



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103176030 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201310062773. 8

审查员 李萍萍

(22) 申请日 2013. 02. 28

(73) 专利权人 上海同盛电力有限公司

地址 201308 上海市浦东新区洋山保税港区
顺通路 8 号口岸查验区辅助楼 106 室

(72) 发明人 吴建国 杨文焕 李荣高 钱侃
邵建军 王健林 徐长贵 刘永平
凌椿成 张宇

(74) 专利代理机构 上海顺华专利代理有限责任
公司 31203

代理人 沈履君

(51) Int. Cl.

G01R 19/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101893651 A, 2010. 11. 24, 说明书第
0004-0017、0021、0024-0026、0028、0032 段, 附图
1、3.

CN 102221639 A, 2011. 10. 19, 全文.

CN 102590646 A, 2012. 07. 18, 全文.

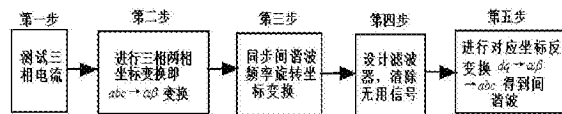
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

配电系统的间谐波检测方法

(57) 摘要

本发明公开一种三相配电系统的间谐波检测方法, 该方法基于待测间谐波同步坐标旋转变换和低通滤波取样, 再进行反变换的方法。该方法对配电系统的间谐波电压、电流在线检测非常有效。本发明结构简单, 概念清晰, 是动、静态间谐波检测和间谐波消除的较为简便的工程方法。



1. 一种配电系统的间谐波检测方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

1) 采样检测电流得到三相电流 i_a 、 i_b 、 i_c 进行三相静止坐标到两相静止坐标变换,得到两相电流 i_α 、 i_β ,方法如下:

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix};$$

2) 将得到的两相 i_α 、 i_β 进行同步待测间谐波频率旋转坐标变换,得到 i_d 、 i_q ;方法如下:

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ \sin \varphi & -\cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix};$$

3) 将步骤 2) 得到的 i_d 、 i_q 经低通滤波器滤除得到所测试的待测间谐波所对应的直流分量 \bar{i}_d 、 \bar{i}_q 值,同时消除其它无用信号;

4) 将步骤 3) 得到的对应待测间谐波电流的直流分量 \bar{i}_d 、 \bar{i}_q 值,再进行同步待测间谐波频率旋转坐标到两相静止坐标变换,得到两相静止坐标信号,该两相静止坐标信号变换到三相静止坐标后得到三相电流中的待测间谐波电流 i_{af} 、 i_{bf} 、 i_{cf} ;

步骤 3) 中,所述同步待测间谐波频率旋转坐标变换,是将测试电流空间矢量在两相静止 α β 上的分量折算到同步待测间谐波频率旋转坐标 dq 上;同步待测间谐波频率旋转坐标系 dq 的转向与待测间谐波频率相序相同,同步转速为待测间谐波频率所对应的同步转速;

所述采样被检测配电网的电流得到三相电流 i_a 、 i_b 、 i_c 为:

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{2} \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin(n\omega t + \psi_n) \\ \sqrt{2} \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin(n\omega t - 120^\circ + \psi_n) \\ \sqrt{2} \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin(n\omega t + 120^\circ + \psi_n) \end{bmatrix}$$

式中, i_a 、 i_b 、 i_c 为配电网的三相电流, n 为任何大于零的正数; i_a 、 i_b 、 i_c 由电流传感器测出。

配电系统的间谐波检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种三相配电网测试检测技术,特别涉及一种三相配电系统的间谐波检测方法。

背景技术

[0002] 目前,三相微电网中包含大量可反馈电能的变流器,这些设备除了产生大量的谐波电流以外,还有大量的间谐波电流,对电网形成较大的污染,不仅引起系统效率降低,还有可能引起电网电压波动和闪变。因此,对三相微电网进行动态间谐波补偿和消除非常重要,其中关键的技术是对系统的间谐波电流的在线检测。对于谐波电流的在线测试与消除已有成熟的技术。但是应用现有的谐波电流测试方法会泄露大量的间谐波成分,造成较大误差,降低效果。目前工程应用的间谐波电流的在线检测方法,计算过程繁琐复杂。

[0003] 公开号为 101493482 的中国发明专利(申请号为 200810068451.3),该发明涉及“一种单相谐波电流检测方法,包括如下步骤:A. 采样被检测电流 I_s , 构造三相电流 I_A 、 I_B 、 I_C ;B. 将所述三相电流转换至旋转坐标系下,得到 D 轴分量 I_D 和 Q 轴分量 I_Q ;C. I_D 和 I_Q 通过低通滤波器,获得 I_D 和 I_Q 的直流分量 I'_D 和 I'_Q ;D. 将 I'_D 和 I'_Q 通过坐标变换,得到三相坐标系的三个分量 I'_A 、 I'_B 、 I'_C ;E. 根据 I'_A 、 I'_B 、 I'_C 中的至少一个量得到 I_s 的基波分量 I_{SF} ;F. 将 I_{SF} 与 I_s 相减得到 I_s 的谐波分量 I_{SH} 。”该发明只是一种“单相谐波电流检测方法”,不能测试三相配电网,不能测试间谐波;而本发明所对应的测试对象为“三相配电网”对应的是三相,两者所适用的对象截然不同;本发明所测试的是间谐波电压、电流,测试的是不同频率的电量。

[0004] 公开号为 CN101566649 的中国发明专利(申请号为 200910103975.6),该发明是从电网测试一定时间长度的数据,然后进行模拟/数字转换,用数字量进行一定的规则的分析计算,才能得到间谐波频谱。由于得到间谐波的准确性与采集信号的时间长度有关,时间越长频谱的泄漏越少,但计算这些数据需要的时间越多,用于在线间谐波补偿时滞后时间越多,补偿效率越低。即间谐波泄漏少,信号滞后多,实时性能差,不能用于在线补偿,或者效果很差。如果考虑时间问题,测试时间必须短,信号泄漏多,很难使用在线测试。本发明是一种在线检测方法,模拟信号处理,实时性能好,可用于间谐波在线补偿。

[0005] 因此以上专利方法仍旧没有能够解决目前工程应用的间谐波电流的在线检测方法计算过程繁琐复杂的问题。

发明内容

[0006] 本发明是针对现在技术的不足,提出了一种较为简便的配电系统的间谐波检测方法,该方法可以解决三相微电网中间谐波电流的在线检测方法不完善的问题,可以用于动、静态间谐波测试和间谐波补偿。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0008] 一种配电系统的间谐波检测方法,包括如下步骤:

[0009] 1) 采样检测电流得到三相电流 i_a 、 i_b 、 i_c 进行三相静止坐标到两相静止坐标变换, 得到两相电流 i_α 、 i_β , 方法如下:

$$[0010] \quad \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix};$$

[0011] 2) 将得到的两相 i_α 、 i_β 进行同步待测间谐波频率旋转坐标变换, 得到 i_d 、 i_q ; 方法如下:

[0012]

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ \sin \varphi & -\cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix};$$

[0013] 3) 将步骤 2) 得到的 i_d 、 i_q 经低通滤波器滤除得到所测试的待测间谐波所对应的直流分量 \bar{i}_d 、 \bar{i}_q 值, 同时消除其它无用信号;

[0014] 4) 将步骤 3) 得到的对应待测间谐波电流的直流分量 \bar{i}_d 、 \bar{i}_q 值, 再进行同步待测间谐波频率旋转坐标到两相静止坐标变换, 得到两相静止坐标信号, 该两相静止坐标信号变换到三相静止坐标后得到三相电流中的待测间谐波电流 i_{af} 、 i_{bf} 、 i_{cf} 。

[0015] 本发明的有益效果在于: 本发明是一种配电网中待测间谐波电流检测方法, 对所测试的电流进行同步待测间谐波频率旋转坐标变换。因此, 方法简单, 运算量少。特别适用于配电网的在线间谐波滤波技术。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明一实施例采用的系统原理图;

[0017] 图 2 为本发明方法一实施例步骤流程图;

[0018] 图 3 为本发明一实施例 10KV 有源配电网中两相静止坐标到两相同步待测间谐波频率旋转坐标变换空间矢量的变换示意图。

具体实施方式

[0019] 以下结合附图和实施例对本发明的技术方案作进一步的解释, 但是以下的内容不用于限定本发明的保护范围。

[0020] 本实施例提供一种简便的配电系统的待测间谐波检测方法, 该方法基于待测间谐波同步坐标旋转变换和低通滤波取样, 再进行反变换的方法, 该方法对配电系统的间谐波电压、电流在线检测非常有效, 结构简单, 是动、静态间谐波检测和间谐波消除的较为简便的工程方法。其中:

[0021] 一、同步待测间谐波频率旋转坐标系的设定:

[0022] 配电网三相电流通过简单的信号采集为:

[0023]

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{2} \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin(n\omega t + \psi_n) \\ \sqrt{2} \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin(n\omega t - 120^\circ + \psi_n) \\ \sqrt{2} \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin(n\omega t + 120^\circ + \psi_n) \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0024] 式中, i_a 、 i_b 、 i_c 为配电网的三相电流, n 为任何大于零的非整数; i_a 、 i_b 、 i_c 可由电流传感器测出。

[0025] 二、同步待测间谐波频率旋转坐标变换方法:

[0026] 同步待测间谐波频率旋转坐标变换方法,是将测试电流空间矢量在两相静止 $\alpha\beta$ 上的分量折算到同步待测间谐波频率旋转坐标 dq 上。其中 $\varphi = \int n\omega dt$, 且 $n = f/50$ 。

[0027] 同步待测间谐波频率旋转坐标系 dq ,其转向与待测间谐波频率相序相同,同步转速为待测间谐波频率所对应的同步转速。

[0028] 根据变换关系有:

[0029] $dq \rightarrow \alpha\beta$ 变换方法为:

[0030]

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ \sin \varphi & -\cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = C_{2r/2s} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0031] $\alpha\beta \rightarrow dq$ 的变换方法为:

[0032]

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ \sin \varphi & -\cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = C_{2s/2r} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0033] 其 $\alpha\beta \rightarrow dq$ 的变换矩阵 $C_{2s/2r} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ \sin \varphi & -\cos \varphi \end{bmatrix}$ 为正变换矩阵,

$dq \rightarrow \alpha\beta$ 变换矩阵 $C_{2r/2s} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ \sin \varphi & -\cos \varphi \end{bmatrix}$ 为逆变换矩阵。

[0034] 三、测试电流矢量的 $\alpha\beta \rightarrow dq$ 变换方法:

[0035] 先将 i_a 、 i_b 、 i_c 三相电流变换为两相电流分量 i_α 、 i_β ,再将其变换为 i_d 、 i_q 。其方法为:

[0036] 第一步:
$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}$$

[0037] 第二步：
$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ \sin \varphi & -\cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix}$$

[0038] 式中， $\varphi = \int n\omega dt$ ，n 为任何大于零的非整数。

[0039] 如图 1 所示，为本实施例采用的实现检测方法的系统原理图。该图中包括三相电流测试模块 1，三相静止坐标到两相静止坐标变换模块 2，待测间谐波锁相环电路 3，两相静止坐标到两相同步待测间谐波频率旋转坐标变换模块 4，低通滤波器 5 和 6，两相同步待测间谐波频率旋转坐标到两相静止坐标变换模块 7，两相静止坐标到三相静止坐标的变换模块 8。

[0040] 如图 2 所示，为本实施例的间谐波电流检测方法流程图：

[0041] 第一步：通过三相电流测试模块 1 从电网测到三相电流 i_a 、 i_b 、 i_c 为：

[0042]
$$i_a = \sqrt{2} \sum_{n=1}^{\infty} \{I_n \sin n\omega t + \psi_n\}$$

[0043]

$$i_b = \sqrt{2} \sum_{n=1}^{\infty} \{I_n \sin[n(\omega t - 120^\circ) + \psi_n]\},$$

[0044]

$$i_c = \sqrt{2} \sum_{n=1}^{\infty} \{I_n \sin[n(\omega t + 120^\circ) + \psi_n]\}$$

[0045] 第二步：通过三相静止坐标到两相静止坐标变换模块 2 将 i_a 、 i_b 、 i_c 进行 abc \rightarrow $\alpha\beta$ 变换，得到 i_α 、 i_β ，方法如下：

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix}$$

[0046]

$$= \begin{bmatrix} \sqrt{3} \sum_{n=1}^{\infty} [I_n \sin(n\omega t + \psi_n)] \\ \sqrt{3} \sum_{n=1}^{\infty} [-I_n \cos(n\omega t + \psi_n)] \end{bmatrix}$$

[0047] 第三步：采用两相静止坐标到两相同步待测间谐波频率旋转坐标变换模块 4 将 i_α 、 i_β 进行同步待测间谐波频率旋转坐标 $\alpha\beta \rightarrow dq$ 变换，得到 i_d 、 i_q ，方法如下：

[0048]
$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{3} \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin[(n-1)\omega t + \psi_n] \\ \sqrt{3} \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cos[(1-n)\omega t + \psi_n] \end{bmatrix}$$

[0049] 第四步：将 i_d 、 i_q 经低通滤波器 5 和 6 滤除得到直流分量 \bar{i}_d 、 \bar{i}_q 。

[0050] 第五步：采用两相同步待测间谐波频率旋转坐标到两相静止坐标变换模块 7、两

相静止坐标到三相静止坐标的变换模块 8, 将 i_d 、 i_q 进行 $dq \rightarrow \alpha\beta \rightarrow abc$ 坐标变换得到三相电流中的待测间谐波电流 i_{af} 、 i_{bf} 、 i_{cf} 。

[0051] 上述实施例中, 待测间谐波锁相环电路 3 用于完成两个待测间谐波电信号相位同步的自动控制。

[0052] 如图 3 所示, 为本发明一实施例 10KV 有源配电网中两相静止坐标到两相同步待测间谐波频率旋转坐标变换空间矢量的变换示意图。

[0053] 尽管本发明的内容已经通过上述优选实施例作了详细介绍, 但应当认识到上述的描述不应被认为是对本发明的限制。在本领域技术人员阅读了上述内容后, 对于本发明的多种修改和替代都将是显而易见的。因此, 本发明的保护范围应由所附的权利要求来限定。

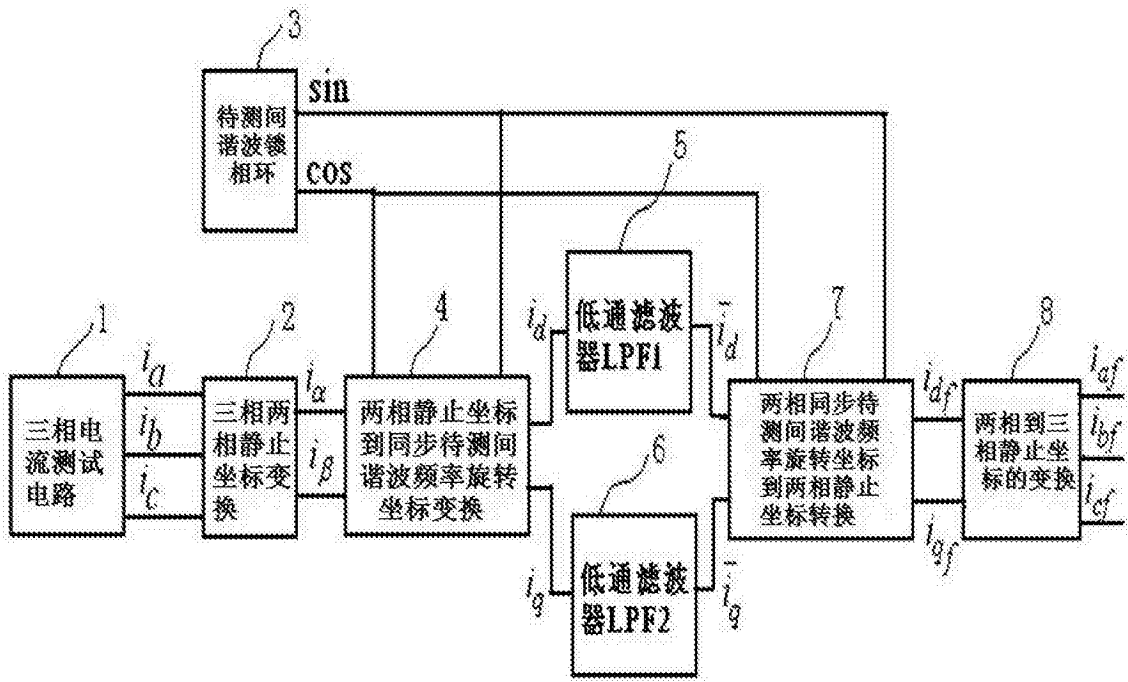


图 1

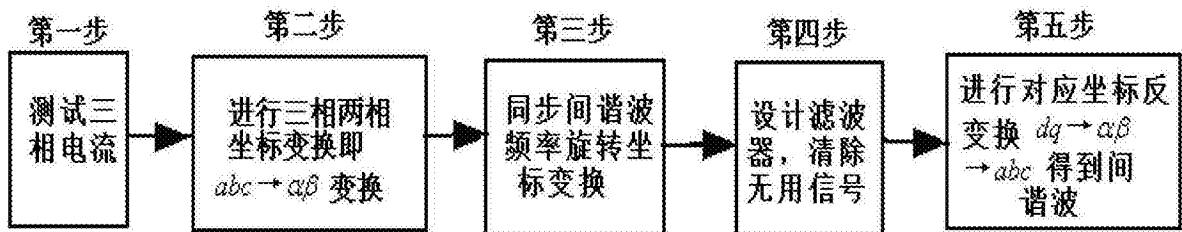


图 2

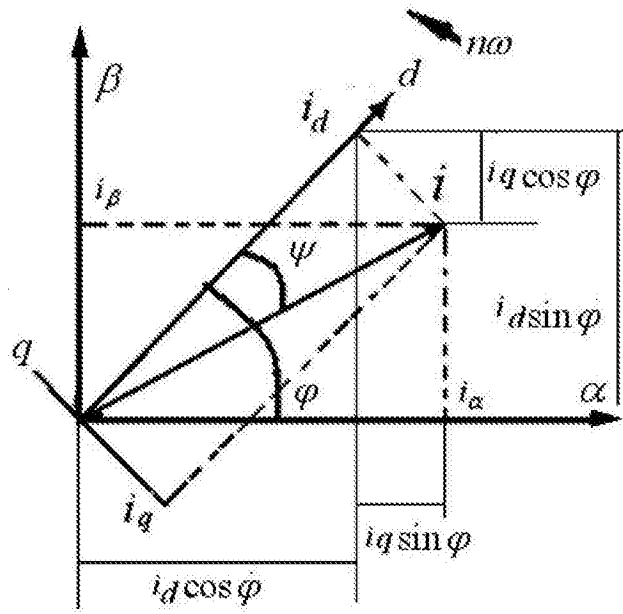


图 3