliminate the pollution of harmonic, the key problem in APF is to detect the harmonic current accurately in real-time mode. This paper presents the principle of harmonic current detection and puts forward a new detection method without phase lock loop (PLL). This algorithm which is based upon the traditional method can detect positive and negative sequence component of random harmonic current respectively, also can detect the zero phase sequence current component. The detected positive, negative phase sequence can be summed up to obtain the random harmonic current. Analysis and simulation prove the correctness of the algorithm.

**Key words:** three phase four wire; random harmonic current detection; method of harmonic current detection based on principle; equivalent triangle conversion; phase lock loop (PLL)

(上接第 46 页 continued from page 46)

### Design of a electricity customers credit risk management system based on PB

MA Meng-xuan, YUAN Jin-sha

(Department of Electronic and Communication Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

**Abstract:** PowerBuilder can design the traditional high-performance, based on client / server architecture applied procedure, but also can be used for the development of Internet-based applied system. Oracle is a large relational database based on senior OLAP language (SQL). Generally speaking, it is convenient to use the language of logic management of data gathered by a large number of laws. Then the Oracle is employed to build a database and PB is used to research and develop the electricity customer credit risk management system, and connect to the database repeatedly for code debugging successfully. Therefore, the system design is a reference for the electricity system staff.

**Key words:** PB; Oracle; credit rate; grey prediction