(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2015 年 6 月 25 日 (25.06.2015)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2015/089943 A1

(51) 国际专利分类号:
G01R 23/16 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2014/072831

(22) 国际申请日: 2014 年 3 月 4 日 (04.03.2014)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201310690114.9 2013 年 12 月 16 日 (16.12.2013) CN

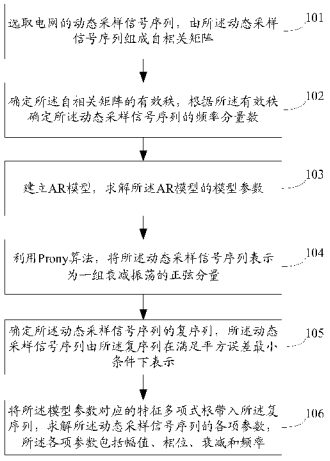
(71) 申请人: **国家电网公司** (STATE GRID CORPORATION OF CHINA (SGCC)) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。 **国网重庆市电力公司电力科学研究院** (STATE GRID CHONGQING ELECTRIC POWER CO. ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国重庆市渝北区黄山大道中段 80 号, Chongqing 401123 (CN)。 **重庆大学** (CHONGQING UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国重庆市沙坪坝区沙正街 174 号, Chongqing 400044 (CN)。

(72) 发明人: **欧习洋** (OU, Xiyang); 中国重庆市渝北区黄山大道中段 80 号, Chongqing 401123 (CN)。 **刘然** (LIU, Ran); 中国重庆市沙坪坝区沙正街 174 号, Chongqing 400044 (CN)。 **侯兴哲** (HOU, Xingzhe); 中国重庆市渝北区黄山大道中段 80 号, Chongqing 401123 (CN)。 **郑可** (ZHENG, Ke); 中国重庆市沙坪坝区沙正街 174 号, Chongqing 400044 (CN)。 **付志红** (FU, Zhihong); 中国重庆市渝北区黄山大道中段 80 号, Chongqing 401123 (CN)。 **胡晓锐** (HU, Xiaorui); 中国重庆市渝北区黄山大道中段 80 号, Chongqing 401123 (CN)。 **张晓勇** (ZHANG, Xiaoyong); 中国重庆市渝北区黄山大道中段 80 号, Chongqing 401123 (CN)。 **张淮清** (ZHANG, Huaiqing); 中国重庆市渝北区黄山大道中段 80 号, Chongqing 401123 (CN)。 **纪静** (JI, Jing); 中国重庆市渝北区黄山大道中段 80 号, Chongqing 401123 (CN)。 **吴华** (WU, Hua); 中国重庆市渝北区黄山大道中段 80 号, Chongqing 401123 (CN)。 **孙洪亮** (SUN, Hongliang); 中国重庆市渝北区黄山大道中段 80 号, Chongqing 401123 (CN)。

[见续页]

(54) **Title**: DYNAMIC SIGNAL PARAMETER ACQUISITION METHOD

(54) **发明名称** : 一种动态信号参数的获取方法



101 SELECTING A DYNAMIC SAMPLING SIGNAL SEQUENCE OF A POWER GRID, THE DYNAMIC SAMPLING SIGNAL SEQUENCE FORMING AN AUTOCORRELATION MATRIX
102 DETERMINING AN EFFECTIVE RANK OF THE AUTOCORRELATION MATRIX AND DETERMINING FREQUENCY COMPONENTS OF THE DYNAMIC SAMPLING SIGNAL SEQUENCE ACCORDING TO THE EFFECTIVE RANK
103 ESTABLISHING AN AR MODEL, AND RESOLVING A MODEL PARAMETER OF THE AR MODEL
104 EXPRESSING THE DYNAMIC SAMPLING SIGNAL SEQUENCE AS A SET OF ATTENUATED OSCILLATING SINUSOIDAL COMPONENTS USING A PRONY ALGORITHM
105 DETERMINING A COMPLEX SEQUENCE OF THE DYNAMIC SAMPLING SIGNAL SEQUENCE, THE DYNAMIC SAMPLING SIGNAL SEQUENCE BEING EXPRESSED BY THE COMPLEX SEQUENCE UNDER A CONDITION OF MINIMUM SQUARE ERROR
106 INTRODUCING A ROOT OF A CHARACTERISTIC POLYNOMIAL CORRESPONDING TO THE MODEL PARAMETER INTO THE COMPLEX SEQUENCE, AND RESOLVING VARIOUS PARAMETERS OF THE DYNAMIC SAMPLING SIGNAL SEQUENCE, THE VARIOUS PARAMETERS INCLUDING THE AMPLITUDE, THE PHASE, THE ATTENUATION AND THE FREQUENCY

图 1 / FIG. 1

(57) **Abstract**: A dynamic signal parameter acquisition method comprises: selecting a dynamic sampling signal sequence of a power grid to form an autocorrelation matrix (101); determining an effective rank of the autocorrelation matrix and frequency components of the dynamic sampling signal sequence (102); establishing an auto-regressive (AR) model, and resolving a model parameter of the AR model (103); expressing the dynamic sampling signal sequence as a set of attenuated oscillating sinusoidal components using a Prony algorithm (104); determining a complex sequence of the dynamic sampling signal sequence, the dynamic sampling signal sequence being expressed by the complex sequence under a condition of minimum square error (105); and introducing a root of a characteristic polynomial corresponding to the model parameter into the complex sequence, and resolving various parameters of the dynamic sampling signal sequence, the various parameters including the amplitude, the phase, the attenuation and the frequency (106). Instead of directly resolving parameters in the Prony algorithm, the method regards a current signal as a linear combination of each previous signal through AR parameter model method, and converts a nonlinear problem into a linear estimation problem, so that the computing process is simpler and the computing result is more accurate.

(57) **摘要**:

[见续页]

WO 2015/089943 A1

(74) **代理人**: **北京集佳知识产权代理有限公司 (UNITALEN ATTORNEYS AT LAW)**; 中国北京市朝阳区建国门外大街 22 号赛特广场 7 层, Beijing 100004 (CN)。

(81) **指定国** (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) **指定国** (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种动态信号参数的获取方法，包括：选取电网的动态采样信号序列组成自相关矩阵（101）；确定自相关矩阵的有效秩和动态采样信号序列的频率分量数（102）；建立 AR 模型，求解所述 AR 模型的模型参数（103）；利用 Prony 算法，将所述动态采样信号序列表示为一组衰减振荡的正弦分量（104）；确定所述动态采样信号序列的复序列，所述动态采样信号序列由所述复序列在满足平方误差最小条件下表示（105）；将所述模型参数对应的特征多项式根带入所述复序列，求解所述动态采样信号序列的各项参数，所述各项参数包括幅值、相位、衰减和频率（106）。该方法并不直接求解 Prony 算法中的参数，而是借助 AR 参数模型思路，将当前时刻信号看成由以前各时刻信号的线性组合形成，将非线性问题转换为线性估计问题，使得计算过程更加简单且计算结果更加精确。

一种动态信号参数的获取方法

技术领域

本申请要求于 2013 年 12 月 16 日提交中国专利局、申请号为 201310690114.9、发明名称为“一种动态信号参数的获取方法”的国内申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

背景技术

由于电力电子等非线性设备在电力系统中的广泛应用，不仅导致谐波和间谐波日益增多，而且还存在具有衰减振荡分量，严重影响了电力系统的安全运行。分析谐波、间谐波以及衰减振荡参数对电力系统有重要意义。

目前的谐波分析主要采用傅氏方法，将信号看成由一系列不衰减的正弦频率成分组成，因而无法给出动态信号中衰减振荡参数，同时在傅氏分析中的频谱泄漏和栅栏效应也会造成无法检测频率相近的接谐波的问题。自回归AR（Auto Regressive）参数谱估计方法通过建立参数模型逼近真实过程，较大提高了频率分辨率，可用于间谐波的频率分析中，但其无法给出谐波的幅值和相位参数。普罗尼Prony算法将动态信号看成由一系列具有任意幅值、相位、频率和衰减因子的衰减正弦分量组成，因而特别适合具有衰减振荡分量的非平稳过程研究。同时由于采用参数模型而克服了傅氏分析中频率分辨率受限于窗长的缺陷，因而还可用于间谐波检测中。但是，直接求解Prony算法中的幅值、相位频率和衰减因子参数将导致求解一个非线性最小二乘问题，其难度大且数值稳定性差。

因此，急需一种电网谐波分析中动态信号参数的获取方案，能快速准确的获取电网谐波中的动态信号参数。

发明内容

有鉴于此，本申请提供了一种动态信号参数的获取方法，用于快速准确的获取电网谐波中的动态信号参数。

为了实现上述目的，现提出的方案如下：

一种动态信号参数的获取方法，包括:

选取电网的动态采样信号序列，由所述动态采样信号序列组成自相关矩阵;

确定所述自相关矩阵的有效秩，根据所述有效秩确定所述动态采样信号序列的频率分量数;

建立 AR 模型，求解所述 AR 模型的模型参数;

利用 Prony 算法，将所述动态采样信号序列表示为一组衰减振荡的正弦分量;

确定所述动态采样信号序列的复序列，所述动态采样信号序列由所述复序列在满足平方误差最小条件下表示;

将所述模型参数对应的特征多项式根带入所述复序列，求解所述动态采样信号序列的各项参数，所述各项参数包括幅值、相位、衰减和频率。

优选地，所述自相关矩阵的阶数 P_e 满足以下公式: $N/4 < p_e < N/3$，其中 N 为采样点的个数。

优选地，所述确定所述自相关矩阵的有效秩，根据所述有效秩确定所述动态采样信号序列的频率分量数具体为:

利用 SVD 方法对所述自相关矩阵进行分解:

将所述自相关矩阵分解为: $\boldsymbol{R}_e = \boldsymbol{U}\boldsymbol{S}\boldsymbol{V}^{\mathrm{T}}$，其中 R_e 代表所述自相关矩阵，U 是 $p_e \times p_e$ 维正交矩阵，$\boldsymbol{V}$ 是 $(p_e+1)\times(p_e+1)$ 维正交矩阵，$\boldsymbol{S}$ 是 $p_e \times (p_e+1)$ 维非负对角阵;

取所述对角阵 $\boldsymbol{S}$ 的前 p 个奇异值构成的对角阵 $\boldsymbol{\Sigma}_p$ 作 R_e 的最佳逼近 $\hat{R}_e$，$\hat{\boldsymbol{R}}_e = \boldsymbol{U}\boldsymbol{\Sigma}_p\boldsymbol{V}^{\mathrm{T}} = \boldsymbol{U}\begin{bmatrix}\boldsymbol{S}_p & \boldsymbol{0}\\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0}\end{bmatrix}\boldsymbol{V}^{\mathrm{T}}$，其中 $\boldsymbol{S}_p = diag(\sigma_1,\sigma_2,\ldots,\sigma_p)$;

判断所述动态采样信号序列是否包含噪声;

若所述动态采样信号序列不包含噪声，则计算 $\beta_i = \sigma_{i+1}/\sigma_i$，$1 \le i \le p_e - 1$，将 β_i 取得最大值时对应的 i 确定为有效秩 P，将 P/2 的整数部分确定为所述

频率分量数P'；

若所述动态采样信号序列包含噪声，则根据信噪比和β_i的局部最大值确定有效秩 P，将 P/2 的整数部分确定为所述频率分量数P'。

优选地，所述建立 AR 模型的过程具体为：

将所述动态采样信号序列表示为：$x(n)=-\sum_{k=1}^{C}a_k x(n-k)+w(n)$，其中 C 为模型阶数，$w(n)$是零均值白噪声序列，$a_k$为 C 阶 AR 模型的模型参数。

优选地，所述求解所述 AR 模型的模型参数的过程具体为：

判断所述动态采样信号序列是否包含噪声；

若所述动态采样信号序列不包含噪声，取 AR 模型的阶数 C 为所述有效秩 P;

若所述动态采样信号序列包含噪声，取 AR 模型的阶数 C 为所述自相关矩阵的阶数P_e；

使用协方差算法，求出所述模型参数a_k。

优选地，所述利用 Prony 算法，将所述动态采样信号序列表示为一组衰减振荡的正弦分量具体为：

将所述动态采样信号序列表示为：

$x(n)=\sum_{i=1}^{q}A_i e^{\alpha_i nT_s}\cos(2\pi f_i nT_s+\theta_i)$，式中$T_s$为采样周期，q 为谐波次数。

优选地，所述确定所述动态采样信号序列的复序列具体为：

将所述复序列表示为：$\hat{x}(n)=\sum_{m=1}^{2q}b_m z_m^n \quad ,n=0,1,\cdots,N-1$，式中$b_m=A_m\exp(j\theta_m)$，$z_m=\exp[(\alpha_m+j2\pi f_m)T_s]$，$A_m,\theta_m,\alpha_m,f_m$对应为幅值、相位、衰

减和频率参数。

优选地，所述平方误差最小条件具体为：

$$\min\left[\varepsilon=\sum_{n=0}^{N-1}\left|x(n)-\hat{x}(n)\right|^2\right]。$$

优选地，所述将所述模型参数对应的特征多项式根带入所述复序列，求解所述动态采样信号序列的各项参数具体为：

由所述模型参数a_k构成特征多项式，求解其特征多项式的根z_k，z_k即对应为所述复序列表达式中的z_m；

将z_m带入所述复序列表达式中，利用最小二乘法确定参数b_m；

求解各项参数的表达式为：$\begin{cases} A_m=\left|b_m\right| \\ \theta_m=\tan^{-1}\left[\mathrm{Im}(b_m)/\mathrm{Re}(b_m)\right] \\ \alpha_m=\ln\left|z_m\right|/T_s \\ f_m=\tan^{-1}\left[\mathrm{Im}(z_m)/\mathrm{Re}(z_m)\right]/2\pi T_s \end{cases}$。

优选地，在所述求解所述动态采样信号序列的各项参数之后还包括：

根据求解的结果，判断频点数是否等于所述频率分量数P'，若是则结束，否则选取幅值较大的前P'个分量。

从上述的技术方案可以看出，本申请公开的电网动态信号参数的获取方法，首先确定动态信号的频率分量数，再利用 AR 方法确定动态信号的模型参数，最后使用 Prony 算法来求解动态信号中的频率、幅值、相位和衰减参数。本申请并不直接求解 Prony 算法中的参数，而是借助 AR 参数模型思路，将当前时刻信号看成由以前各时刻信号的线性组合形成，将非线性问题转换为线性估计问题，使得计算过程更加简单且计算结果更加精确。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对

实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其它的附图。

图 1 为本申请实施例公开的一种动态信号参数的获取方法流程图;

图 2 为本申请实施例公开的一种确定动态信号的频率分量数的方法流程图;

图 3 为本申请实施例公开的一种确定动态信号频率分量数及动态信号 AR 模型参数的方法流程图;

图 4 为本申请实施例公开的另一种动态信号参数的获取方法流程图;

图 5 为本申请实施例公开的又一种动态信号参数的获取方法流程图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有付出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本申请保护的范围。

参见图 1

图 1 为本申请实施例公开的一种动态信号参数的获取方法流程图。

如图 1 所示，该方法包括:

步骤 101: 选取电网的动态采样信号序列，由所述动态采样信号序列组成自相关矩阵;

具体地，选取待分析的采样信号序列 $x(n)$，其采样点数为 N，选定模型阶数为 P_e，且满足 $N/4 < p_e < N/3$，模型阶数 P_e 在范围内任意选取整数。自相关矩阵 $\boldsymbol{R}_e$ 表示为:

$$R_e=\begin{bmatrix} r(1,0) & r(1,1) & \cdots & r(1,p_e) \\ r(2,0) & r(2,1) & \cdots & r(2,p_e) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r(p_e,0) & r(p_e,1) & & r(p_e,p_e) \end{bmatrix} \qquad (1)$$

各元素 $r(i,j)$ 定义为：

$$r(i,j)=\sum_{n=p_e}^{N-1}x(n-j)x(n-i),\qquad i,j=0,1,\ldots,p_e \qquad (2)$$

步骤 102：确定所述自相关矩阵的有效秩，根据所述有效秩确定所述动态采样信号序列的频率分量数；

具体地，计算上述公式（1）矩阵的有效秩 P，然后根据有效秩即可确定动态信号的频率分量数。

步骤 103：建立 AR 模型，求解所述 AR 模型的模型参数；

具体地，AR 模型假定信号 $x(n)$ 是由零均值白噪声序列 $w(n)$ 激励一个全极点的线性时不变离散时间系统得到的，即：

$x(n)=-\sum_{k=1}^{C}a_k x(n-k)+w(n)$，其中 C 为模型阶数，$w(n)$ 是零均值白噪声序列，a_k 为 C 阶 AR 模型的模型参数。求解 AR 模型的模型参数。

步骤 104：利用 Prony 算法，将所述动态采样信号序列表示为一组衰减振荡的正弦分量；

具体地，将所述动态采样信号序列表示为：

$x(n)=\sum_{i=1}^{q}A_i e^{\alpha_i nT_s}\cos(2\pi f_i nT_s+\theta_i)$，式中 T_s 为采样周期，q 为谐波次数。

步骤 105：确定所述动态采样信号序列的复序列，所述动态采样信号序列由所述复序列在满足平方误差最小条件下表示；

步骤 106：将所述模型参数对应的特征多项式根带入所述复序列，求解所述动态采样信号序列的各项参数，所述各项参数包括幅值、相位、衰减和频率。

本实施例公开的电网动态信号参数的获取方法，首先确定动态信号的频率分量数，再利用 AR 方法确定动态信号的模型参数，最后使用 Prony

算法来求解动态信号中的频率、幅值、相位和衰减参数。本申请并不直接求解 Prony 算法中的参数，而是借助 AR 参数模型思路，将当前时刻信号看成由以前各时刻信号的线性组合形成，将非线性问题转换为线性估计问题，使得计算过程更加简单且计算结果更加精确。

实施例二

本实施例中，我们详细介绍确定动态信号频率分量数的过程。

通过实施例一我们已经确定了自相关矩阵 $\boldsymbol{R}_e$，接下来可以应用 SVD 算法确定矩阵 $\boldsymbol{R}_e$ 的有效秩 P，进而通过有效秩 P 来确定动态信号频率分量数，具体地是将自相关矩阵 $\boldsymbol{R}_e$ 分解为:

$$\boldsymbol{R}_e = \boldsymbol{U}\boldsymbol{S}\boldsymbol{V}^{\mathrm{T}} \tag{3}$$

其中 R_e 代表所述自相关矩阵，U 是 $p_e \times p_e$ 维正交矩阵，$\boldsymbol{V}$ 是 $(p_e+1)\times(p_e+1)$ 维正交矩阵，$\boldsymbol{S}$ 是 $p_e \times (p_e+1)$ 维非负对角阵，其对角线上元素 σ_{kk} 即为矩阵 $\boldsymbol{R}_e$ 的奇异值，且满足 $\sigma_{11} \geq \sigma_{22} \geq \cdots \geq \sigma_{p_e,p_e} \geq 0$。可见，矩阵 $\boldsymbol{R}_e$ 较大的奇异值集中在对角阵 $\boldsymbol{S}$ 的前段，因此可以取其前 P 个奇异值构成的对角阵 $\boldsymbol{\Sigma}_p$ 作 $\boldsymbol{R}_e$ 的最佳逼近 $\hat{R}_e$，

$$\hat{\boldsymbol{R}}_e = \boldsymbol{U}\boldsymbol{\Sigma}_p\boldsymbol{V}^{\mathrm{T}} = \boldsymbol{U}\begin{bmatrix}\boldsymbol{S}_p & \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0}\end{bmatrix}\boldsymbol{V}^{\mathrm{T}}，\text{其中 } \boldsymbol{S}_p = diag(\sigma_1,\sigma_2,\ldots,\sigma_p) \tag{4}$$

有效秩 P 及频率分量数的确定过程:

判断动态采样信号序列是否包含噪声，若信号 $x(n)$ 不含噪声，则 $\boldsymbol{S}$ 的前 P 个奇异值显著大于后面的奇异值，可以计算 $\beta_i = \sigma_{i+1}/\sigma_i$，$1 \leq i \leq p_e - 1$，将 β_i 取得最大值时对应的 i 确定为有效秩 P，信号的频率分量数 P' 为 P/2 的整数部分;

若信号 $x(n)$ 包含噪声，则可以根据信噪比并结合 β_i 的局部最大值确定有效秩 P，信号的频率分量数 P' 为 P/2 的整数部分。

参见图 2，图 2 为本申请实施例公开的一种确定动态信号的频率分量

数的方法流程图。

上述过程概括起来如下:

步骤 201: 接收动态信号，并组成自相关矩阵;

步骤 202: 利用 SVD 分解所述自相关矩阵;

步骤 203: 判断动态信号是否包含噪声;

步骤 204: 若判断结果为否，则计算$\beta_i=\sigma_{i+1}/\sigma_i$，将$\beta_i$最大时对应的$i$确定为有效秩 P，将 P/2 的整数部分确定为频率分量数;

步骤 205: 若判断结果为是，则根据信噪比和β_i的局部最大值确定有效秩 P,将 P/2 的整数部分确定为频率分量数。

通过上面的过程，即可确定电网动态信号的频率分量数。

且采用 SVD 方法即使在短采样周期也有很高的频率分辨率,可准确确定动态信号频率分量数，可较好分别出信号的间谐波分量，同时也克服了 AR 模型阶数选取困难问题。

实施例三

本实施例中我们详细介绍确定动态信号模型参数的过程。

建立 AR 模型，AR 模型假定信号$x(n)$是由零均值白噪声序列$w(n)$激励一个全极点的线性时不变离散时间系统得到的，即:

$$x(n)=-\sum_{k=1}^{C}a_k x(n-k)+w(n) \qquad (5)$$

上式中，C 为模型阶数，a_k为 C 阶 AR 模型的模型参数。

经过上一实施例确定的有效秩 P，对于不含噪声的信号，取 AR 模型阶数为 P 阶; 而对含噪声的信号，AR 模型阶数需大幅度提高，可取为P_e阶，通过协方差算法可给出模型参数a_k为$\{1,a_1,a_2\cdots a_p\}$或$\{1,a_1,a_2,\cdots a_{P_e}\}$，则对应的分别为 AR(P)模型或 AR（$P_e$）模型。

参见图 3，图 3 为本申请实施例公开的一种确定动态信号频率分量数及动态信号 AR 模型参数的方法流程图。

在上一实施例的步骤 205 之后，进一步增加:

步骤 206：取 AR(P)模型计算a_k；

步骤 207：取 AR（P_e）模型计算a_k。

实施例四

本实施例中我们详细介绍动态信号的参数确定过程。

利用 Prony 算法把信号$x(n)$看成由一组衰减振荡的正弦分量组成，即：

$$x(n)=\sum_{i=1}^{q}A_i e^{\alpha_i nT_s}\cos(2\pi f_i nT_s+\theta_i) \qquad (6)$$

式中，T_s为采样周期，q 为谐波次数。

动态信号$x(n)$可以其复序列$\hat{x}(n)$在满足平方误差最小条件下近似表示，复序列$\hat{x}(n)$表示为：

$$\hat{x}(n)=\sum_{m=1}^{2q}b_m z_m^n \qquad ,n=0,1,\cdots,N-1 \qquad (7)$$

式中，$b_m=A_m\exp(j\theta_m)$，$z_m=\exp\left[(\alpha_m+j2\pi f_m)T_s\right]$，$A_m,\theta_m,\alpha_m,f_m$分别对应为幅值、相位、衰减和频率参数。

平方误差最小条件为：

$$\min\left[\varepsilon=\sum_{n=0}^{N-1}\left|x(n)-\hat{x}(n)\right|^2\right] \qquad (8)$$

由$\hat{x}(n)$的表达式可知，其为常系数线性差分方程的齐次解形式，结合实施例三中的公式（5）$x(n)$的差分表示形式，可知实施例三中求得的 AR 模型参数a_k即对应为公式（7）差分方程的系数，进而由模型参数a_k构成的特征多项式根z_k即对应为复序列表达式中的z_m。再将求得的z_m带入$\hat{x}(n)$表达式并应用最小二乘法可确定参数b_m，最终可给出$A_m,\theta_m,\alpha_m,f_m$的计算公式为：

$$\begin{cases} A_m=\left|b_m\right| \\ \theta_m=\tan^{-1}\left[\mathrm{Im}(b_m)/\mathrm{Re}(b_m)\right] \\ \alpha_m=\ln\left|z_m\right|/T_s \\ f_m=\tan^{-1}\left[\mathrm{Im}(z_m)/\mathrm{Re}(z_m)\right]/2\pi T_s \end{cases} \qquad (9)$$

图 4 为本申请实施例公开的另一种动态信号参数的获取方法流程图。

在上一实施例的基础上，本实施例进一步增加了：

步骤 208：利用 Prony 算法确定动态信号表达式 $x(n)$ 及复序列表达式 $\hat{x}(n)$；

步骤 209：计算模型参数 a_k 对应特征多项式的根 z_k 即为复序列 $\hat{x}(n)$ 中的 z_m；

步骤 210：应用最小二乘法确定复序列 $\hat{x}(n)$ 中的 b_m；

步骤 211：由 z_m 和 b_m 确定动态信号的幅值、相位、衰减和频率参数。

通过将 AR 方法和 Prony 算法结合，利用 AR 方法求出 z_m，再利用 Prony 算法确定幅值、相位、衰减和频率参数，克服了 AR 方法仅能给出频率信息的局限，也避免了直接求解 Prony 模型需要解决一个非线性最小二乘问题。

实施例五

参见图 5，图 5 为本申请实施例公开的又一种动态信号参数的获取方法流程图。

由于在确定模型参数 a_k 时出现了两种情况，即有噪声和无噪声的情况，在有噪声时选取的 AR 模型阶数 P_e，而 P_e 显著大于频率分量数 P' 即 P/2，所以在最后计算出的参数中，对应于有噪声的情况下，频点数肯定大于 P'，所以我们增加了频点数判断过程，即步骤 212：判断频点数是否等于频率分量数 P'；步骤 213：若判断结果为否，则选取幅值较大的前 P' 个分量；若判断结果为是，则结束流程。这样，即可确定出 P' 个参数。

实施例六

本实施例中我们将对比传统的利用 Prony 算法来获取动态信号的参数和本申请的获取方法。

算例一：

我们选取电网动态信号模型为:

$$x(t)=3\cos(2\pi\times25t+\pi/5)+150\cos(2\pi\times50t+\pi/4)+20\cos(2\pi\times150t+\pi/6)+2\cos(2\pi\times180t+\pi/3)+15\cos(2\pi\times250t+\pi/8)$$

选取采用频率 Fs=2000Hz，采样时间 0.04s，采样点数 80 个，分别考虑不加噪声、加 40dB 的噪声情况下传统 Prony 方法与本申请的方法的计算结果。参见下表 1:

谐波参数	实际值	无噪声		SNR=40	
		传统 Prony 法	本申请方法	传统 Prony 法	本申请方法
频率 1/Hz	25.0000	24.9511	24.9915	25.3191	25.1315
幅值 1/V	3.0000	2.9973	3.0001	3.0559	3.2923
相位 1/rad	0.6283	0.6297	0.6284	0.6250	0.6292
频率 2/Hz	50.0000	50.2373	49.9936	50.0517	49.9972
幅值 2/V	150.0000	150.0688	149.9699	148.7885	149.9251
相位 2/rad	0.7854	0.7850	0.7854	0.7907	0.7863
频率 3/Hz	150.0000	150.2105	149.9684	146.4531	150.0038
幅值 3/V	20.0000	19.9805	19.9997	20.1980	20.0062
相位 3/rad	0.5236	0.5256	0.5236	0.5247	0.5236
频率 4/Hz	180.0000	180.3985	180.0494	180.4710	179.9445
幅值 4/V	2.0000	1.9951	2.0001	2.0243	2.0156
相位 4/rad	1.0472	1.0458	1.0471	1.0443	1.0510
频率 5/Hz	250.0000	250.6705	250.0817	249.6672	249.9987
幅值 5/V	15.0000	15.0116	15.0025	14.8094	15.0016
相位 5/rad	0.3927	0.3930	0.3927	0.3862	0.3931

表 1

算例二:

我们选取含间谐波和衰减分量的动态电网信号模型为;

$$x(t)=150e^{-0.4\pi t}\cos(2\pi f_1 t+\pi/3)+10e^{-0.6\pi t}\cos(2\pi f_2 t+\pi/4)+2e^{-0.2\pi t}\cos(2\pi f_3 t+\pi/5)$$

其中 f1=50Hz，f2=148Hz，f3=245Hz，取采样频率 Fs=2000Hz，采样时间 0.1s，采样点数 200 个，分别考虑不加噪声、加 40dB 的噪声情况下传统 Prony 法与本申请方法的计算结果。参见下表 2:

谐波参数	实际值	无噪声		SNR=40	
		传统 Prony 法	本申请方法	传统 Prony 法	本申请方法
频率 1/Hz	25.0000	24.9909	25.0028	25.4194	24.9540
幅值 1/V	3.0000	2.9851	3.0028	3.0599	2.9951
相位 1/rad	0.6283	0.6260	0.6283	0.6327	0.6276
衰减	-1.2566	-1.2564	-1.2563	-1.2394	-1.2561
频率 2/Hz	50.0000	50.2471	50.0128	50.1815	50.0088
幅值 2/V	150.0000	149.5507	149.9101	149.1494	150.0344
相位 2/rad	0.7854	0.7912	0.7854	0.7772	0.7844
衰减	-1.8850	-1.8773	-1.8854	-1.8981	-1.8863
频率 3/Hz	150.0000	150.4838	149.9778	150.7260	150.0640
幅值 3/V	20.0000	19.8690	19.9983	19.9612	20.0291
相位 3/rad	0.5236	0.5213	0.5236	0.5216	0.5233
衰减	-0.6283	-0.6268	-0.6284	-0.6227	-0.6283

表 2

从表 1 和表 2 的对比可见，在谐波、间谐波和衰减分量的检测中，采用本申请的参数获取方法能够大幅提高计算精度，而且对噪声有较好的适应性。

最后，还需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即

可。

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

权 利 要 求

1、一种动态信号参数的获取方法，其特征在于，包括:

选取电网的动态采样信号序列，由所述动态采样信号序列组成自相关矩阵;

确定所述自相关矩阵的有效秩，根据所述有效秩确定所述动态采样信号序列的频率分量数;

建立 AR 模型，求解所述 AR 模型的模型参数;

利用 Prony 算法，将所述动态采样信号序列表示为一组衰减振荡的正弦分量;

确定所述动态采样信号序列的复序列，所述动态采样信号序列由所述复序列在满足平方误差最小条件下表示;

将所述模型参数对应的特征多项式根带入所述复序列，求解所述动态采样信号序列的各项参数，所述各项参数包括幅值、相位、衰减和频率。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述自相关矩阵的阶数 P_e 满足以下公式: $N/4 < p_e < N/3$，其中 N 为采样点的个数。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述确定所述自相关矩阵的有效秩，根据所述有效秩确定所述动态采样信号序列的频率分量数具体为:

利用 SVD 方法对所述自相关矩阵进行分解:

将所述自相关矩阵分解为: $\boldsymbol{R}_e = \boldsymbol{U}\boldsymbol{S}\boldsymbol{V}^{\mathrm{T}}$，其中 R_e 代表所述自相关矩阵，U 是 $p_e \times p_e$ 维正交矩阵，$\boldsymbol{V}$ 是 $(p_e+1)\times(p_e+1)$ 维正交矩阵，$\boldsymbol{S}$ 是 $p_e \times (p_e+1)$ 维非负对角阵;

取所述对角阵 $\boldsymbol{S}$ 的前 p 个奇异值构成的对角阵 $\boldsymbol{\Sigma}_p$ 作 R_e 的最佳逼近 $\hat{R}_e$，$\hat{\boldsymbol{R}}_e = \boldsymbol{U}\boldsymbol{\Sigma}_p\boldsymbol{V}^{\mathrm{T}} = \boldsymbol{U}\begin{bmatrix}\boldsymbol{S}_p & \boldsymbol{0}\\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0}\end{bmatrix}\boldsymbol{V}^{\mathrm{T}}$，其中 $\boldsymbol{S}_p = diag(\sigma_1,\sigma_2,\ldots,\sigma_p)$;

判断所述动态采样信号序列是否包含噪声;

若所述动态采样信号序列不包含噪声，则计算$\beta_i=\sigma_{i+1}/\sigma_i$，　$1\le i\le p_e-1$，将β_i取得最大值时对应的i确定为有效秩P，将P/2的整数部分确定为所述频率分量数P'；

若所述动态采样信号序列包含噪声，则根据信噪比和β_i的局部最大值确定有效秩P，将P/2的整数部分确定为所述频率分量数P'。

4、根据权利要求3所述的方法，其特征在于，所述建立AR模型的过程具体为：

将所述动态采样信号序列表示为：　$x(n)=-\sum_{k=1}^{C}a_k x(n-k)+w(n)$，其中C为模型阶数，$w(n)$是零均值白噪声序列，$a_k$为C阶AR模型的模型参数。

5、根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述求解所述AR模型的模型参数的过程具体为：

判断所述动态采样信号序列是否包含噪声；

若所述动态采样信号序列不包含噪声，取AR模型的阶数C为所述有效秩P；

若所述动态采样信号序列包含噪声，取AR模型的阶数C为所述自相关矩阵的阶数P_e；

使用协方差算法，求出所述模型参数a_k。

6、根据权利要求5所述的方法，其特征在于，所述利用Prony算法，将所述动态采样信号序列表示为一组衰减振荡的正弦分量具体为：

将所述动态采样信号序列表示为：

$x(n)=\sum_{i=1}^{q}A_i e^{\alpha_i nT_s}\cos(2\pi f_i nT_s+\theta_i)$，式中$T_s$为采样周期，q为谐波次数。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述确定所述动态采样信号序列的复序列具体为：

将所述复序列表示为：$\hat{x}(n)=\sum_{m=1}^{2q}b_m z_m^n \quad ,n=0,1,\cdots,N-1$，式中 $b_m=A_m\exp(j\theta_m)$，$z_m=\exp\left[(\alpha_m+j2\pi f_m)T_s\right]$，$A_m,\theta_m,\alpha_m,f_m$ 对应为幅值、相位、衰减和频率参数。

8、根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述平方误差最小条件具体为：

$$\min\left[\varepsilon=\sum_{n=0}^{N-1}\left|x(n)-\hat{x}(n)\right|^2\right]。$$

9、根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述将所述模型参数对应的特征多项式根带入所述复序列，求解所述动态采样信号序列的各项参数具体为：

由所述模型参数 a_k 构成特征多项式，求解其特征多项式的根 z_k，z_k 即对应为所述复序列表达式中的 z_m；

将 z_m 带入所述复序列表达式中，利用最小二乘法确定参数 b_m；

求解各项参数的表达式为：$\begin{cases}A_m=\left|b_m\right| \\ \theta_m=\tan^{-1}\left[\mathrm{Im}(b_m)/\mathrm{Re}(b_m)\right] \\ \alpha_m=\ln\left|z_m\right|/T_s \\ f_m=\tan^{-1}\left[\mathrm{Im}(z_m)/\mathrm{Re}(z_m)\right]/2\pi T_s\end{cases}$。

10、根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，在所述求解所述动态采样信号序列的各项参数之后还包括：

根据求解的结果，判断频点数是否等于所述频率分量数 P'，若是则结束，否则选取幅值较大的前 P' 个分量。

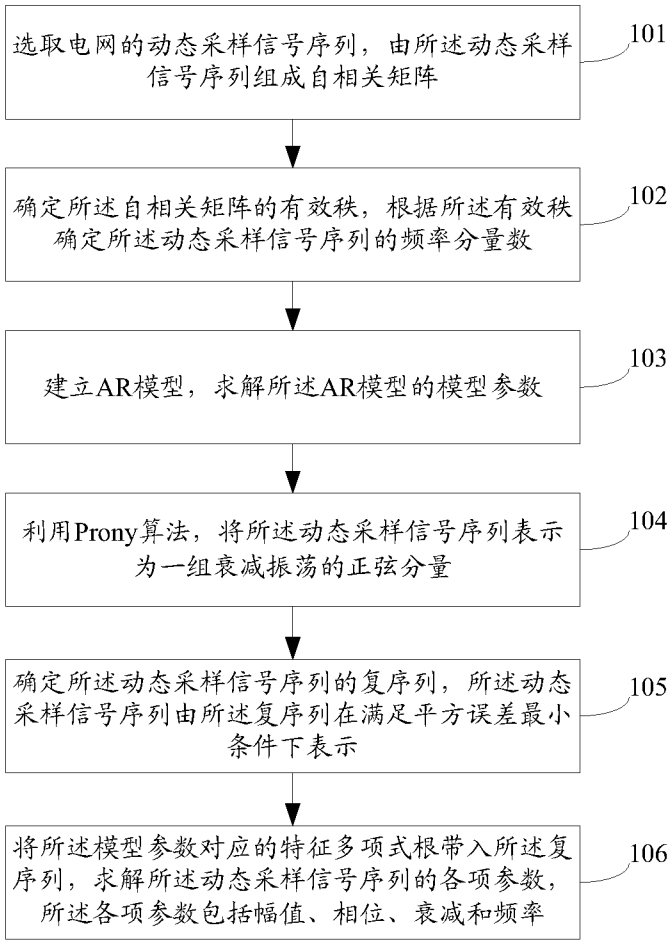

选取电网的动态采样信号序列，由所述动态采样信号序列组成自相关矩阵
101
确定所述自相关矩阵的有效秩，根据所述有效秩确定所述动态采样信号序列的频率分量数
102
建立AR模型，求解所述AR模型的模型参数
103
利用Prony算法，将所述动态采样信号序列表示为一组衰减振荡的正弦分量
104
确定所述动态采样信号序列的复序列，所述动态采样信号序列由所述复序列在满足平方误差最小条件下表示
105
将所述模型参数对应的特征多项式根带入所述复序列，求解所述动态采样信号序列的各项参数，所述各项参数包括幅值、相位、衰减和频率
106

图 1

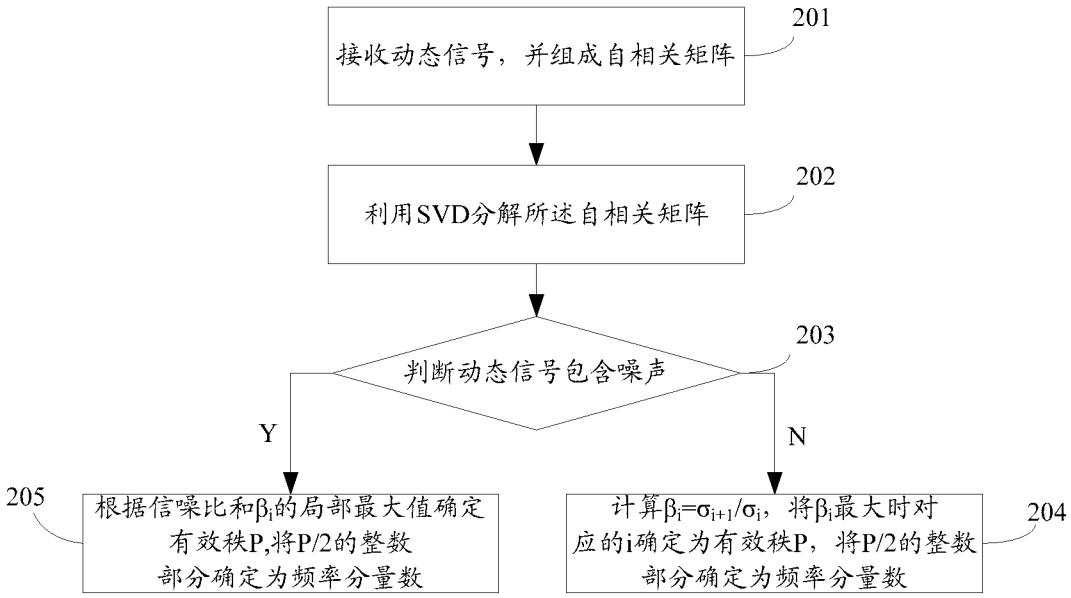

接收动态信号，并组成自相关矩阵
201
利用SVD分解所述自相关矩阵
202
判断动态信号包含噪声
203
Y
N
根据信噪比和βi的局部最大值确定有效秩P,将P/2的整数部分确定为频率分量数
205
计算βi=σi+1/σi，将βi最大时对应的i确定为有效秩P，将P/2的整数部分确定为频率分量数
204

图 2

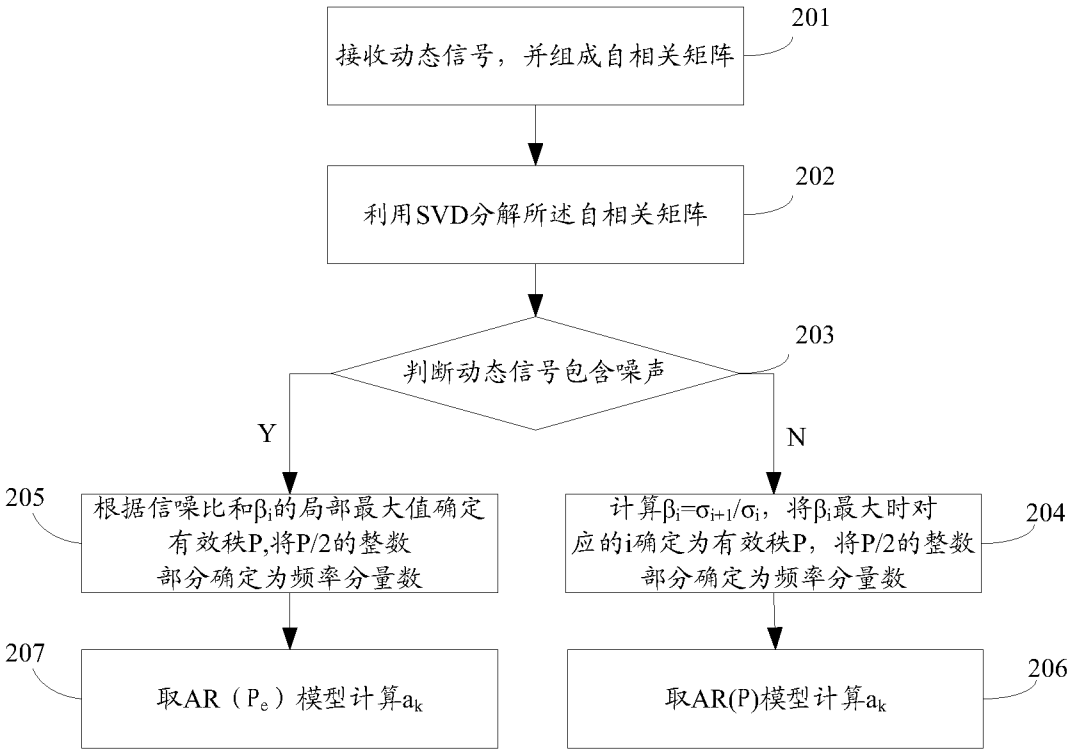

接收动态信号，并组成自相关矩阵
201
利用SVD分解所述自相关矩阵
202
判断动态信号包含噪声
203
Y
N
根据信噪比和βi的局部最大值确定有效秩P,将P/2的整数部分确定为频率分量数
205
计算βi=σi+1/σi，将βi最大时对应的i确定为有效秩P，将P/2的整数部分确定为频率分量数
204
取AR（Pe）模型计算ak
207
取AR(P)模型计算ak
206

图 3

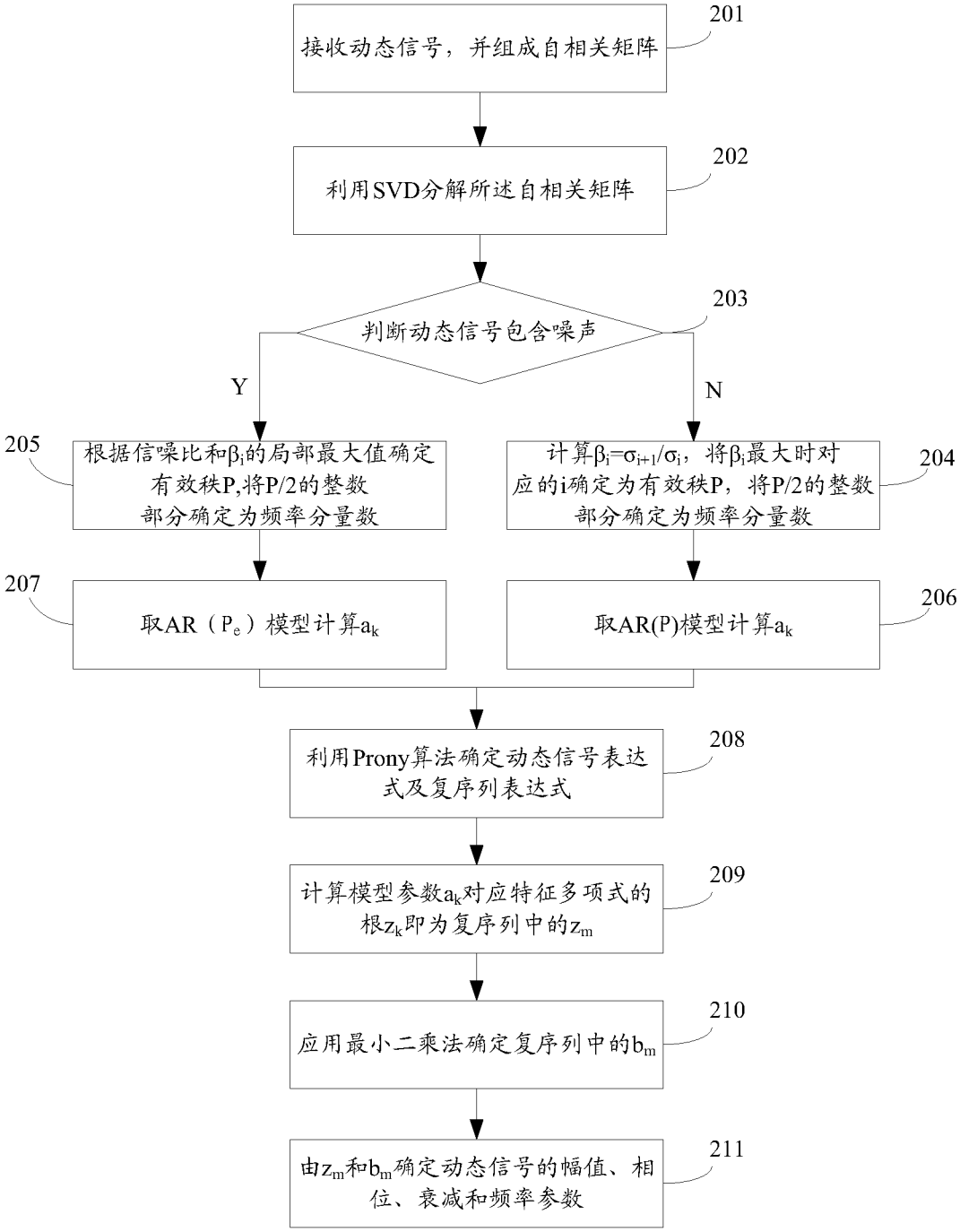

接收动态信号，并组成自相关矩阵
201
利用SVD分解所述自相关矩阵
202
判断动态信号包含噪声
203
Y
N
根据信噪比和βi的局部最大值确定有效秩P,将P/2的整数部分确定为频率分量数
205
计算βi=σi+1/σi，将βi最大时对应的i确定为有效秩P，将P/2的整数部分确定为频率分量数
204
取AR（Pe）模型计算ak
207
取AR(P)模型计算ak
206
利用Prony算法确定动态信号表达式及复序列表达式
208
计算模型参数ak对应特征多项式的根zk即为复序列中的zm
209
应用最小二乘法确定复序列中的bm
210
由zm和bm确定动态信号的幅值、相位、衰减和频率参数
211

图 4

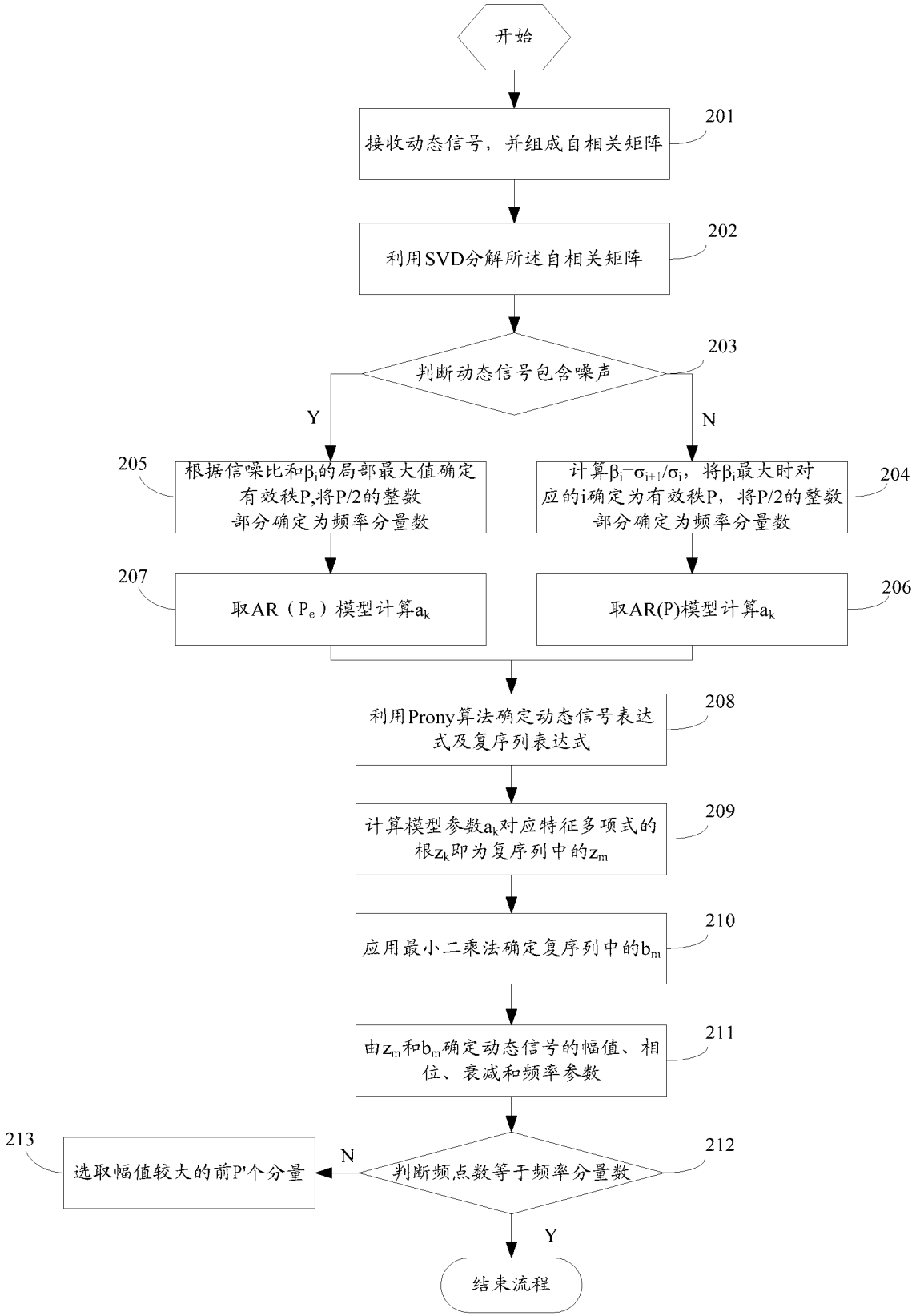

开始
接收动态信号，并组成自相关矩阵
201
利用SVD分解所述自相关矩阵
202
判断动态信号包含噪声
203
Y
N
根据信噪比和β_i的局部最大值确定有效秩P,将P/2的整数部分确定为频率分量数
205
计算$\beta_i=\sigma_{i+1}/\sigma_i$，将$\beta_i$最大时对应的i确定为有效秩P，将P/2的整数部分确定为频率分量数
204
取AR（P_e）模型计算a_k
207
取AR(P)模型计算a_k
206
利用Prony算法确定动态信号表达式及复序列表达式
208
计算模型参数a_k对应特征多项式的根z_k即为复序列中的z_m
209
应用最小二乘法确定复序列中的b_m
210
由z_m和b_m确定动态信号的幅值、相位、衰减和频率参数
211
判断频点数等于频率分量数
212
N
选取幅值较大的前P'个分量
213
Y
结束流程

图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/072831

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 23/16 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G01R; H02J; G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, CNABS, CNKI: STATE GRID; CHONGQING UNIVERSITY; OU, Xiyang; LIU, Ran; HOU, Xingzhe; ZHENG, Ke; FU, Zhihong; ZHANG, Huaiqing; JI, Jing; WU, Hua; SUN, Hongliang; electric power, power grid, dynamic signal, transient state, nonstationary, inter-harmonics, harmonic, low frequency oscillation, AR, autoregression, Prony

VEN, USTXT, EPTXT, WOTXT: power system, dynamic signal, low?frequency vibrat+, low?frequency oscillat+, sub?harmonic, inter?harmonic, harmonic, auto?regressive, auto?regression, AR, Prony

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	LIU, Sen et al., "New Method of Low frequency Oscillation Online Identification of Power Generators Based on Prony Algorithm", HEBEI ELECTRIC POWER, no. 1, vol. 33, 28 February 2014 (28.02.2014), ISSN: ISSN 1001-9898, pages 21-24	1-10
X	WU, Yanhua, "Research on the Application of the Spectrum Analysis Theory in the Detection of Harmonics and Inter-harmonics", CHINESE SELECTED DOCTORAL DISSERTATIONS AND MASTER'S THESES FULL-TEXT DATABASES (MASTER), no. 11, 15 November 2006 (15.11.2006), ISSN: ISSN 1671-6779, C042-118	1-10
A	CN 101566649 A (CHONGQING UNIVERSITY), 28 October 2009 (28.10.2009), the whole document	1-10
A	CN 102222911 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 19 October 2011 (19.10.2011), the whole document	1-10
A	CN 101609112 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 23 December 2009 (23.12.2009), the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 September 2014 (12.09.2014)	**22 September 2014 (22.09.2014)**
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer **YU, Xin** Telephone No.: (86-10) **62085168**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/072831

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101609112 A	23 December 2009	CN 101609112 B	29 June 2011
CN 101566649 A	28 October 2009	None	
CN 102222911 A	19 October 2011	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2014/072831

A. 主题的分类

G01R 23/16(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01R; H02J; G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

CNTXT, CNABS, CNKI：国家电网，重庆大学，欧习洋，刘然，侯兴哲，郑可，付志红，张淮清，纪静，吴华，孙洪亮，电力，电网，动态信号，瞬态，非平稳，间谐波，谐波，低频振荡，AR，自回归，Prony，普罗尼，普洛尼，波朗尼 VEN, USTXT, EPTXT, WOTXT: power system, dynamic signal, low?frequency vibrat+, low?frequency oscillat+, sub?harmonic, inter?harmonic, harmonic, auto?regressive, auto?regression, AR, Prony

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	刘森等. "基于Prony算法的发电机组间功率低频振荡在线辨识新方法" 河北电力技术, 第第1期卷, 第第33卷期, 2014年 2月 28日 (2014-02-28), ISSN：ISSN 1001-9898, 第21-24页	1-10
X	武艳华. "频谱分析理论在谐波及间谐波检测中的应用研究" 中国优秀博硕士学位论文全文数据库 (硕士) 工程科技Ⅱ辑, 第第11期卷, 2006年 11月 15日 (2006-11-15), ISSN：ISSN 1671-6779, C042-118	1-10
A	CN 101566649 A (重庆大学) 2009年 10月 28日 (2009-10-28) 全文	1-10
A	CN 102222911 A (哈尔滨工业大学) 2011年 10月 19日 (2011-10-19) 全文	1-10
A	CN 101609112 A (清华大学) 2009年 12月 23日 (2009-12-23) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2014年 9月 12日	2014年 9月 22日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451	受权官员 喻新 电话号码 (86-10)62085168

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2014/072831

检索报告引用的专利文件	公布日（年/月/日）	同族专利	公布日（年/月/日）
CN 101609112 A	2009年 12月 23日	CN 101609112 B	2011年 6月 29日
CN 101566649 A	2009年 10月 28日	无	
CN 102222911 A	2011年 10月 19日	无	