(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
2018 年 11 月 22 日 (22.11.2018)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2018/209481 A1

(51) 国际专利分类号:
H02J 3/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/084288

(22) 国际申请日: 2017 年 5 月 15 日 (15.05.2017)

(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)。

(74) 代理人:深圳中一专利商标事务所(SHENZHEN ZHONGYI PATENT AND TRADEMARK OFFICE); 中国广东省深圳市福田区深南中路1014号老特区报社四楼(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, 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, SM,

WO 2018/209481 A1

(54) **Title:** LOSSLESS SYMMETRIC METHOD FOR OBTAINING POWER TRANSMISSION COEFFICIENT OF DIRECT-CURRENT POWER GRID

(54) **发明名称:** 获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法

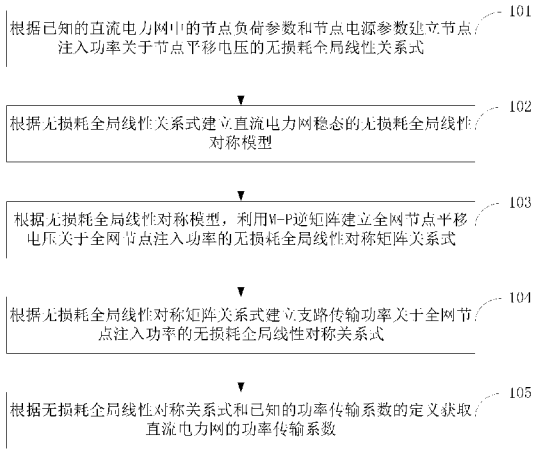

图 1

101 ACCORDING TO A KNOWN NODE LOAD PARAMETER AND A KNOWN NODE POWER SUPPLY PARAMETER IN A DIRECT-CURRENT POWER GRID, ESTABLISH A LOSSLESS GLOBAL LINEAR RELATION ABOUT A NODE INJECTION POWER AND A NODE TRANSLATION VOLTAGE

102 ESTABLISH A STEADY-STATE LOSSLESS GLOBAL LINEAR SYMMETRIC MODEL OF THE DIRECT-CURRENT POWER GRID ACCORDING TO THE LOSSLESS GLOBAL LINEAR RELATION

103 BY USING AN M-P INVERSE MATRIX, ESTABLISH A LOSSLESS GLOBAL LINEAR SYMMETRIC MATRIX RELATION ABOUT A WHOLE-NETWORK NODE TRANSLATION VOLTAGE AND A WHOLE-NETWORK NODE INJECTION POWER ACCORDING TO THE LOSSLESS GLOBAL LINEAR SYMMETRIC MODEL

104 ESTABLISH A LOSSLESS GLOBAL LINEAR SYMMETRIC RELATION ABOUT A BRANCH TRANSMISSION POWER AND THE WHOLE-NETWORK NODE INJECTION POWER

105 OBTAIN A POWER TRANSMISSION COEFFICIENT OF THE DIRECT-CURRENT POWER GRID ACCORDING TO THE LOSSLESS GLOBAL LINEAR SYMMETRIC RELATION AND A KNOWN DEFINITION OF THE POWER TRANSMISSION COEFFICIENT

(57) **Abstract:** A lossless symmetric method for obtaining a power transmission coefficient of a direct-current power grid comprises: first, according to a node load parameter and a node power supply parameter in a direct-current power grid, establishing a lossless global linear relation about a node injection power and a node translation voltage (101); then, establishing a steady-state lossless global linear symmetric model of the direct-current power grid according to the lossless global linear relation (102); by using an M-P inverse matrix, establishing a lossless global linear symmetric matrix relation about a whole-network node translation voltage and a

[见续页]

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))。

whole-network node injection power according to the lossless global linear symmetric model (103); then; establishing a lossless global linear symmetric relation about a branch transmission power and the whole-network node injection power (104); and finally, obtaining a power transmission coefficient of the direct-current power grid according to the lossless global linear symmetric relation and a definition of the power transmission coefficient (105). By means of the lossless symmetric method for obtaining a power transmission coefficient of a direct-current power grid, a high precision is achieved, fast and reliable computing is also achieved, and the accuracy and the real-time performance of adjustment and control are improved when the operating state of the power grid changes in a wide range.

(57) 摘要：一种获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法，首先根据直流电力网中的节点负荷参数和节点电源参数建立节点注入功率关于节点平移电压的无损耗全局线性关系式(101)；然后根据无损耗全局线性关系式建立直流电力网稳态的无损耗全局线性对称模型(102)；根据无损耗全局线性对称模型，利用M-P逆矩阵建立全网节点平移电压关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称矩阵关系式(103)；再建立支路传输功率关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称关系式(104)；最后根据无损耗全局线性对称关系式和功率传输系数的定义获取直流电力网的功率传输系数(105)。该获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法实现了精度高和计算快速可靠，且在电力网运行状态大范围变化时提高了调控的准确性和实时性。

获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法

技术领域

本发明涉及电力工程领域，尤其涉及一种获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法。

背景技术

直流电力网是一种新兴的电能传输网络。借鉴传统交流电力网支路安全性的调控方法，直流电力网功率传输系数是其支路安全性调控的必备工具。因此，获取直流电力网功率传输系数的准确、快速、可靠方法亟待开发。

交流电力网功率传输系数的全局线性获取方法，是假定各节点电压幅值等于1.0p.u.和各支路两端节点的电压相位差接近零，简化交流电力网稳态模型的基础上得到的。直流电力网中节点电压只含幅值（不含相位），若假定各节点电压等于1.0 p.u.，则各支路传输的功率恒为零，借鉴交流电力网理论无法得到直流电力网功率传输系数的全局线性获取方法。若采用基于直流电力网运行基点线性化的稳态模型获取直流电力网功率传输系数，则其局部线性特征又无法满足直流电力网运行状态大范围变化时支路安全性调控的精度要求。因此，对直流电力网功率传输系数，目前尚无全局线性的获取方法，现有的局部

线性化的获取方法又不适应直流电力网运行状态的大范围变化。

发明内容

本发明实施例提供一种获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法，能够实现直流电力网功率传输系数的全局线性化获取。

本发明提供了一种获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法，包括：

根据已知的直流电力网中的节点负荷参数和节点电源参数建立节点注入功率关于节点平移电压的无损耗全局线性关系式；

根据所述无损耗全局线性关系式建立直流电力网稳态的无损耗全局线性对称模型；

根据所述无损耗全局线性对称模型，利用 M-P 逆矩阵建立全网节点平移电压关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称矩阵关系式；

根据所述无损耗全局线性对称矩阵关系式建立支路传输功率关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称关系式；

根据所述无损耗全局线性对称关系式和已知的功率传输系数的定义获取所述直流电力网的功率传输系数。

本发明实施例通过首先根据已知的直流电力网中的节点负荷参数和节点电源参数建立节点注入功率关于节点平移电压的无损耗全局线性关系式；然后根据无损耗全局线性关系式建立直流电力网稳态的无损耗全局线性对称模型；根据无损耗全局线性对称模型，利用

M-P逆矩阵建立全网节点平移电压关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称矩阵关系式；再根据无损耗全局线性对称矩阵关系式建立支路传输功率关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称关系式；最后根据无损耗全局线性对称关系式和已知的功率传输系数的定义获取直流电力网的功率传输系数；由于采用直流电力网的稳态模型，忽略了损耗功率，其误差率很接近电力网功率损耗率，因此精度高；又由于其全局线性特征，使它不仅对任意结构直流电力网功率传输系数的计算快速可靠，而且适应电力网运行状态大范围变化时调控的准确性和实时性要求。从而解决了对直流电力网功率传输系数当前尚无全局线性的获取方法，而局部线性化的获取方法又不适应直流电力网运行状态大范围变化的问题。

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，下面描述中的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获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法的实现流程图；

图 2 是本发明实施例提供的直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。

参见图 1，图 1 是本发明实施例提供的一种获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法的实现流程图。如图所示的获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法可包括以下步骤：

在步骤 101 中，根据已知的直流电力网中的节点负荷参数和节点电源参数建立节点注入功率关于节点平移电压的无损耗全局线性关系式。

步骤 101 具体为：按照如下关系式建立节点注入功率关于节点平移电压的无损耗全局线性关系式：

$$P_{\mathrm{G}i} - P_{\mathrm{D}i} = \sum_{k=1,k\neq i}^{n} g_{ik}(v_i - v_k)$$

其中，i和k均为直流电力网中的节点的编号，且都属于连续自然数的集合$\{1,2,\cdots,n\}$；n为直流电力网中的节点的总个数；P_{Gi}为接于节点i的电源功率；$P_{\mathrm{D}i}$为接于节点i的负荷功率，$P_{\mathrm{G}i} - P_{\mathrm{D}i}$为节点$i$的注入功率；$g_{ik}$是连接在节点$i$和节点$k$之间的支路$ik$的电导；$v_i$为节点$i$的平移电压；$v_k$为节点$k$的平移电压，且$v_i$和$v_k$都是平移$-1.0$后的标

幺值电压。

其中，$P_{\mathrm{G}i}$、$P_{\mathrm{D}i}$、n、g_{ik}都是已知的直流电力网参数。

上述无损耗全局线性关系式是根据直流电力网运行特性建立的。直流电力网运行特性即直流电力网中各节点电压平移-1.0后得到的“节点平移电压”很小，以致支路电导与其一个端节点平移电压的平方的乘积、支路电导与其两个端节点平移电压的乘积总是接近零，都可以忽略不计。

上述无损耗全局线性关系式中的所有变量都是全局变量、并非增量，而且该关系式两边不含需要用二次函数才能表达的电力网损耗功率，这正是称上述关系式为节点注入功率关于节点平移电压的无损耗全局线性关系式的缘故。

在步骤 102 中，根据无损耗全局线性关系式建立直流电力网稳态的无损耗全局线性对称模型。

步骤 102 具体为：按照如下关系式建立直流电力网稳态的无损耗全局线性对称模型：

$$\begin{bmatrix} P_{\mathrm{G}1}-P_{\mathrm{D}1} \\ \vdots \\ P_{\mathrm{G}i}-P_{\mathrm{D}i} \\ \vdots \\ P_{\mathrm{G}n}-P_{\mathrm{D}n} \end{bmatrix} = (G_{ij}) \begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_i \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}, \quad G_{ij} = \begin{cases} \sum_{k=1,k\neq i}^{n} g_{ik}, & \text{当} j=i\text{时} \\ -g_{ij}, & \text{当} j\neq i\text{时} \end{cases}$$

其中，$P_{\mathrm{G}1}$为接于节点 1 的电源功率；$P_{\mathrm{G}i}$为接于节点i的电源功率；$P_{\mathrm{G}n}$是接于节点n的电源功率；$P_{\mathrm{D}1}$为接于节点 1 的负荷功率；$P_{\mathrm{D}i}$为接于节点i的负荷功率；$P_{\mathrm{D}n}$是接于节点n的负荷功率；j是直流电力网中节点的编号，且属于连续自然数的集合$\{1,2,\cdots,n\}$；g_{ij}是连接在节点

i和节点j之间的支路ij的电导；g_{ik}是连接在节点i和节点k之间的支路ik的电导；n为直流电力网中的节点的总个数；(G_{ij})是直流电力网的原始节点电导矩阵，原始节点电导矩阵的维数是$n \times n$；G_{ij}是原始节点电导矩阵(G_{ij})中第i行第j列的元素；v_1为节点1的平移电压；v_i为节点i的平移电压；v_n为节点n的平移电压，且v_1、v_i和v_n都是平移-1.0后的标幺值电压。

其中，$P_{\mathrm{G}1}$、$P_{\mathrm{D}1}$、$P_{\mathrm{G}i}$、$P_{\mathrm{D}i}$、$P_{\mathrm{G}n}$、$P_{\mathrm{D}n}$、(G_{ij})都是已知的直流电力网参数。

上述无损耗全局线性对称模型中，无节点平移电压被指定为零值的参考电压中心，全网各节点的平移电压和注入功率都被无偏向性地等同对待，也就是被对称对待，这正是称上述模型为无损耗全局线性对称模型的缘故。

在步骤 103 中，根据无损耗全局线性对称模型，利用 M-P 逆矩阵建立全网节点平移电压关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称矩阵关系式。

步骤 103 具体为：按照如下关系式建立全网节点平移电压关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称矩阵关系式：

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_i \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} = (a_{ij}) \begin{bmatrix} P_{\mathrm{G}1} - P_{\mathrm{D}1} \\ \vdots \\ P_{\mathrm{G}i} - P_{\mathrm{D}i} \\ \vdots \\ P_{\mathrm{G}n} - P_{\mathrm{D}n} \end{bmatrix}, \quad (a_{ij}) = (G_{ij})^{+}$$

其中，(a_{ij})和$(G_{ij})^{+}$均是直流电力网的原始节点电导矩阵(G_{ij})的 M-P 逆矩阵；$P_{\mathrm{G}1}$为接于节点 1 的电源功率；$P_{\mathrm{G}i}$为接于节点i的电源功

率；P_{Gn}是接于节点n的电源功率；P_{D1}为接于节点 1 的负荷功率；P_{Di}为接于节点i的负荷功率；P_{Dn}是接于节点n的负荷功率；v_1为节点1的平移电压；v_i为节点i的平移电压；v_n为节点n的平移电压，且v_1、v_i和v_n都是平移-1.0后的标幺值电压。

由于上述无损耗全局线性对称矩阵关系式是全局变量（而非增量）关系式，按它计算得到的全网各节点平移电压在节点注入功率大范围变化时，也就是直流电力网运行状态大范围变化时是准确的，且线性特征还使计算快速可靠。

在步骤 104 中，根据无损耗全局线性对称矩阵关系式建立支路传输功率关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称关系式。

步骤 104 具体为：

按照如下关系式建立支路传输功率关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称关系式：

$$P_{ik} = g_{ik}\sum_{j=1}^{n}(a_{ij} - a_{kj})(P_{Gj} - P_{Dj})$$

其中，g_{ik}是连接在节点i和节点k之间的支路ik的电导；P_{ik}是支路ik传输的功率；n为直流电力网中的节点的总个数；a_{ij}是直流电力网的原始节点电导矩阵(G_{ij})的 M-P 逆矩阵中第i行第j列的元素；a_{kj}是直流电力网的原始节点电导矩阵(G_{ij})的 M-P 逆矩阵中第k行第j列的元素；P_{Gj}是接于节点j的电源功率；P_{Dj}是接于节点j的负荷功率，$P_{Gj} - P_{Dj}$为节点j的注入功率。

在步骤 105 中，根据无损耗全局线性对称关系式和已知的功率传

输系数的定义获取直流电力网的功率传输系数。

步骤 105 具体为：

按照如下关系式计算直流电力网的功率传输系数：

$$D_{ik,j} = (a_{ij} - a_{kj})g_{ik}$$

其中，g_{ik}是连接在节点i和节点k之间的支路ik的电导；$D_{ik,j}$是从节点j到支路ik的功率传输系数；a_{ij}是直流电力网的原始节点电导矩阵(G_{ij})的 M-P 逆矩阵中第i行第j列的元素；a_{kj}是直流电力网的原始节点电导矩阵(G_{ij})的 M-P 逆矩阵中第k行第j列的元素。

功率传输系数的定义为将支路传输功率表达成节点注入功率的线性组合时，组合系数就是功率传输系数。

对直流电力网中支路与节点的全部组合，按照上述关系式计算得到的所有结果就是直流电力网的功率传输系数，从而实现直流电力网功率传输系数的获取。

上述关系式以直流电力网的原始节点电导矩阵的 M-P 逆矩阵为基础，该逆矩阵一定存在，因此能可靠求得。另外，上述支路传输功率关于全网节点注入功率的关系式的全局线性特性，使功率传输系数的计算在直流电力网运行状态大范围变化时准确、快速。因此，这种获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法准确、快速、可靠。

应理解，上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过程的执行顺序应按其功能和内在逻辑确定，而不应对本发明实施例的实施过程构成任何限定。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描

述的示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

权 利 要 求 书

1. 一种获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法，其特征在于，所述获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法包括：

根据已知的直流电力网中的节点负荷参数和节点电源参数建立节点注入功率关于节点平移电压的无损耗全局线性关系式；

根据所述无损耗全局线性关系式建立直流电力网稳态的无损耗全局线性对称模型；

根据所述无损耗全局线性对称模型，利用 M-P 逆矩阵建立全网节点平移电压关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称矩阵关系式；

根据所述无损耗全局线性对称矩阵关系式建立支路传输功率关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称关系式；

根据所述无损耗全局线性对称关系式和已知的功率传输系数的定义获取所述直流电力网的功率传输系数。

2. 根据权利要求 1 所述的获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法，其特征在于，所述根据已知的直流电力网中的节点负荷参数和节点电源参数建立节点注入功率关于节点平移电压的无损耗全局线性关系式具体为：

按照如下关系式建立节点注入功率关于节点平移电压的无损耗全局线性关系式：

$$P_{\mathrm{G}i} - P_{\mathrm{D}i} = \sum_{k=1,k\neq i}^{n} g_{ik}(v_i - v_k)$$

其中，i和k均为直流电力网中的节点的编号，且都属于连续自然数的集合$\{1,2,\cdots,n\}$；n为所述直流电力网中的节点的总个数；P_{Gi}为接于节点i的电源功率；$P_{\mathrm{D}i}$为接于所述节点i的负荷功率，$P_{\mathrm{G}i} - P_{\mathrm{D}i}$为所述节点$i$的注入功率；$g_{ik}$是连接在所述节点$i$和节点$k$之间的支路$ik$的电导；$v_i$为所述节点$i$的平移电压；$v_k$为所述节点$k$的平移电压，且所述$v_i$和所述$v_k$都是平移$-1.0$后的标幺值电压。

3. 根据权利要求 1 所述的获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法，其特征在于，所述根据所述无损耗全局线性关系式建立直流电力网稳态的无损耗全局线性对称模型具体为：

按照如下关系式建立直流电力网稳态的无损耗全局线性对称模型：

$$\begin{bmatrix} P_{\mathrm{G}1} - P_{\mathrm{D}1} \\ \vdots \\ P_{\mathrm{G}i} - P_{\mathrm{D}i} \\ \vdots \\ P_{\mathrm{G}n} - P_{\mathrm{D}n} \end{bmatrix} = (G_{ij}) \begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_i \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}, \quad G_{ij} = \begin{cases} \sum_{k=1,k\neq i}^{n} g_{ik}, & \text{当} j = i\text{时} \\ -g_{ij}, & \text{当} j \neq i\text{时} \end{cases}$$

其中，$P_{\mathrm{G}1}$为接于节点 1 的电源功率；$P_{\mathrm{G}i}$为接于节点i的电源功率；$P_{\mathrm{G}n}$是接于节点n的电源功率；$P_{\mathrm{D}1}$为接于所述节点 1 的负荷功率；$P_{\mathrm{D}i}$为接于所述节点i的负荷功率；$P_{\mathrm{D}n}$是接于所述节点n的负荷功率；j是所述直流电力网中节点的编号，且属于连续自然数的集合$\{1,2,\cdots,n\}$；g_{ij}是连接在所述节点i和所述节点j之间的支路ij的电导；g_{ik}是连接在所述节点i和节点k之间的支路ik的电导；n为所述直流电力网中的节

点的总个数；(G_{ij})是直流电力网的原始节点电导矩阵，所述原始节点电导矩阵的维数是$n \times n$；G_{ij}是所述原始节点电导矩阵(G_{ij})中第i行第j列的元素；v_1为所述节点1的平移电压；v_i为所述节点i的平移电压；v_n为所述节点n的平移电压，且所述v_1、所述v_i和所述v_n都是平移-1.0后的标幺值电压。

4. 根据权利要求 1 所述的获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法，其特征在于，所述根据所述无损耗全局线性对称模型，利用 M-P 逆矩阵建立全网节点平移电压关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称矩阵关系式具体为：

按照如下关系式建立全网节点平移电压关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称矩阵关系式：

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_i \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} = (a_{ij}) \begin{bmatrix} P_{\mathrm{G}1} - P_{\mathrm{D}1} \\ \vdots \\ P_{\mathrm{G}i} - P_{\mathrm{D}i} \\ \vdots \\ P_{\mathrm{G}n} - P_{\mathrm{D}n} \end{bmatrix}, \quad (a_{ij}) = (G_{ij})^{+}$$

其中，(a_{ij})和$(G_{ij})^{+}$均是所述直流电力网的原始节点电导矩阵(G_{ij})的 M-P 逆矩阵；$P_{\mathrm{G}1}$为接于节点 1 的电源功率；$P_{\mathrm{G}i}$为接于节点i的电源功率；$P_{\mathrm{G}n}$是接于节点n的电源功率；$P_{\mathrm{D}1}$为接于所述节点 1 的负荷功率；$P_{\mathrm{D}i}$为接于所述节点i的负荷功率；$P_{\mathrm{D}n}$是接于所述节点n的负荷功率；v_1为所述节点1的平移电压；v_i为所述节点i的平移电压；v_n为所述节点n的平移电压，且所述v_1、所述v_i和所述v_n都是平移-1.0后的标幺值电压。

5. 根据权利要求 1 所述的获取直流电力网功率传输系数的无损

耗对称方法，其特征在于，所述根据所述无损耗全局线性对称矩阵关系式建立支路传输功率关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称关系式具体为：

按照如下关系式建立支路传输功率关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称关系式：

$$P_{ik} = g_{ik}\sum_{j=1}^{n}(a_{ij} - a_{kj})(P_{\mathrm{G}j} - P_{\mathrm{D}j})$$

其中，g_{ik}是连接在节点i和节点k之间的支路ik的电导；P_{ik}是所述支路ik传输的功率；n为所述直流电力网中的节点的总个数；a_{ij}是所述直流电力网的原始节点电导矩阵(G_{ij})的 M-P 逆矩阵中第i行第j列的元素；a_{kj}是所述直流电力网的原始节点电导矩阵(G_{ij})的 M-P 逆矩阵中第k行第j列的元素；$P_{\mathrm{G}j}$是接于节点j的电源功率；$P_{\mathrm{D}j}$是接于所述节点j的负荷功率，$P_{\mathrm{G}j} - P_{\mathrm{D}j}$为所述节点$j$的注入功率。

6. 根据权利要求 1 所述的获取直流电力网功率传输系数的无损耗对称方法，其特征在于，所述根据所述无损耗全局线性对称关系式和已知的功率传输系数的定义获取所述直流电力网的功率传输系数具体为：

按照如下关系式计算所述直流电力网的功率传输系数：

$$D_{ik,j} = (a_{ij} - a_{kj})g_{ik}$$

其中，g_{ik}是连接在节点i和节点k之间的支路ik的电导；$D_{ik,j}$是从所述节点j到所述支路ik的功率传输系数；a_{ij}是所述直流电力网的原始节点电导矩阵(G_{ij})的 M-P 逆矩阵中第i行第j列的元素；a_{kj}是所述

直流电力网的原始节点电导矩阵(G_{ij})的 M-P 逆矩阵中第k行第j列的元素。

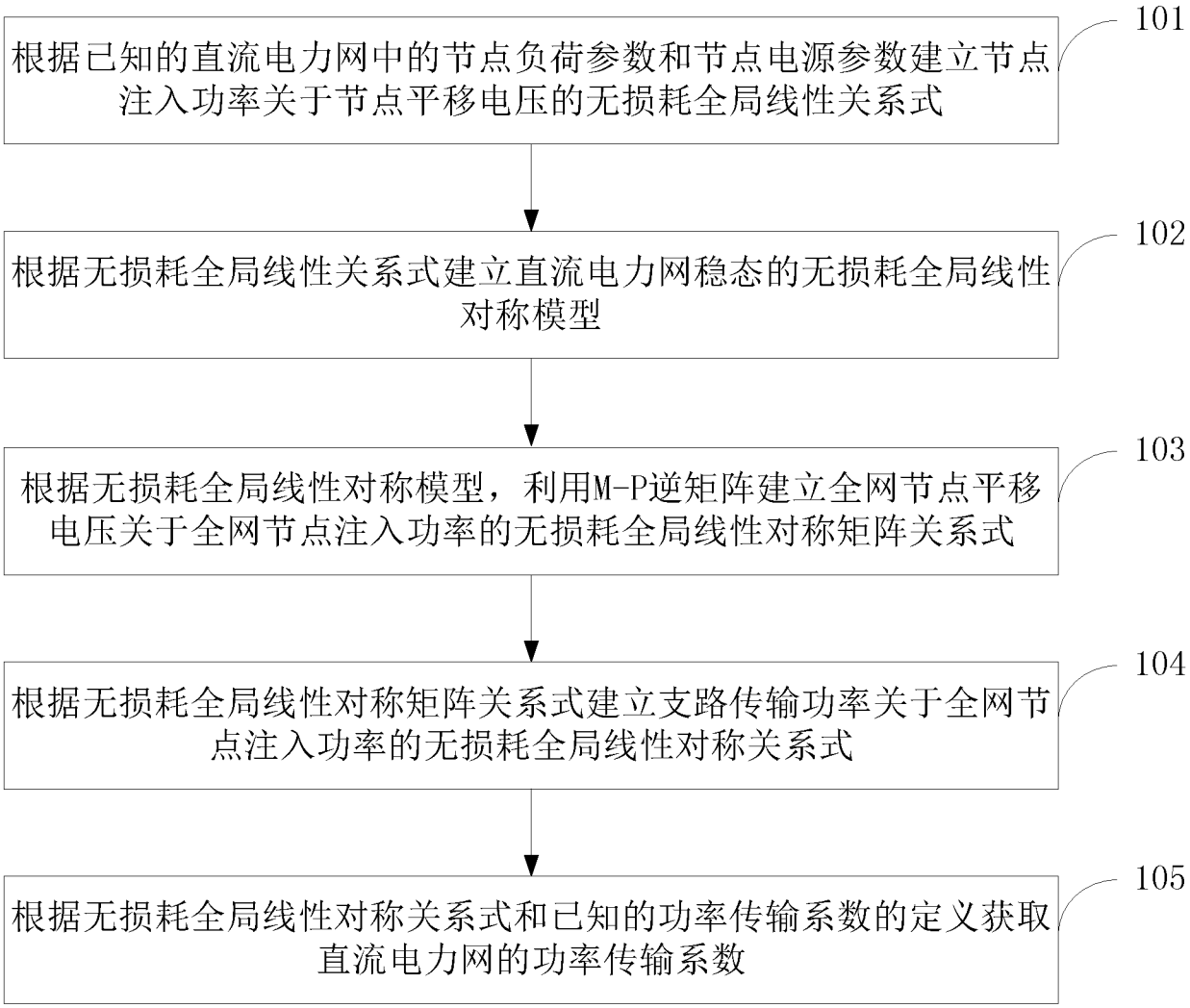
根据已知的直流电力网中的节点负荷参数和节点电源参数建立节点注入功率关于节点平移电压的无损耗全局线性关系式
101
根据无损耗全局线性关系式建立直流电力网稳态的无损耗全局线性对称模型
102
根据无损耗全局线性对称模型，利用M-P逆矩阵建立全网节点平移电压关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称矩阵关系式
103
根据无损耗全局线性对称矩阵关系式建立支路传输功率关于全网节点注入功率的无损耗全局线性对称关系式
104
根据无损耗全局线性对称关系式和已知的功率传输系数的定义获取直流电力网的功率传输系数
105

图 1

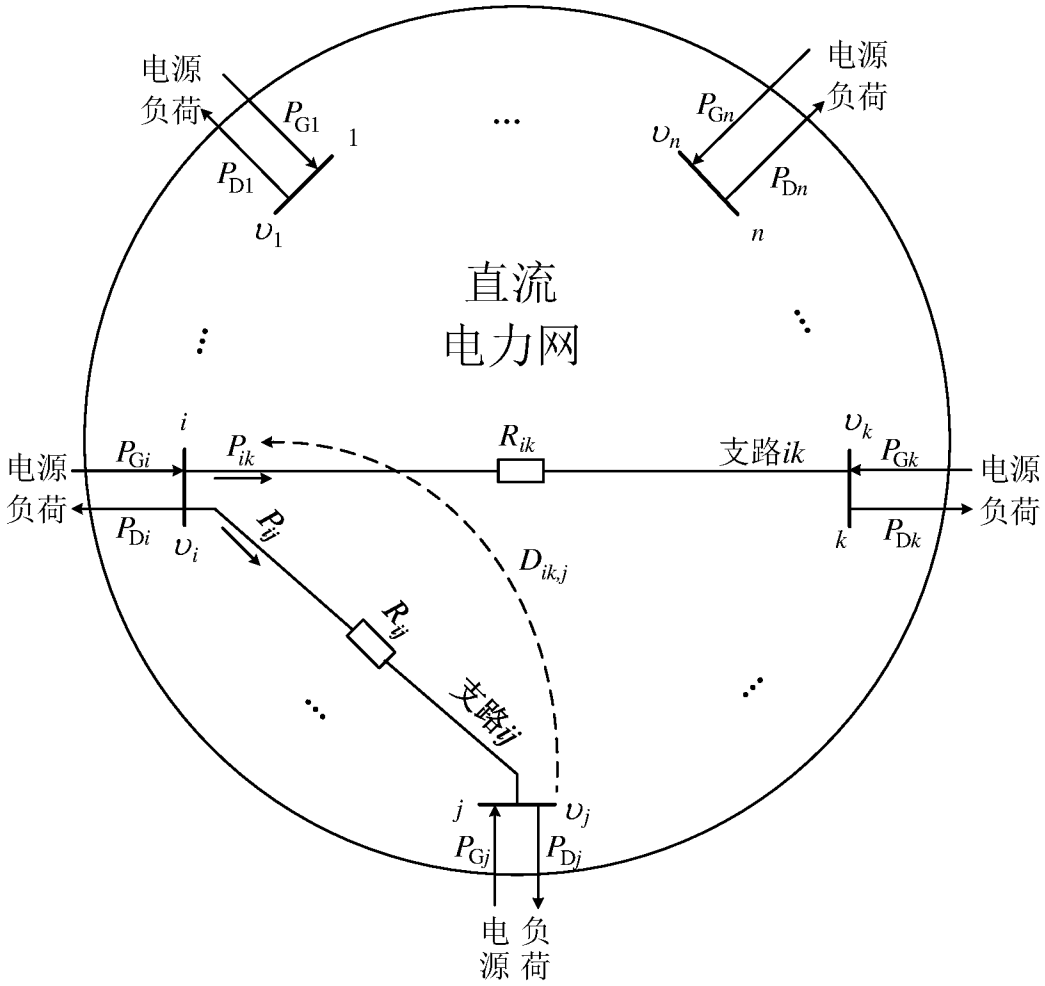
电源
负荷
P_{G1}
1
P_{D1}
υ_1
...
P_{Gn}
υ_n
电源
负荷
P_{Dn}
n
直流
电力网
i
P_{Gi}
P_{ik}
R_{ik}
支路ik
υ_k
P_{Gk}
电源
负荷
P_{Di}
υ_i
P_{ij}
$D_{ik,j}$
k
P_{Dk}
R_{ij}
支路ij
j
υ_j
P_{Gj}
P_{Dj}
电源
负荷

图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/084288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H2J 3/00 (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

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, CNABS, SIPOABS, CNTXT, CNKI: 直流, 电力网, 功率, 传输系数, 无损耗, 节点, 负荷, 注入功率, 全局线性, 稳态, 模型, 逆矩阵, 对称矩阵, direct current, power grid, transmission coefficient, lossless, node, load, input power, global linear, steady state, model, inverse matrix, symmetric

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 (21.10.2015), description, paragraphs [0005]-[0053], and figures 1 and 2	1-6
A	CN 103956733 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 30 July 2014 (30.07.2014), entire document	1-6
A	CN 103595043 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.) 19 February 2014 (19.02.2014), entire document	1-6
A	CN 102709908 A (NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIVERSITY et al.) 03 October 2012 (03.10.2012), entire document	1-6
A	US 6904372 B2 (ABB TECHNOLOGY AG) 07 June 2005 (07.06.2005), entire document	1-6

☐ 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
27 November 2017	05 December 2017
Name and mailing address of the ISA 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 HAN, Beibei Telephone No. (86-10) 62089273

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/084288

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
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 103956733 A	30 July 2014	CN 103956733 B	18 May 2016
CN 103595043 A	19 February 2014	CN 103595043 B	08 June 2016
CN 102709908 A	03 October 2012	CN 102709908 B	21 May 2014
US 6904372 B2	07 June 2005	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

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2017/084288

A. 主题的分类

H02J 3/00(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

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,CNABS,SIPOABS,CNTXT,CNKI：直流，电力网，功率，传输系数，无损耗，节点，负荷，注入功率，全局线性，稳态，模型，逆矩阵，对称矩阵，direct current, power grid, transmission coefficient, lossless, node, load, input power, global linear, steady state, model, inverse matrix, symmetric

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[0005]-[0053]段，图1-2	1-6
A	CN 103956733 A (深圳大学) 2014年 7月 30日 (2014 - 07 - 30) 全文	1-6
A	CN 103595043 A (国家电网公司 等) 2014年 2月 19日 (2014 - 02 - 19) 全文	1-6
A	CN 102709908 A (华北电力大学 等) 2012年 10月 3日 (2012 - 10 - 03) 全文	1-6
A	US 6904372 B2 (ABB TECHNOLOGY AG) 2005年 6月 7日 (2005 - 06 - 07) 全文	1-6

☐ 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
2017年 11月 27日	2017年 12月 5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) 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 韩蓓蓓 电话号码 (86-10)62089273

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2009年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2017/084288

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	103956733	A	2014年 7月 30日	CN	103956733	B	2016年 5月 18日
CN	103595043	A	2014年 2月 19日	CN	103595043	B	2016年 6月 8日
CN	102709908	A	2012年 10月 3日	CN	102709908	B	2014年 5月 21日
US	6904372	B2	2005年 6月 7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