

(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
2020 年 8 月 6 日 (06.08.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/154846 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/00 (2006.01) **H02J 3/04** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/073438
- (22) 国际申请日: 2019 年 1 月 28 日 (28.01.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 深圳大学(SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。
- (72) 发明人: 彭建春(PENG, Jianchun); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 江辉(JIANG, Hui); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。

尹健(YIN, Jian); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。

- (74) 代理人: 深圳中一联合知识产权代理有限公司(SHENZHEN ZHONGYI UNION INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省深圳市福田区园岭街道深南中路 1014 号报春大厦 9 楼 (5 号信箱), Guangdong 518028 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,

(54) **Title:** LINEAR ASYMMETRY METHOD FOR BRANCH DISCONNECTION-TYPE STATIC SAFETY INSPECTION OF ALTERNATING CURRENT POWER NETWORK

(54) 发明名称: 交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法

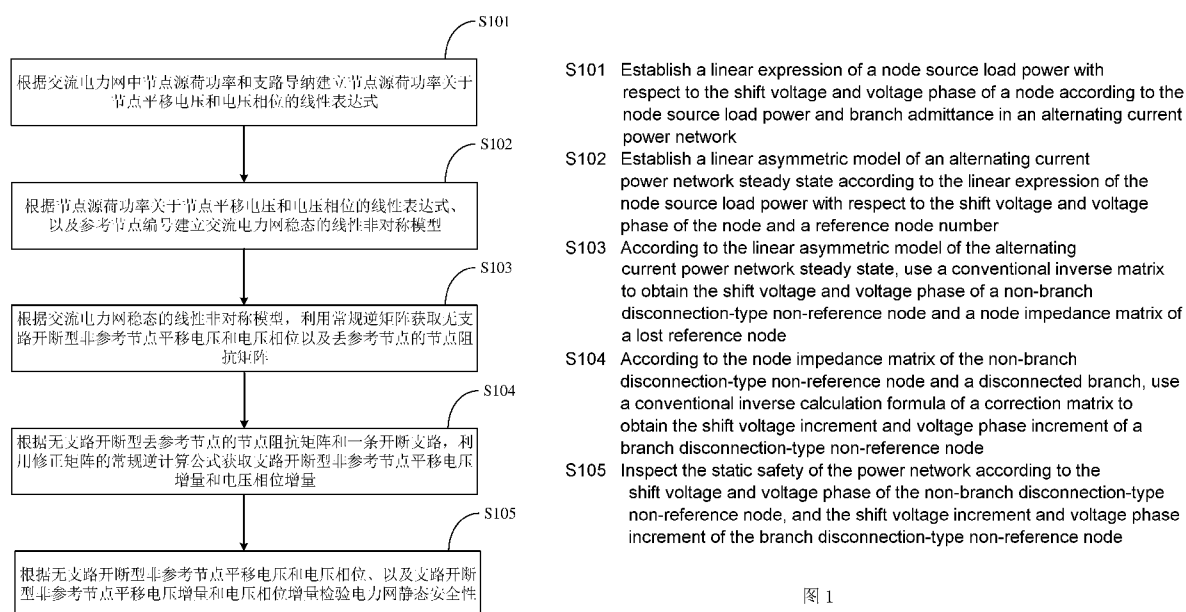


图 1

(57) **Abstract:** A linear asymmetry method for the branch disconnection-type static safety inspection of an alternating current power network: first, establishing a linear expression of a node source load power with respect to the shift voltage and voltage phase of a node according to the node source load power and branch admittance in an alternating current power network; then, establishing a linear asymmetric model of an alternating current power network steady state in conjunction with a reference node number; next, using a conventional inverse matrix to obtain the shift voltage and voltage phase of a non-branch disconnection-type non-reference node and a node impedance matrix of a lost reference node; then, according to the node impedance matrix and a disconnected branch, using

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, ST, 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))。

a conventional inverse calculation formula of a correction matrix to obtain the shift voltage increment and voltage phase increment of a branch disconnection-type non-reference node; finally, inspecting the static safety of the power network according to the shift voltage and voltage phase of the non-branch disconnection-type non-reference node, and the shift voltage increment and voltage phase increment of the branch disconnection-type non-reference node, thereby providing a fast and accurate method for achieving branch wheel-disconnection type static safety inspection.

(57) 摘要: 一种交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法, 首先根据交流电力网中节点源荷功率和支路导纳建立节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式; 再结合参考节点编号建立交流电力网稳态的线性非对称模型; 继而利用常规逆矩阵获取无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位以及参考节点的节点阻抗矩阵; 然后根据该节点阻抗矩阵和一条开断支路, 利用修正矩阵的常规逆计算公式获取支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量; 最后根据无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位以及支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量检验电力网静态安全性, 为实现支路轮断式静态安全性检验提供了一种快速准确方法。

交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法

技术领域

本发明涉及电力工程领域，尤其涉及一种交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法和计算机可读存储介质。

背景技术

交流电力网的支路开断型静态安全性检验是其安全运行的重要保障。由于实际电力网的支路数以千计，且电力电子化快速反映的特性日益突出，亟待研究既快速又准确的支路开断型静态安全性检验新方法。

现有的交流电力网支路开断型静态安全性检验的方法，要么基于直流潮流方程建立线路潮流与节点源荷有功之间的近似线性表达式实现，要么基于交流潮流的雅可比矩阵建立线路潮流与节点源荷有功和无功之间的局部线性表达式实现。前者由于以近似线性表达式为基础且忽略节点源荷无功功率对线路潮流的影响而不准确，后者因为以局部线性表达式为基础也不准确。若基于完整潮流计算来进行电力网支路开断型静态安全性检验，则又因为计算量巨大而不实用。

因此，现有的交流电力网支路开断型静态安全性检验方法要么不准确，要么不快速，难以适应电力电子化快速反应的现代电力网安全运行的要求。

发明内容

本发明实施例提供一种交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法和计算机可读存储介质，旨在解决现有的交流电力网支路开断型静态安全性检验方法存在不准确和不快速的问题。

本发明实施例第一方面提供了一种交流电力网支路开断型静态安全性检验

的线性非对称方法，包括：

根据交流电力网中节点源荷功率和支路导纳建立节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式；

根据所述节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式、以及参考节点编号建立交流电力网稳态的线性非对称模型；

根据所述交流电力网稳态的线性非对称模型，利用常规逆矩阵获取无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位以及丢参考节点的节点阻抗矩阵；

根据所述无支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵和一条开断支路，利用修正矩阵的常规逆计算公式获取支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量；

根据所述无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位、以及所述支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量检验电力网静态安全性。

本发明实施例第二方面提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法的步骤。

上述交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法在实施过程中最后根据无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位、以及支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量检验电力网静态安全性。一方面，这种方法中支路开断引起的非参考节点平移电压增量和电压相位增量基于无支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵修正得到，避免了重新求解常规逆矩阵，大大减小了计算量；另一方面，它同时计入了有功和无功全变量(而非增量)的影响，使获取的支路开断后完好支路潮流值准确。从而解决了现有的交流电力网支路开断型静态安全性检验方法不准确和不快速的问题。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中附图是本发明的一些实施

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他的附图。

图 1 是本发明实施例提供的一种交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法的实现流程图；

图 2 是本发明实施例提供的交流电力网通用模型的结构示意图。

具体实施方式

以下描述中，为了说明而不是为了限定，提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节，以便透彻理解本发明实施例。然而，本领域的技术人员应当清楚，在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本发明。在其它情况中，省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明，以免不必要的细节妨碍本发明的描述。

为了说明本发明所述的技术方案，下面通过具体实施例来进行说明。

请参见图 1 和图 2，本发明实施例提供的一种交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法，包括以下步骤：

步骤 S101, 根据交流电力网中节点源荷功率和支路导纳建立节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式；

步骤 S102, 根据所述节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式、以及参考节点编号建立交流电力网稳态的线性非对称模型；

步骤 S103, 根据所述交流电力网稳态的线性非对称模型，利用常规逆矩阵获取无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位以及丢参考节点的节点阻抗矩阵；

步骤 S104, 根据所述无支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵和一条开断支路，利用修正矩阵的常规逆计算公式获取支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量；

步骤 S105, 根据所述无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位、以及所述支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量检验电力网静态安全性。

对交流电力网中的全部支路轮流开断，按上述方法即可实现电力网静态安全性的扫描检验。这种方法给出的支路开断后完好支路潮流值，基于无支路开断型参考节点的节点阻抗矩阵修正(而非重新计算逆矩阵)求取、大大减小了计算量，而且还同时计入了有功和无功全变量(而非增量)的影响、结果准确。从而解决了现有的交流电力网支路开断型静态安全性检验方法不准确和不快速的问题。

步骤 S101 中，所述根据所述交流电力网中节点源荷功率和支路导纳建立节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式的方法具体为：

按照如下关系式建立节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式：

$$P_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n (-\theta_i b_{ij} + v_i g_{ij} + \theta_j b_{ij} - v_j g_{ij})$$

$$Q_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n (-\theta_i g_{ij} - v_i b_{ij} + \theta_j g_{ij} + v_j b_{ij})$$

其中， i 和 j 均为交流电力网中节点的编号，且都属于连续自然数的集合 $\{1, 2, \dots, n\}$ ； n 为所述交流电力网中节点的总个数； P_i 和 Q_i 分别为接于节点 i 的源荷有功功率和源荷无功功率，且统称为节点 i 的源荷功率；所述 P_i 等于接于节点 i 的电源有功功率减去负荷有功功率，所述 Q_i 等于接于节点 i 的电源无功功率减去负荷无功功率； g_{ij} 和 b_{ij} 分别是连接在节点 i 和节点 j 之间的支路 ij 的电导和电纳，且统称为支路 ij 的导纳； θ_i 和 θ_j 分别为节点 i 和节点 j 的电压相位； v_i 和 v_j 分别为节点 i 和节点 j 的平移电压，且都是平移 -1.0 后的标么值电压。

步骤 S102 中，所述根据所述节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式、以及参考节点编号建立交流电力网稳态的线性非对称模型的方法具体为：

按照如下关系式建立交流电力网稳态的线性非对称模型：

$$[P_1 Q_1 \cdots P_i Q_i \cdots P_{n-1} Q_{n-1}]^T = \mathbf{G}_0 [\theta_1 v_1 \cdots \theta_i v_i \cdots \theta_{n-1} v_{n-1}]^T,$$

且 $\mathbf{G}_0$ 先置零、再扫描支路按下式累加构建： $G_{02i-1, 2i-1} = G_{02i-1, 2i-1} - b_{ij}$ ，

$$G_{\bar{0}2i-1,2i} = G_{\bar{0}2i-1,2i} + g_{ij}, G_{\bar{0}2i-1,2j-1} = G_{\bar{0}2i-1,2j-1} + b_{ij}, G_{\bar{0}2i-1,2j} = G_{\bar{0}2i-1,2j} - g_{ij}, G_{\bar{0}2i,2i-1} = G_{\bar{0}2i,2i-1} - g_{ij}, G_{\bar{0}2i,2i} = G_{\bar{0}2i,2i} - b_{ij}, G_{\bar{0}2i,2j-1} = G_{\bar{0}2i,2j-1} + g_{ij}, G_{\bar{0}2i,2j} = G_{\bar{0}2i,2j} + b_{ij};$$

其中, i 和 j 均为交流电力网中节点的编号, 且都属于连续自然数的集合 $\{1, 2, \dots, n\}$; n 为所述交流电力网中节点的总个数; 编号为 n 的节点是已知的参考节点; P_1 和 Q_1 分别为接于节点 1 的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点 1 的源荷功率; 所述 P_1 等于接于节点 1 的电源有功功率减去负荷有功功率, 所述 Q_1 等于接于节点 1 的电源无功功率减去负荷无功功率; P_i 和 Q_i 分别为接于节点 i 的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点 i 的源荷功率; 所述 P_i 等于接于节点 i 的电源有功功率减去负荷有功功率, 所述 Q_i 等于接于节点 i 的电源无功功率减去负荷无功功率; P_{n-1} 和 Q_{n-1} 分别为接于节点 $n-1$ 的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点 $n-1$ 的源荷功率; 所述 P_{n-1} 等于接于节点 $n-1$ 的电源有功功率减去负荷有功功率, 所述 Q_{n-1} 等于接于节点 $n-1$ 的电源无功功率减去负荷无功功率; g_{ij} 和 b_{ij} 分别是连接在节点 i 和节点 j 之间的支路 ij 的电导和电纳, 且统称为支路 ij 的导纳; θ_1 、 θ_i 和 θ_{n-1} 分别为节点 1、节点 i 和节点 $n-1$ 的电压相位; v_1 、 v_i 和 v_{n-1} 分别为节点 1、节点 i 和节点 $n-1$ 的平移电压, 且都是平移 -1.0 后的标幺值电压; $G_{\bar{0}}$ 是 $2(n-1) \times 2(n-1)$ 维无支路开断型丢参考节点的节点导纳矩阵; $G_{\bar{0}2i-1,2i-1}$ 、 $G_{\bar{0}2i-1,2i}$ 、 $G_{\bar{0}2i-1,2j-1}$ 、 $G_{\bar{0}2i-1,2j}$ 、 $G_{\bar{0}2i,2i-1}$ 、 $G_{\bar{0}2i,2i}$ 、 $G_{\bar{0}2i,2j-1}$ 、 $G_{\bar{0}2i,2j}$ 都分别是所述节点导纳矩阵 $G_{\bar{0}}$ 中第 $2i-1$ 行第 $2i-1$ 列、第 $2i-1$ 行第 $2i$ 列、第 $2i-1$ 行第 $2j-1$ 列、第 $2i-1$ 行第 $2j$ 列、第 $2i$ 行第 $2i-1$ 列、第 $2i$ 行第 $2i$ 列、第 $2i$ 行第 $2j-1$ 列、第 $2i$ 行第 $2j$ 列的元素。

上述电力网稳态模型是线性的, 且参考节点的源荷功率、平移电压和电压相位都未被列入该模型中, 非参考节点的源荷功率与参考节点的源荷功率未被等同对待, 这正是称之为线性非对称模型的缘故。

步骤 S103 中, 所述根据所述交流电力网稳态的线性非对称模型, 利用常规逆矩阵获取无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位以及丢参考节点的节

点阻抗矩阵的方法具体为:

按照如下关系式获取无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位以及丢参考节点的节点阻抗矩阵:

$$[\theta_{\bar{0}1}v_{\bar{0}1} \cdots \theta_{\bar{0}i}v_{\bar{0}i} \cdots \theta_{\bar{0}n-1}v_{\bar{0}n-1}]^T = \mathbf{Z}_{\bar{0}}[P_1Q_1 \cdots P_iQ_i \cdots P_{n-1}Q_{n-1}]^T$$

$$\mathbf{Z}_{\bar{0}} = (\mathbf{G}_{\bar{0}})^{-1}$$

其中, i 为交流电力网中节点的编号, 且属于连续自然数的集合 $\{1, 2, \dots, n\}$; n 为所述交流电力网中节点的总个数; $\theta_{\bar{0}1}$ 、 $\theta_{\bar{0}i}$ 和 $\theta_{\bar{0}n-1}$ 分别为无支路开断型节点 1、节点 i 和节点 $n-1$ 的电压相位; $v_{\bar{0}1}$ 、 $v_{\bar{0}i}$ 和 $v_{\bar{0}n-1}$ 分别为无支路开断型节点 1、节点 i 和节点 $n-1$ 的平移电压, 且都是平移 -1.0 后的标么值电压; P_1 和 Q_1 分别为接于节点 1 的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点 1 的源荷功率; 所述 P_1 等于接于节点 1 的电源有功功率减去负荷有功功率, 所述 Q_1 等于接于节点 1 的电源无功功率减去负荷无功功率; P_i 和 Q_i 分别为接于节点 i 的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点 i 的源荷功率; 所述 P_i 等于接于节点 i 的电源有功功率减去负荷有功功率, 所述 Q_i 等于接于节点 i 的电源无功功率减去负荷无功功率; P_{n-1} 和 Q_{n-1} 分别为接于节点 $n-1$ 的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点 $n-1$ 的源荷功率; 所述 P_{n-1} 等于接于节点 $n-1$ 的电源有功功率减去负荷有功功率, 所述 Q_{n-1} 等于接于节点 $n-1$ 的电源无功功率减去负荷无功功率; $\mathbf{G}_{\bar{0}}$ 是 $2(n-1) \times 2(n-1)$ 维无支路开断型丢参考节点的节点导纳矩阵, 且 $(\mathbf{G}_{\bar{0}})^{-1}$ 是它的常规逆矩阵; $\mathbf{Z}_{\bar{0}}$ 是无支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵。

步骤 S104 中, 根据所述无支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵和一条开断支路, 利用修正矩阵的常规逆计算公式获取支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量的具体步骤包括:

先将无支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵赋值给支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵: $\mathbf{Z}_{\bar{m}l} = \mathbf{Z}_{\bar{0}}$, 并利用修正矩阵的常规逆计算公式按下述两式交替迭代计算出一条支路开断后丢参考节点的节点阻抗矩阵增量。

$$\Delta \mathbf{Z}_{\bar{m}l} = -\Delta d_{kh} \mathbf{Z}_{\bar{m}lk}^{\bar{c}} \mathbf{Z}_{\bar{m}lh}^{\bar{r}} / (1 + \mathbf{Z}_{\bar{m}lhk} \Delta d_{kh})$$

$$\mathbf{Z}_{\bar{m}l} = \mathbf{Z}_{\bar{m}l} + \Delta \mathbf{Z}_{\bar{m}l}$$

$\Delta d_{kh} \in \{\text{支路} ml \text{ 开断后产生的节点导纳矩阵的全部非零增量元素}\}$

再按下式计算一条支路开断后非参考节点平移电压增量和电压相位增量；

$$\begin{aligned} & [\Delta\theta_{\overline{ml}1} \ \Delta v_{\overline{ml}1} \cdots \Delta\theta_{\overline{ml}i} \ \Delta v_{\overline{ml}i} \cdots \Delta\theta_{\overline{ml}n-1} \ \Delta v_{\overline{ml}n-1}]^T \\ & = \Delta \mathbf{Z}_{\overline{ml}} [P_1 Q_1 \cdots P_i Q_i \cdots P_{n-1} Q_{n-1}]^T \end{aligned}$$

其中， m 和 l 均为交流电力网中节点的编号，且都属于连续自然数的集合 $\{1, 2, \dots, n\}$ ； n 为所述交流电力网中节点的总个数； ml 是已知的一条原来连接在节点 i 和节点 j 之间的开断支路； $\mathbf{Z}_0$ 是无支路开断型参考节点的节点阻抗矩阵； $\mathbf{Z}_{\overline{ml}}$ 和 $\Delta \mathbf{Z}_{\overline{ml}}$ 分别是支路 ml 开断后参考节点的节点阻抗矩阵及其增量； k 和 h 分别是所述节点阻抗矩阵 $\mathbf{Z}_{\overline{ml}}$ 的列号和行号； Δd_{kh} 是支路 ml 开断后产生的节点导纳矩阵第 k 行第 h 列的非零增量元素； $\mathbf{Z}_{\overline{ml}k}^c$ 、 $\mathbf{Z}_{\overline{ml}h}^r$ 和 $\mathbf{Z}_{\overline{ml}hk}$ 分别是所述节点阻抗矩阵 $\mathbf{Z}_{\overline{ml}}$ 中第 k 列向量、第 h 行向量、第 h 行第 k 列元素； $\Delta\theta_{\overline{ml}1}$ 、 $\Delta\theta_{\overline{ml}i}$ 和 $\Delta\theta_{\overline{ml}n-1}$ 分别为支路 ml 开断后节点1、节点 i 和节点 $n-1$ 的电压相位增量； $\Delta v_{\overline{ml}1}$ 、 $\Delta v_{\overline{ml}i}$ 和 $\Delta v_{\overline{ml}n-1}$ 分别为支路 ml 开断后节点1、节点 i 和节点 $n-1$ 的平移电压增量，且都是平移 -1.0 后的标么值电压； P_1 和 Q_1 分别为接于节点1的源荷有功功率和源荷无功功率，且统称为节点1的源荷功率；所述 P_1 等于接于节点1的电源有功功率减去负荷有功功率，所述 Q_1 等于接于节点1的电源无功功率减去负荷无功功率； P_i 和 Q_i 分别为接于节点 i 的源荷有功功率和源荷无功功率，且统称为节点 i 的源荷功率；所述 P_i 等于接于节点 i 的电源有功功率减去负荷有功功率，所述 Q_i 等于接于节点 i 的电源无功功率减去负荷无功功率； P_{n-1} 和 Q_{n-1} 分别为接于节点 $n-1$ 的源荷有功功率和源荷无功功率，且统称为节点 $n-1$ 的源荷功率；所述 P_{n-1} 等于接于节点 $n-1$ 的电源有功功率减去负荷有功功率，所述 Q_{n-1} 等于接于节点 $n-1$ 的电源无功功率减去负荷无功功率。

步骤 S105 中，根据所述无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位、以及所述支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量检验电力网静态安全性的具体步骤包括：

先按下式计算一条支路开断后任意一条完好支路的潮流。

$$P_{\overline{m}lij} = (v_{\overline{0}i} + \Delta v_{\overline{m}li} - v_{\overline{0}j} - \Delta v_{\overline{m}lj})g_{ij} + (\theta_{\overline{0}j} + \Delta\theta_{\overline{m}lj} - \theta_{\overline{0}i} - \Delta\theta_{\overline{m}li})b_{ij}$$

再对全部完好支路的潮流检验是否满足 $-P_{ij}^{\overline{u}} \leq P_{\overline{m}lij} \leq P_{ij}^{\overline{u}}$ ，若满足则该支路开断后电力网是静态安全的，否则是静态不安全的。

其中， i 、 j 、 m 和 l 均为交流电力网中节点的编号，且都属于连续自然数的集合 $\{1, 2, \dots, n\}$ ； n 为所述交流电力网中节点的总个数； ml 是已知的一条原来连接在节点 i 和节点 j 之间的开断支路； $P_{\overline{m}lij}$ 是支路 ml 开断后支路 ij 上的有功潮流； $P_{ij}^{\overline{u}}$ 是支路 ij 能够传输的有功潮流上限值； $\theta_{\overline{0}i}$ 和 $\theta_{\overline{0}j}$ 分别是无支路开断型节点 i 和节点 j 的电压相位； $\Delta\theta_{\overline{m}li}$ 和 $\Delta\theta_{\overline{m}lj}$ 分别是支路 ml 开断后节点 i 和节点 j 的电压相位增量； $v_{\overline{0}i}$ 和 $v_{\overline{0}j}$ 分别是无支路开断型节点 i 和节点 j 的平移电压， $\Delta v_{\overline{m}li}$ 和 $\Delta v_{\overline{m}lj}$ 分别是支路 ml 开断后节点 i 和节点 j 的平移电压增量，且它们都是平移 -1.0 后的标么值电压； g_{ij} 和 b_{ij} 分别是连接在节点 i 和节点 j 之间的支路 ij 的电导和电纳，且统称为支路 ij 的导纳。

上述交流电力网支路开断型静态安全性检验方法，是基于交流电力网稳态的线性非对称模型实现的。这正是称本发明为交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法的缘故。这种方法，不仅支路开断引起的非参考节点平移电压增量和电压相位增量基于无支路开断型参考节点的节点阻抗矩阵修正得到、避免了重新求解常规逆矩阵、大大减小了计算量，还同时计入了有功和无功全变量（而非增量）的影响、使获取的支路开断后完好支路潮流值准确，从而解决了现有的交流电力网支路开断型静态安全性检验方法不准确和不快速的问题。

本发明实施例提供的一种计算机可读存储介质，是存储有计算机程序的介质。所述计算机程序可以为源代码程序、对象代码程序、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机程序被处理器执行时实现如上实施例所述交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法的步骤。所述计算机可读存储介质可以包括能够携带所述计算机程序的任何实体或装置，例如 U 盘、移动硬盘、光盘、计算机存储器、随机存取存储器等。

以上所述实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法，其特征在于，包括：

根据交流电力网中节点源荷功率和支路导纳建立节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式；

根据所述节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式、以及参考节点编号建立交流电力网稳态的线性非对称模型；

根据所述交流电力网稳态的线性非对称模型，利用常规逆矩阵获取无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位以及丢参考节点的节点阻抗矩阵；

根据所述无支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵和一条开断支路，利用修正矩阵的常规逆计算公式获取支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量；

根据所述无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位、以及所述支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量检验电力网静态安全性。

2. 根据权利要求 1 所述的交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法，其特征在于，所述根据交流电力网中节点源荷功率和支路导纳建立节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式的方法具体为：

按照如下关系式建立节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式：

$$P_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n (-\theta_i b_{ij} + v_i g_{ij} + \theta_j b_{ij} - v_j g_{ij})$$

$$Q_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n (-\theta_i g_{ij} - v_i b_{ij} + \theta_j g_{ij} + v_j b_{ij})$$

其中， i 和 j 均为交流电力网中节点的编号，且都属于连续自然数的集合 $\{1, 2, \dots, n\}$ ； n 为所述交流电力网中节点的总个数； P_i 和 Q_i 分别为接于节点 i 的源荷有功功率和源荷无功功率，且统称为节点 i 的源荷功率； g_{ij} 和 b_{ij} 分别是连接在节点 i 和节点 j 之间的支路 ij 的电导和电纳，且统称为支路 ij 的导纳； θ_i 和 θ_j 分别为

节点*i*和节点*j*的电压相位； v_i 和 v_j 分别为节点*i*和节点*j*的平移电压，且都是平移-1.0后的标么值电压。

3. 根据权利要求1所述的交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法，其特征在于，所述根据所述节点源荷功率关于节点平移电压和电压相位的线性表达式、以及参考节点编号建立交流电力网稳态的线性非对称模型的方法具体为：

按照如下关系式建立交流电力网稳态的线性非对称模型：

$$[P_1 Q_1 \cdots P_i Q_i \cdots P_{n-1} Q_{n-1}]^T = \mathbf{G}_0 [\theta_1 v_1 \cdots \theta_i v_i \cdots \theta_{n-1} v_{n-1}]^T$$

且 $\mathbf{G}_0$ 先置零、再扫描支路按下式累加构建： $G_{\bar{0}2i-1,2i-1} = G_{\bar{0}2i-1,2i-1} - b_{ij}$ ， $G_{\bar{0}2i-1,2i} = G_{\bar{0}2i-1,2i} + g_{ij}$ ， $G_{\bar{0}2i-1,2j-1} = G_{\bar{0}2i-1,2j-1} + b_{ij}$ ， $G_{\bar{0}2i-1,2j} = G_{\bar{0}2i-1,2j} - g_{ij}$ ， $G_{\bar{0}2i,2i-1} = G_{\bar{0}2i,2i-1} - g_{ij}$ ， $G_{\bar{0}2i,2i} = G_{\bar{0}2i,2i} - b_{ij}$ ， $G_{\bar{0}2i,2j-1} = G_{\bar{0}2i,2j-1} + g_{ij}$ ， $G_{\bar{0}2i,2j} = G_{\bar{0}2i,2j} + b_{ij}$ ；

其中，*i*和*j*均为交流电力网中节点的编号，且都属于连续自然数的集合 $\{1, 2, \cdots, n\}$ ；*n*为所述交流电力网中节点的总个数；编号为*n*的节点是已知的参考节点； P_1 和 Q_1 分别为接于节点1的源荷有功功率和源荷无功功率，且统称为节点1的源荷功率； P_i 和 Q_i 分别为接于节点*i*的源荷有功功率和源荷无功功率，且统称为节点*i*的源荷功率； P_{n-1} 和 Q_{n-1} 分别为接于节点*n-1*的源荷有功功率和源荷无功功率，且统称为节点*n-1*的源荷功率； g_{ij} 和 b_{ij} 分别是连接在节点*i*和节点*j*之间的支路*ij*的电导和电纳，且统称为支路*ij*的导纳； θ_1 、 θ_i 和 θ_{n-1} 分别为节点1、节点*i*和节点*n-1*的电压相位； v_1 、 v_i 和 v_{n-1} 分别为节点1、节点*i*和节点*n-1*的平移电压，且都是平移-1.0后的标么值电压； $\mathbf{G}_0$ 是 $2(n-1) \times 2(n-1)$ 维无支路开断型丢参考节点的节点导纳矩阵； $G_{\bar{0}2i-1,2i-1}$ 、 $G_{\bar{0}2i-1,2i}$ 、 $G_{\bar{0}2i-1,2j-1}$ 、 $G_{\bar{0}2i-1,2j}$ 、 $G_{\bar{0}2i,2i-1}$ 、 $G_{\bar{0}2i,2i}$ 、 $G_{\bar{0}2i,2j-1}$ 、 $G_{\bar{0}2i,2j}$ 都是所述节点导纳矩阵 $\mathbf{G}_0$ 中的元素。

4. 根据权利要求1所述的交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法，其特征在于，所述根据所述交流电力网稳态的线性非对称模型，利用常规逆矩阵获取无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位以及丢参考节

点的节点阻抗矩阵的方法具体为:

按照如下关系式获取无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位以及丢参考节点的节点阻抗矩阵:

$$[\theta_{\bar{0}1}v_{\bar{0}1} \cdots \theta_{\bar{0}i}v_{\bar{0}i} \cdots \theta_{\bar{0}n-1}v_{\bar{0}n-1}]^T = \mathbf{Z}_{\bar{0}}[P_1Q_1 \cdots P_iQ_i \cdots P_{n-1}Q_{n-1}]^T$$

$$\mathbf{Z}_{\bar{0}} = (\mathbf{G}_{\bar{0}})^{-1}$$

其中, i 为交流电力网中节点的编号, 且属于连续自然数的集合 $\{1, 2, \dots, n\}$; n 为所述交流电力网中节点的总个数; $\theta_{\bar{0}1}$ 、 $\theta_{\bar{0}i}$ 和 $\theta_{\bar{0}n-1}$ 分别为无支路开断型节点 1、节点 i 和节点 $n-1$ 的电压相位; $v_{\bar{0}1}$ 、 $v_{\bar{0}i}$ 和 $v_{\bar{0}n-1}$ 分别为无支路开断型节点 1、节点 i 和节点 $n-1$ 的平移电压, 且都是平移 -1.0 后的标么值电压; P_1 和 Q_1 分别为接于节点 1 的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点 1 的源荷功率; P_i 和 Q_i 分别为接于节点 i 的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点 i 的源荷功率; P_{n-1} 和 Q_{n-1} 分别为接于节点 $n-1$ 的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点 $n-1$ 的源荷功率; $\mathbf{G}_{\bar{0}}$ 是 $2(n-1) \times 2(n-1)$ 维无支路开断型丢参考节点的节点导纳矩阵, 且 $(\mathbf{G}_{\bar{0}})^{-1}$ 是它的常规逆矩阵; $\mathbf{Z}_{\bar{0}}$ 是无支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵。

5. 根据权利要求 1 所述的交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法, 其特征在于, 所述根据所述无支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵和一条开断支路, 利用修正矩阵的常规逆计算公式获取支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量的步骤包括:

先将无支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵赋值给支路开断型丢参考节点的节点阻抗矩阵: $\mathbf{Z}_{\bar{ml}} = \mathbf{Z}_{\bar{0}}$, 并利用修正矩阵的常规逆计算公式按下述两式交替迭代计算出一条支路开断后丢参考节点的节点阻抗矩阵增量;

$$\Delta \mathbf{Z}_{\bar{ml}} = -\Delta d_{kh} \mathbf{Z}_{\bar{ml}k}^{\bar{c}} \mathbf{Z}_{\bar{ml}h}^{\bar{r}} / (1 + \mathbf{Z}_{\bar{ml}hk} \Delta d_{kh})$$

$$\mathbf{Z}_{\bar{ml}} = \mathbf{Z}_{\bar{ml}} + \Delta \mathbf{Z}_{\bar{ml}}$$

$\Delta d_{kh} \in \{\text{支路 } ml \text{ 开断后产生的节点导纳矩阵的全部非零增量元素}\}$

再按下式计算一条支路开断后非参考节点平移电压增量和电压相位增量;

$$\begin{aligned} & [\Delta\theta_{\overline{ml}1} \ \Delta v_{\overline{ml}1} \cdots \Delta\theta_{\overline{ml}i} \ \Delta v_{\overline{ml}i} \cdots \Delta\theta_{\overline{ml}n-1} \ \Delta v_{\overline{ml}n-1}]^T \\ & = \Delta \mathbf{Z}_{\overline{ml}} [P_1 Q_1 \cdots P_i Q_i \cdots P_{n-1} Q_{n-1}]^T \end{aligned}$$

其中, m 和 l 均为交流电力网中节点的编号, 且都属于连续自然数的集合 $\{1, 2, \dots, n\}$; n 为所述交流电力网中节点的总个数; ml 是已知的一条原来连接在节点 i 和节点 j 之间的开断支路; $\mathbf{Z}_0$ 是无支路开断型参考节点的节点阻抗矩阵; $\mathbf{Z}_{\overline{ml}}$ 和 $\Delta \mathbf{Z}_{\overline{ml}}$ 分别是支路 ml 开断后参考节点的节点阻抗矩阵及其增量; k 和 h 分别是所述节点阻抗矩阵 $\mathbf{Z}_{\overline{ml}}$ 的列号和行号; Δd_{kh} 是支路 ml 开断后产生的节点导纳矩阵第 k 行第 h 列的非零增量元素; $\mathbf{Z}_{\overline{ml}k}^{\bar{c}}$ 、 $\mathbf{Z}_{\overline{ml}h}^{\bar{r}}$ 和 $\mathbf{Z}_{\overline{ml}hk}$ 分别是所述节点阻抗矩阵 $\mathbf{Z}_{\overline{ml}}$ 中第 k 列向量、第 h 行向量、第 h 行第 k 列元素; $\Delta\theta_{\overline{ml}1}$ 、 $\Delta\theta_{\overline{ml}i}$ 和 $\Delta\theta_{\overline{ml}n-1}$ 分别为支路 ml 开断后节点1、节点 i 和节点 $n-1$ 的电压相位增量; $\Delta v_{\overline{ml}1}$ 、 $\Delta v_{\overline{ml}i}$ 和 $\Delta v_{\overline{ml}n-1}$ 分别为支路 ml 开断后节点1、节点 i 和节点 $n-1$ 的平移电压增量, 且都是平移-1.0后的标幺值电压; P_1 和 Q_1 分别为接于节点1的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点1的源荷功率; P_i 和 Q_i 分别为接于节点 i 的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点 i 的源荷功率; P_{n-1} 和 Q_{n-1} 分别为接于节点 $n-1$ 的源荷有功功率和源荷无功功率, 且统称为节点 $n-1$ 的源荷功率。

6. 根据权利要求1所述的交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法, 其特征在于, 所述根据所述无支路开断型非参考节点平移电压和电压相位、以及所述支路开断型非参考节点平移电压增量和电压相位增量检验电力网静态安全性的步骤包括:

先按下式计算一条支路开断后任意一条完好支路的潮流;

$$P_{\overline{ml}ij} = (v_{0i} + \Delta v_{\overline{ml}i} - v_{0j} - \Delta v_{\overline{ml}j})g_{ij} + (\theta_{0j} + \Delta\theta_{\overline{ml}j} - \theta_{0i} - \Delta\theta_{\overline{ml}i})b_{ij}$$

再对全部完好支路的潮流检验是否满足 $-P_{ij}^{\bar{u}} \leq P_{\overline{ml}ij} \leq P_{ij}^{\bar{u}}$, 若满足则该支路开断后电力网是静态安全的, 否则是静态不安全的;

其中, i 、 j 、 m 和 l 均为交流电力网中节点的编号, 且都属于连续自然数的集合 $\{1, 2, \dots, n\}$; n 为所述交流电力网中节点的总个数; ml 是已知的一条原来连接在节点 i 和节点 j 之间的开断支路; $P_{\overline{ml}ij}$ 是支路 ml 开断后支路 ij 上的有功潮流; $P_{ij}^{\bar{u}}$ 是支路 ij 能够传输的有功潮流上限值; θ_{0i} 和 θ_{0j} 分别是无支路开断型节点 i 和节

点 j 的电压相位； $\Delta\theta_{\overline{ml}i}$ 和 $\Delta\theta_{\overline{ml}j}$ 分别是支路 ml 开断后节点 i 和节点 j 的电压相位增量； v_{0i} 和 v_{0j} 分别是无支路开断型节点 i 和节点 j 的平移电压， $\Delta v_{\overline{ml}i}$ 和 $\Delta v_{\overline{ml}j}$ 分别是支路 ml 开断后节点 i 和节点 j 的平移电压增量，且它们都是平移 -1.0 后的标幺值电压； g_{ij} 和 b_{ij} 分别是连接在节点 i 和节点 j 之间的支路 ij 的电导和电纳，且统称为支路 ij 的导纳。

7. 一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1 至 6 任一项所述交流电力网支路开断型静态安全性检验的线性非对称方法的步骤。

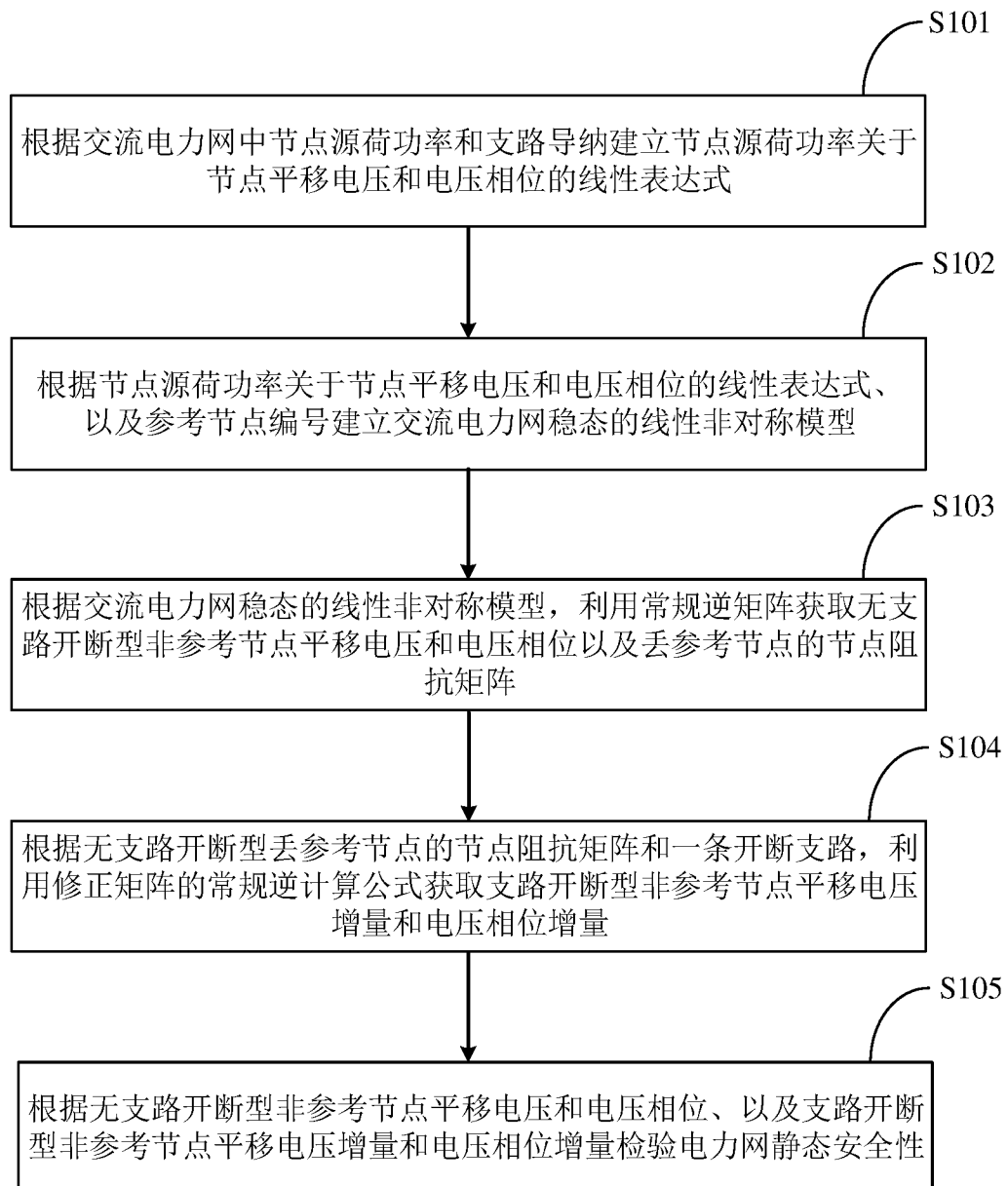


图 1

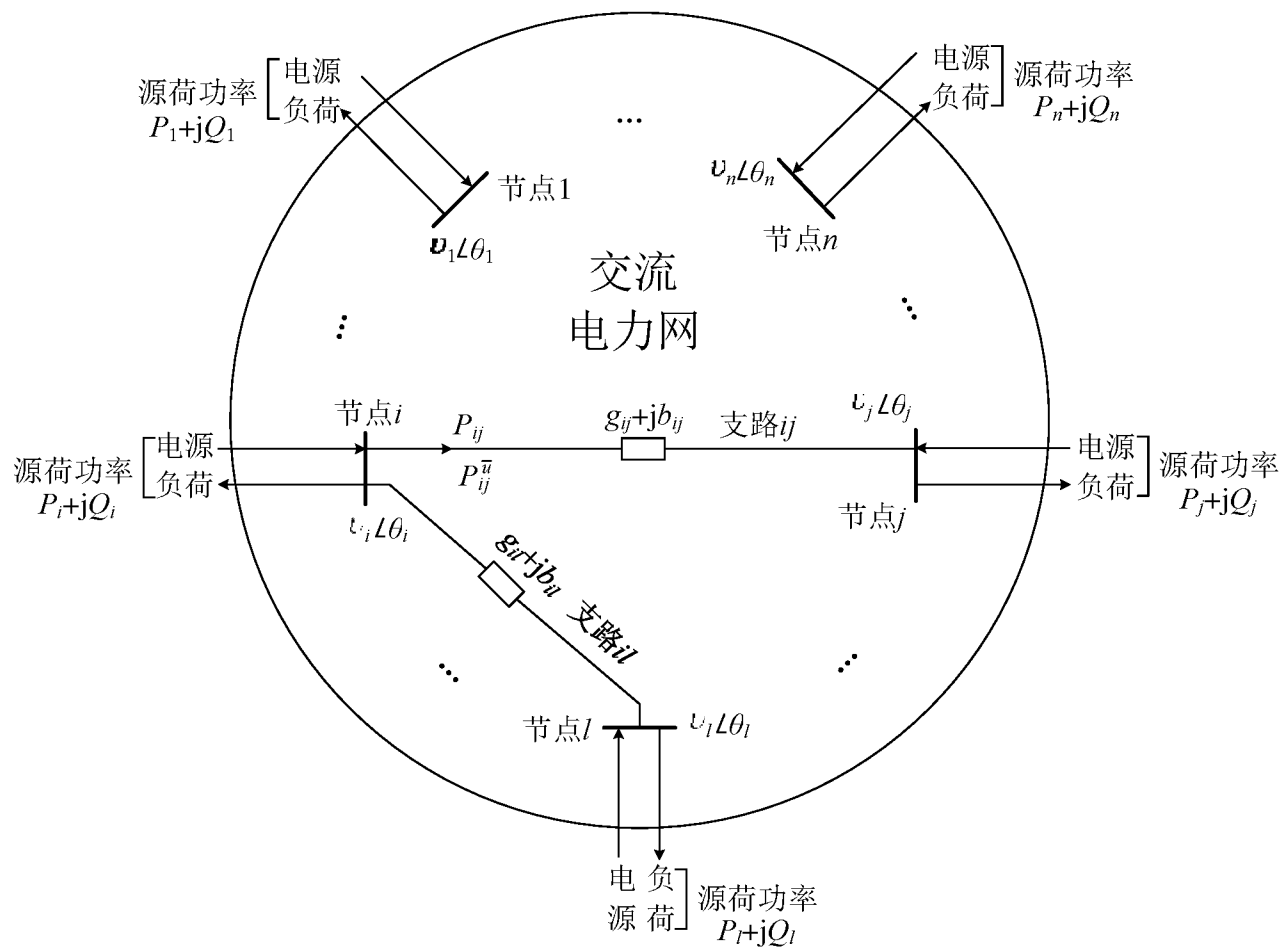


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/073438

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/00(2006.01)i; H02J 3/04(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)

H02J; G06F; G06Q

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)

DWPI; SIPOABS; CNTXT; CNABS; CNKI: 非对称, 支路开断, 交流电力网, 矩阵, 阵列, 阻抗, 增量, 线性, 逆矩阵, 交流, 彭建春, 电力, 交流电力, 线性非对称, 江辉, 尹健, 静态安全, 节点, 电压, 功率, 模型, network, asymmetric, branch, breaking, matrix, array, impedance, increment, linear, linearity, inverse, static, security, voltage, model, power, asymmetry, AC, node, nodes, alternating, current

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104995810 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 21 October 2015 (2015-10-21) description, paragraphs [0011]-[0053], and figures 1 and 2	1-7
A	CN 107732904 A (WUHAN UNIVERSITY) 23 February 2018 (2018-02-23) description, paragraphs [0002]-[0047]	1-7
A	CN 104995811 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 21 October 2015 (2015-10-21) entire document	1-7
A	CN 104050604 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 17 September 2014 (2014-09-17) entire document	1-7
A	CN 104901309 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 09 September 2015 (2015-09-09) entire document	1-7
A	CN 106159947 A (HOHAI UNIVERSITY) 23 November 2016 (2016-11-23) entire document	1-7



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

27 October 2019

Date of mailing of the international search report

05 November 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/073438**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102403724 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 04 April 2012 (2012-04-04) entire document	1-7
A	CN 103956733 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 30 July 2014 (2014-07-30) entire document	1-7
A	WO 2012031992 A2 (SMA SOLAR TECHNOLOGY AG) 15 March 2012 (2012-03-15) entire document	1-7
A	US 2003139887 A1 (FULCZYK et al.) 24 July 2003 (2003-07-24) entire document	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/073438

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	104995810	A	21 October 2015	CN	104995810	B	07 July 2017
				WO	2016077994	A1	26 May 2016
				US	9774188	B2	26 September 2017
				US	2016301209	A1	13 October 2016
CN	107732904	A	23 February 2018	None			
CN	104995811	A	21 October 2015	WO	2016061745	A1	28 April 2016
				CN	104995811	B	28 July 2017
CN	104050604	A	17 September 2014	CN	104050604	B	01 February 2017
CN	104901309	A	09 September 2015	CN	104901309	B	22 March 2017
CN	106159947	A	23 November 2016	CN	106159947	B	21 September 2018
CN	102403724	A	04 April 2012	CN	102403724	B	16 October 2013
CN	103956733	A	30 July 2014	CN	103956733	B	18 May 2016
WO	2012031992	A2	15 March 2012	DE	102011053237	A1	08 March 2012
				EP	2614573	A2	17 July 2013
				US	2013182477	A1	18 July 2013
				US	9106152	B2	11 August 2015
				WO	2012031992	A3	26 July 2012
				CN	103181052	A	26 June 2013
				CN	103181052	B	13 January 2016
				EP	2614573	B1	18 November 2015
US	2003139887	A1	24 July 2003	PL	351292	A1	30 June 2003
				PL	199780	B1	31 October 2008
				EP	1324457	A2	02 July 2003
				EP	1324457	A3	15 December 2004
				US	6904372	B2	07 June 2005

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/073438

A. 主题的分类

H02J 3/00(2006.01)i; H02J 3/04(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)

H02J; G06F; G06Q

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))

DWPI; SIPOABS; CNTXT; CNABS; CNKI:非对称, 支路开断, 交流电力网, 矩阵, 阵列, 阻抗, 增量, 线性, 逆矩阵, 交流, 彭建春, 电力, 交流电力, 线性非对称, 江辉, 尹健, 静态安全, 节点, 电压, 功率, 模型, network, asymmetric, branch, breaking, matrix, array, impedance, increment, linear, linearity, inverse, static, security, voltage, model, power, asymmetry, AC, node, nodes, alternating, current

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
A	CN 104995810 A (深圳大学) 2015年 10月 21日 (2015 - 10 - 21) 说明书第[0011]段-第[0053]段, 说明书附图1-2	1-7
A	CN 107732904 A (武汉大学) 2018年 2月 23日 (2018 - 02 - 23) 说明书第[0002]段-第[0047]段	1-7
A	CN 104995811 A (深圳大学) 2015年 10月 21日 (2015 - 10 - 21) 全文	1-7
A	CN 104050604 A (上海交通大学) 2014年 9月 17日 (2014 - 09 - 17) 全文	1-7
A	CN 104901309 A (上海交通大学) 2015年 9月 9日 (2015 - 09 - 09) 全文	1-7
A	CN 106159947 A (河海大学) 2016年 11月 23日 (2016 - 11 - 23) 全文	1-7
A	CN 102403724 A (深圳大学) 2012年 4月 4日 (2012 - 04 - 04) 全文	1-7

☒ 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

2019年 10月 27日

国际检索报告邮寄日期

2019年 11月 5日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

张弘

电话号码 86-(010)-62089915

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
A	CN 103956733 A (深圳大学) 2014年 7月 30日 (2014 - 07 - 30) 全文	1-7
A	W0 2012031992 A2 (SMA太阳能技术股份公司) 2012年 3月 15日 (2012 - 03 - 15) 全文	1-7
A	US 2003139887 A1 (FULCZYK 等) 2003年 7月 24日 (2003 - 07 - 24) 全文	1-7

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/073438

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	104995810	A	2015年 10月 21日	CN	104995810	B	2017年 7月 7日		
				WO	2016077994	A1	2016年 5月 26日		
				US	9774188	B2	2017年 9月 26日		
				US	2016301209	A1	2016年 10月 13日		
CN	107732904	A	2018年 2月 23日	无					
CN	104995811	A	2015年 10月 21日	WO	2016061745	A1	2016年 4月 28日		
				CN	104995811	B	2017年 7月 28日		
CN	104050604	A	2014年 9月 17日	CN	104050604	B	2017年 2月 1日		
CN	104901309	A	2015年 9月 9日	CN	104901309	B	2017年 3月 22日		
CN	106159947	A	2016年 11月 23日	CN	106159947	B	2018年 9月 21日		
CN	102403724	A	2012年 4月 4日	CN	102403724	B	2013年 10月 16日		
CN	103956733	A	2014年 7月 30日	CN	103956733	B	2016年 5月 18日		
WO	2012031992	A2	2012年 3月 15日	DE	102011053237	A1	2012年 3月 8日		
				EP	2614573	A2	2013年 7月 17日		
				US	2013182477	A1	2013年 7月 18日		
				US	9106152	B2	2015年 8月 11日		
				WO	2012031992	A3	2012年 7月 26日		
				CN	103181052	A	2013年 6月 26日		
				CN	103181052	B	2016年 1月 13日		
				EP	2614573	B1	2015年 11月 18日		
US	2003139887	A1	2003年 7月 24日	PL	351292	A1	2003年 6月 30日		
				PL	199780	B1	2008年 10月 31日		
				EP	1324457	A2	2003年 7月 2日		
				EP	1324457	A3	2004年 12月 15日		
				US	6904372	B2	2005年 6月 7日		

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)