



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107342586 A

(43)申请公布日 2017. 11. 10

(21)申请号 201710418918.1

(22)申请日 2017.06.06

(71)申请人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街174号

(72)发明人 余娟 胡博 代伟 李林威 颜伟 赵霞

(74)专利代理机构 北京志霖恒远知识产权代理
事务所(普通合伙) 11435

代理人 郭栋梁

(51) Int. Cl.

H02J 3/00(2006.01)

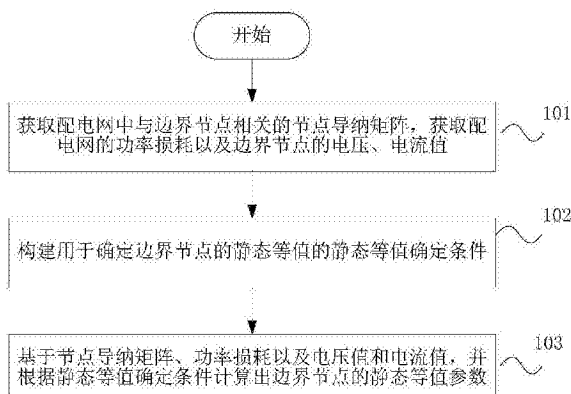
权利要求书3页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

一种用于确定配电网静态等值的方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种用于确定配电网静态等值的方法及装置,涉及电力系统静态等值技术领域,其中的方法包括:获取配电网中与边界节点相关的节点导纳矩阵、获取配电网的功率损耗以及边界节点的电压、电流值;构建用于确定边界节点的静态等值的静态等值确定条件,包括:灵敏度一致性方程、网损一致性方程、等值网络功率平衡方程和节点基尔霍夫电流方程,根据静态等值确定条件计算静态等值参数。本发明的方法及装置,保留了原有PQ模型简单有效的优点,综合考虑了灵敏度与网络损耗在等值前后的一致性,保留了主动配电网中的分布式发电机的电压功率支撑作用,能够反映传输网络到主动配电网的功率注入方向的变化,提高了对于配电网进行稳态分析的精度。



1. 一种用于确定配电网静态等值的方法,其特征在于,包括:

获取配电网中与边界节点相关的节点导纳矩阵,并获取所述配电网的功率损耗以及所述边界节点的电压值和电流值;

构建用于确定所述边界节点的静态等值的静态等值确定条件,其中,所述静态等值确定条件包括:灵敏度一致性方程、网损一致性方程、等值网络功率平衡方程和节点基尔霍夫电流方程;

基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值,并根据所述静态等值确定条件计算出所述边界节点的静态等值参数。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取配电网中与边界节点相关的节点导纳矩阵、并获取所述边界节点的功率损耗以及电压值和电流值包括:

获取节点导纳矩阵 $Y_{LL(LB)(LB)}$ 、 Y_{BI} 、 $Y_{LL(LE)(LE)}$ 和 $Y_{LL(LE)(LB)}$;

其中,所述 $Y_{LL(LB)(LB)}$ 为边界节点B处的非发电机节点之间的节点导纳矩阵,所述 $Y_{LL(LE)(LE)}$ 为所述配电网的外部节点处的非发电机节点间的节点导纳矩阵,所述 $Y_{LL(LE)(LB)}$ 为所述配电网的外部节点处的非发电机节点与所述边界节点B处的非发电机节点间的节点导纳矩阵,所述 Y_{BI} 为所述边界节点B与所述配电网的内部节点间的导纳之和的矩阵;

获取所述配电网的功率损耗 S_{loss} 、所述边界节点B的电流值 I_B 和电压值 V_B 。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述构建用于确定所述边界节点的静态等值的静态等值确定条件包括:

构建所述灵敏度一致性方程为:

$$\frac{1}{Z_{eq1}} - \frac{Z_{eq2}}{Z_{eq1}^2 + Z_{eq1}Z_{eq2}} = Y_{LL(LB)(LB)} - Y_{LL(LB)(LE)} Y_{LL(LE)(LE)}^{-1} Y_{LL(LE)(LB)} - Y_{BI};$$

其中, Z_{eq1} 为所述边界节点B和等值负荷节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为所述 L_{eq} 和等值发电机节点 G_{eq} 间的阻抗;

构建所述网损一致性方程为:

$$|I_B|^2 Z_{eq1} + |I_{G_{eq}}|^2 Z_{eq2} = S_{loss};$$

其中, $|I_B|$ 表示所述电流值 I_B 的幅值, $|I_{G_{eq}}|$ 表示所述 G_{eq} 处等值发电机电流的幅值, Z_{eq1} 为所述边界节点B和所述 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为所述 L_{eq} 和所述 G_{eq} 间的阻抗;

构建所述等值网络功率平衡方程为:

$$I_B^* V_B - I_{Leq}^* V_B + I_{Leq}^* I_B Z_{eq1} + I_{G_{eq}}^* (V_B - I_B Z_{eq1} + I_{G_{eq}} Z_{eq2}) = S_{loss};$$

其中, V_B 为所述边界节点B的电压, I_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的电流, $I_{G_{eq}}$ 为所述 G_{eq} 处的电流, V_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的电压, $V_{G_{eq}}$ 为所述 G_{eq} 处的电压;

构建所述节点基尔霍夫电流方程为:

$$-I_{Leq} + I_{G_{eq}} + I_B = 0.$$

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值、并根据所述静态等值确定条件计算出所述边界节点的静态等值参数包括:

基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值对所述灵敏度一

致性方程、所述网损一致性方程、所述等值网络功率平衡方程和所述节点基尔霍夫电流方程进行求解,获得 Z_{eq1} , Z_{eq2} , I_{Leq} 和 I_{Geq} ;

其中 I_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的电流, I_{Geq} 为所述 G_{eq} 处的电流, 所述 Z_{eq1} 为所述边界节点B和所述 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为所述 L_{eq} 和所述 G_{eq} 间的阻抗。

5. 如权利要求5所述的方法, 其特征在于, 所述构建所述等值网络功率平衡方程还包括: 构建第一公式为: $S_B = I_B^* V_B$; 构建第二公式为:

$$V_{Leq} = V_B - I_B Z_{eq1}; \text{构建第三公式为: } S_{Leq} = I_{Leq}^* V_{Leq}; \text{构建第四公式为:}$$

$$V_{Geq} = V_{Leq} + I_{Geq} Z_{eq2}; \text{构建第五公式为: } S_{Geq} = I_{Geq}^* V_{Geq};$$

所述基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值、并根据所述静态等值确定条件计算出所述边界节点的静态等值参数还包括:

基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值对所述第二公式、所述第三公式、所述第四公式和所述第五公式进行求解, 获得 S_{Leq} 、 S_{Geq} 、 V_{Leq} 、 V_{Geq} ;

其中, S_B 为所述边界节点B的功率, S_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的功率, S_{Geq} 为所述 G_{eq} 处的功率。

6. 一种用于确定配电网静态等值的装置, 其特征在于, 包括:

获取模块, 用于获取配电网中与边界节点相关的节点导纳矩阵, 并获取所述配电网的功率损耗以及所述边界节点的电压值和电流值;

构建模块, 用于构建用于确定所述边界节点的静态等值的静态等值确定条件, 其中, 所述静态等值确定条件包括: 灵敏度一致性方程、网损一致性方程、等值网络功率平衡方程和节点基尔霍夫电流方程;

计算模块, 用于基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值, 并根据所述静态等值确定条件计算出所述边界节点的静态等值参数。

7. 如权利要求6所述的装置, 其特征在于,

所述获取模块具体用于获取节点导纳矩阵 $Y_{LL(LB)(LB)}$ 、 Y_{BI} 、 $Y_{LL(LB)(LE)}$ 和 $Y_{LL(LE)(LB)}$, 并获取所述配电网的功率损耗 S_{loss} 、所述边界节点B的电流值 I_B 和电压值 V_B ;

其中, 所述 $Y_{LL(LB)(LB)}$ 为边界节点B处的非发电机节点之间的节点导纳矩阵, 所述 $Y_{LL(LE)(LE)}$ 为所述配电网的外部节点处的非发电机节点间的节点导纳矩阵, 所述 $Y_{LL(LE)(LB)}$ 为所述配电网的外部节点处的非发电机节点与所述边界节点B处的非发电机节点间的节点导纳矩阵, 所述 Y_{BI} 为所述边界节点B与所述配电网的内部节点间的导纳之和的矩阵。

8. 如权利要求7所述的装置, 其特征在于,

所述构建模块, 还用于构建所述灵敏度一致性方程为:

$$\frac{I}{Z_{eq1}} - \frac{Z_{eq2}}{Z_{eq1}^2 + Z_{eq1} Z_{eq2}} = Y_{LL(LB)(LB)} - Y_{LL(LB)(LE)} Y_{LL(LE)(LE)}^{-1} Y_{LL(LE)(LB)} - Y_{BI};$$

其中, Z_{eq1} 为所述边界节点B和等值负荷节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为所述 L_{eq} 和等值发电机节点 G_{eq} 间的阻抗;

所述构建模块, 还用于构建所述网损一致性方程为:

$$|I_B|^2 Z_{eq1} + |I_{Geq}|^2 Z_{eq2} = S_{loss};$$

其中, $|I_B|$ 表示所述电流值 I_B 的幅值幅值, $|I_{Geq}|$ 表示所述 G_{eq} 处等值发电机电流的幅值,

Z_{eq1} 为所述边界节点B和所述 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为所述 L_{eq} 和所述 G_{eq} 间的阻抗;

所述构建模块,还用于构建所述等值网络功率平衡方程为:

$$I_B^* V_B - I_{Leq}^* V_B + I_{Leq}^* I_B Z_{eq1} + I_{Geq}^* (V_B - I_B Z_{eq1} + I_{Geq} Z_{eq2}) = S_{loss};$$

其中, V_B 为所述边界节点B的电压, I_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的电流, I_{Geq} 为所述 G_{eq} 处的电流, V_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的电压, V_{Geq} 为所述 G_{eq} 处的电压;

所述构建模块,还用于构建所述节点基尔霍夫电流方程为:

$$-I_{Leq} + I_{Geq} + I_B = 0.$$

9.如权利要求8所述的装置,其特征在于,

所述计算模块,还用于基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值对所述灵敏度一致性方程、所述网损一致性方程、所述等值网络功率平衡方程和所述节点基尔霍夫电流方程进行求解,获得 Z_{eq1} , Z_{eq2} , I_{Leq} 和 I_{Geq} 。

10.如权利要求9所述的装置,其特征在于,

所述构建模块,还用于构建第一公式为: $S_B = I_B^* V_B$,构建第二公式为: $V_{Leq} = V_B - I_B Z_{eq1}$,构建第三公式为: $S_{Leq} = I_{Leq}^* V_{Leq}$,构建第四公式为: $V_{Geq} = V_{Leq} + I_{Geq} Z_{eq2}$,构建第五公式为: $S_{Geq} = I_{Geq}^* V_{Geq}$;

所述计算模块,还用于基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值对所述第二公式、所述第三公式、所述第四公式和所述第五公式进行求解,获得 S_{Leq} 、 S_{Geq} 、 V_{Leq} 、 V_{Geq} ;

其中, S_B 为所述边界节点B的功率, S_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的功率, S_{Geq} 为所述 G_{eq} 处的功率。

一种用于确定配电网静态等值的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统静态等值技术领域,尤其涉及一种用于确定配电网静态等值的方法及装置。

背景技术

[0002] 配电网是指在电力网中起分配电能作用的网络。伴随着大量的分布式电源、多元化负荷的广泛接入和交直流新型混合配电网架的引入,配电网不再是只有电力负荷,而是电源与电力负荷并存,成为能量双向甚至多向流动的主动配电网,对配电网的协调控制水平和服务质量提出了更高要求。输电网与多个配电网相连接,配电网负荷、支路、电网等元件众多,并且输电网自身规模庞大,使得输电网与配电网难以进行集中统一分析,因此需要将配电网进行等值。配电网等值方法将复杂的配电网对输电网的影响保留在一个简单的等值网络中,可在减少计算复杂性的同时保留配电网对输电网影响的重要特性,从而提高对电力系统进行稳态分析的精度。

[0003] 现有的对于主动配电网的静态等值方法主要有PQ等值方法和恒阻抗、恒电流和恒功率负荷等值方法(ZIP等值方法)。PQ等值方法将配电网等值为边界节点处的注入/输出功率,ZIP等值方法则考虑负荷随电压变化的非线性特性。现有方法主要的缺点包括:1)没有考虑分布式电源的等值电压功率支撑特性,从传输网络到配电网的功率注入方向不能改变,会给电力系统的稳态分析带来较大的误差;2)仅考虑潮流状态等值前后一致性,而没有考虑等值前后灵敏度与网损的一致性,导致主动配电网等值的精度不高。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明要解决的一个技术问题是提供一种用于确定配电网静态等值的方法及装置。

[0005] 根据本发明的一个方面,提供一种用于确定配电网静态等值的方法,包括:获取配电网中与边界节点相关的节点导纳矩阵,并获取所述配电网的功率损耗以及所述边界节点的电压值和电流值;构建用于确定所述边界节点的静态等值的静态等值确定条件,其中,所述静态等值确定条件包括:灵敏度一致性方程、网损一致性方程、等值网络功率平衡方程和节点基尔霍夫电流方程;基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值,并根据所述静态等值确定条件计算出所述边界节点的静态等值参数。

[0006] 可选地,所述获取配电网中与边界节点相关的节点导纳矩阵、并获取所述边界节点的功率损耗以及电压值和电流值包括:获取节点导纳矩阵 $\mathbf{Y}_{LL(LB)(LB)}$ 、 \mathbf{Y}_{BI} 、 $\mathbf{Y}_{LL(L\bar{E})(L\bar{E})}$ 和 $\mathbf{Y}_{LL(L\bar{E})(LB)}$;其中,所述 $\mathbf{Y}_{LL(LB)(LB)}$ 为边界节点B处的非发电机节点之间的节点导纳矩阵,所述 $\mathbf{Y}_{LL(L\bar{E})(L\bar{E})}$ 为所述配电网的外部节点处的非发电机节点间的节点导纳矩阵,所述 $\mathbf{Y}_{LL(L\bar{E})(LB)}$ 为所述配电网的外部节点处的非发电机节点与所述边界节点B处的非发电机节点间的节点导纳矩阵,所述 \mathbf{Y}_{BI} 为所述边界节点B与所述配电网的内部节点间的导纳之和的矩阵;获取所述配电网的功率损耗 S_{loss} 、所述边界节点B的电流值 I_B 和电压值 V_B 。

[0007] 可选地,所述构建用于确定所述边界节点的静态等值的静态等值确定条件包括:构建所述灵敏度一致性方程为:

$$[0008] \quad \frac{1}{Z_{eq1}} - \frac{Z_{eq2}}{Z_{eq1}^2 + Z_{eq1}Z_{eq2}} = \mathbf{Y}_{LL(L\hat{B})(L\hat{B})} - \mathbf{Y}_{LL(L\hat{B})(L\hat{E})} \mathbf{Y}_{LL(L\hat{E})(L\hat{E})}^{-1} \mathbf{Y}_{LL(L\hat{E})(L\hat{B})} - \mathbf{Y}_{BI};$$

[0009] 其中, Z_{eq1} 为所述边界节点B和等值负荷节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为所述 L_{eq} 和等值发电机节点 G_{eq} 间的阻抗;

[0010] 构建所述网损一致性方程为:

$$[0011] \quad |I_B|^2 Z_{eq1} + |I_{Geq}|^2 Z_{eq2} = S_{loss};$$

[0012] 其中, $|I_B|$ 表示所述电流值 I_B 的幅值幅值, $|I_{Geq}|$ 表示所述 G_{eq} 处等值发电机电流的幅值, Z_{eq1} 为所述边界节点B和所述 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为所述 L_{eq} 和所述 G_{eq} 间的阻抗;

[0013] 构建所述等值网络功率平衡方程为:

$$[0014] \quad I_B^* V_B - I_{Leq}^* V_B + I_{Leq}^* I_B Z_{eq1} + I_{Geq}^* (V_B - I_B Z_{eq1} + I_{Geq} Z_{eq2}) = S_{loss};$$

[0015] 其中, V_B 为所述边界节点B的电压, I_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的电流, I_{Geq} 为所述 G_{eq} 处的电流, V_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的电压, V_{Geq} 为所述 G_{eq} 处的电压;

[0016] 构建所述节点基尔霍夫电流方程为:

$$[0017] \quad -I_{Leq} + I_{Geq} + I_B = 0.$$

[0018] 可选地,所述基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值、并根据所述静态等值确定条件计算出所述边界节点的静态等值参数包括:基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值对所述灵敏度一致性方程、所述网损一致性方程、所述等值网络功率平衡方程和所述节点基尔霍夫电流方程进行求解,获得 Z_{eq1} 、 Z_{eq2} 、 I_{Leq} 和 I_{Geq} ;其中 I_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的电流, I_{Geq} 为所述 G_{eq} 处的电流,所述 Z_{eq1} 为所述边界节点B和所述 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为所述 L_{eq} 和所述 G_{eq} 间的阻抗。

[0019] 可选地,所述构建所述等值网络功率平衡方程还包括:构建第一公式为:

$$S_B = I_B^* V_B; \text{构建第二公式为: } V_{Leq} = V_B - I_B Z_{eq1}; \text{构建第三公式为: } S_{Leq} = I_{Leq}^* V_{Leq}; \text{构建第四公式}$$

为: $V_{Geq} = V_{Leq} + I_{Geq} Z_{eq2}$; 构建第五公式为: $S_{Geq} = I_{Geq}^* V_{Geq}$; 所述基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值、并根据所述静态等值确定条件计算出所述边界节点的静态等值参数还包括:基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值对所述第二公式、所述第三公式、所述第四公式和所述第五公式进行求解,获得 S_{Leq} 、 S_{Geq} 、 V_{Leq} 、 V_{Geq} ;其中, S_B 为所述边界节点B的功率, S_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的功率, S_{Geq} 为所述 G_{eq} 处的功率。

[0020] 根据本发明的另一方面,提供一种用于确定配电网静态等值的装置,包括:获取模块,用于获取配电网中与边界节点相关的节点导纳矩阵,并获取所述配电网的功率损耗以及所述边界节点的电压值和电流值;构建模块,用于构建用于确定所述边界节点的静态等值的静态等值确定条件,其中,所述静态等值确定条件包括:灵敏度一致性方程、网损一致性方程、等值网络功率平衡方程和节点基尔霍夫电流方程;计算模块,用于基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值,并根据所述静态等值确定条件计算出所述边界节点的静态等值参数。

[0021] 可选地,所述获取模块具体用于获取节点导纳矩阵 $Y_{LL(L\bar{B})(L\bar{B})}$ 、 Y_{BI} 、 $Y_{LL(L\bar{E})(L\bar{E})}$ 和 $Y_{LL(L\bar{E})(L\bar{B})}$,并获取所述配电网的功率损耗 S_{loss} 、所述边界节点B的电流值 I_B 和电压值 V_B ;其中,所述 $Y_{LL(L\bar{B})(L\bar{B})}$ 为边界节点B处的非发电机节点之间的节点导纳矩阵,所述 $Y_{LL(L\bar{E})(L\bar{E})}$ 为所述配电网的外部节点处的非发电机节点间的节点导纳矩阵,所述 $Y_{LL(L\bar{E})(L\bar{B})}$ 为所述配电网的外部节点处的非发电机节点与所述边界节点B处的非发电机节点间的节点导纳矩阵,所述 Y_{BI} 为所述边界节点B与所述配电网的内部节点间的导纳之和的矩阵。

[0022] 可选地,所述构建模块,还用于构建所述灵敏度一致性方程为:

$$[0023] \quad \frac{1}{Z_{eq1}} - \frac{Z_{eq2}}{Z_{eq1}^2 + Z_{eq1}Z_{eq2}} = Y_{LL(L\bar{B})(L\bar{B})} - Y_{LL(L\bar{B})(L\bar{E})} Y_{LL(L\bar{E})(L\bar{E})}^{-1} Y_{LL(L\bar{E})(L\bar{B})} - Y_{BI};$$

[0024] 其中, Z_{eq1} 为所述边界节点B和等值负荷节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为所述 L_{eq} 和等值发电机节点 G_{eq} 间的阻抗;所述构建模块,还用于构建所述网损一致性方程为:

$$[0025] \quad |I_B|^2 Z_{eq1} + |I_{G_{eq}}|^2 Z_{eq2} = S_{loss};$$

[0026] 其中, $|I_B|$ 表示所述电流值 I_B 的幅值, $|I_{G_{eq}}|$ 表示所述 G_{eq} 处等值发电机电流的幅值, Z_{eq1} 为所述边界节点B和所述 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为所述 L_{eq} 和所述 G_{eq} 间的阻抗。

[0027] 所述构建模块,还用于构建所述等值网络功率平衡方程为:

$$[0028] \quad I_B^* V_B - I_{Leq}^* V_B + I_{Leq}^* I_B Z_{eq1} + I_{G_{eq}}^* (V_B - I_B Z_{eq1} + I_{G_{eq}} Z_{eq2}) = S_{loss};$$

[0029] 其中, V_B 为所述边界节点B的电压, I_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的电流, $I_{G_{eq}}$ 为所述 G_{eq} 处的电流, V_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的电压, $V_{G_{eq}}$ 为所述 G_{eq} 处的电压;

[0030] 所述构建模块,还用于构建所述节点基尔霍夫电流方程为:

$$[0031] \quad -I_{Leq} + I_{G_{eq}} + I_B = 0。$$

[0032] 可选地,所述计算模块,还用于基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值对所述灵敏度一致性方程、所述网损一致性方程、所述等值网络功率平衡方程和所述节点基尔霍夫电流方程进行求解,获得 Z_{eq1} 、 Z_{eq2} 、 I_{Leq} 和 $I_{G_{eq}}$ 。

[0033] 可选地,所述构建模块,还用于构建第一公式为: $S_B = I_B^* V_B$,构建第二公式为: $V_{Leq} = V_B - I_B Z_{eq1}$,构建第三公式为: $S_{Leq} = I_{Leq}^* V_{Leq}$,构建第四公式为: $V_{G_{eq}} = V_{Leq} + I_{G_{eq}} Z_{eq2}$,构建第五公式为: $S_{G_{eq}} = I_{G_{eq}}^* V_{G_{eq}}$;所述计算模块,还用于基于所述节点导纳矩阵、所述功率损耗以及所述电压值和所述电流值对所述第二公式、所述第三公式、所述第四公式和所述第五公式进行求解,获得 S_{Leq} 、 $S_{G_{eq}}$ 、 V_{Leq} 、 $V_{G_{eq}}$;其中, S_B 为所述边界节点B的功率, S_{Leq} 为所述 L_{eq} 处的功率, $S_{G_{eq}}$ 为所述 G_{eq} 处的功率。

[0034] 本发明用于确定配电网静态等值的方法及装置,获取输入的配电网等值前的节点导纳矩阵、网络功率损耗以及边界节点的电压与电流,构建灵敏度一致性方程、网损一致性方程、等值网络功率平衡方程及等值负荷节点基尔霍夫电流方程,通过求解得到等值参数;保留了原有PQ模型简单有效的优点,综合考虑了灵敏度与网络损耗在等值前后的一致性,保留了主动配电网中的分布式发电机的电压功率支撑作用,能够反映传输网络到主动配电网的功率注入方向的变化,提高了对于配电网进行稳态分析的精度。

附图说明

[0035] 为了更清楚地说明本发明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一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅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性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0036] 图1为根据本发明的用于确定配电网静态等值的方法的一个实施例的流程图;

[0037] 图2为一种具有或支持分布式发电机的主动配电网的等值网络示意图;

[0038] 图3A和图3B为一种主动配电网的节点示意图;

[0039] 图4为根据本发明的用于确定配电网静态等值的装置的一个实施例的模块示意图。

具体实施方式

[0040] 下面参照附图对本发明进行更全面的描述,其中说明本发明的示例性实施例。下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明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发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范畴。下面结合各个图和实施例对本发明的技术方案进行多方面的描述。

[0041] 下文中的“第一”、“第二”等仅用于描述上相区别,并没有其它特殊的含义。

[0042] 图1为根据本发明的用于确定配电网静态等值的方法的一个实施例的流程图,如图1所示:

[0043] 步骤101,获取配电网中与边界节点相关的节点导纳矩阵,并获取配电网的功率损耗以及边界节点的电压值和电流值。

[0044] 如图2所示,确定主动配电网中的边界节点B,获取配电网等值前的节点导纳矩阵 $\mathbf{Y}_{LL(LB)(LB)}$ 、 \mathbf{Y}_{BI} 、 $\mathbf{Y}_{LL(LE)(LE)}$ 、 $\mathbf{Y}_{LL(LE)(LB)}$,等值前配电网功率损耗 S_{loss} 、边界节点的电压电流 I_B 、 V_B ,其中, $\mathbf{Y}_{LL(LB)(LB)}$ 为边界节点处的非发电机节点之间的节点导纳矩阵, $\mathbf{Y}_{LL(LE)(LE)}$ 为外部节点处的非发电机节点间的节点导纳矩阵, $\mathbf{Y}_{LL(LE)(LB)}$ 为外部节点处的非发电机节点与边界节点处的非发电机节点间的节点导纳矩阵, \mathbf{Y}_{BI} 为边界节点与内部节点间导纳之和。

[0045] 步骤102,构建用于确定边界节点的静态等值的静态等值确定条件,静态等值确定条件包括:灵敏度一致性方程、网损一致性方程、等值网络功率平衡方程和节点基尔霍夫电流方程等。

[0046] 构建等值前后灵敏度一致性的方程为:

$$[0047] \quad \frac{1}{Z_{eq1}} - \frac{Z_{eq2}}{Z_{eq1}^2 + Z_{eq1}Z_{eq2}} = \mathbf{Y}_{LL(LB)(LB)} - \mathbf{Y}_{LL(LB)(LE)} \mathbf{Y}_{LL(LE)(LE)}^{-1} \mathbf{Y}_{LL(LE)(LB)} - \mathbf{Y}_{BI} \quad (1);$$

[0048] 其中, $\mathbf{Y}_{LL(LB)(LB)}$ 为边界节点处的非发电机节点之间的节点导纳矩阵, $\mathbf{Y}_{LL(LE)(LE)}$ 为外部节点处的非发电机节点间的节点导纳矩阵, $\mathbf{Y}_{LL(LE)(LB)}$ 为外部节点处的非发电机节点与边界节点处的非发电机节点间的节点导纳矩阵, \mathbf{Y}_{BI} 为边界节点与内部节点间导纳之和。 Z_{eq1} 为边界节点B和等值负荷节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为 L_{eq} 和等值发电机节点 G_{eq} 间的阻抗。

[0049] 构建等值前后网损一致性方程为:

$$[0050] \quad |I_B|^2 Z_{eq1} + |I_{Geq}|^2 Z_{eq2} = S_{loss} \quad (2);$$

[0051] 其中, $|I_B|$ 表示边界节点电流 I_B 的幅值, $|I_{Geq}|$ 表示节点 G_{eq} 处等值发电机 电流的幅值, Z_{eq1} 为节点 B 和节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为节点 L_{eq} 和节点 G_{eq} 间的 阻抗。 S_{loss} 是等值前配电网功率损耗。

[0052] 构建等值网络功率平衡方程为:

$$[0053] \quad S_B - S_{Leq} + S_{Geq} - S_{loss} = 0 \quad (3);$$

$$[0054] \quad S_B = I_B^* V_B \quad (4);$$

$$[0055] \quad V_{Leq} = V_B - I_B Z_{eq1} \quad (5);$$

$$[0056] \quad S_{Leq} = I_{Leq}^* V_{Leq} \quad (6);$$

$$[0057] \quad V_{Geq} = V_{Leq} + I_{Geq} Z_{eq2} \quad (7);$$

$$[0058] \quad S_{Geq} = I_{Geq}^* V_{Geq} \quad (8);$$

$$[0059] \quad I_B^* V_B - I_{Leq}^* V_{Leq} + I_{Leq}^* I_B Z_{eq1} + I_{Geq}^* (V_B - I_B Z_{eq1} + I_{Geq} Z_{eq2}) = S_{loss} \quad (9);$$

[0060] 将上述等式 (4) - (8) 代入 (3), 构建 (9) 等值网络功率方程。其中, S_B 、 I_B 、 V_B 为边界节点 B 处的功率、电流、电压, S_{Leq} 为节点等值负荷 L_{eq} 处的功率, S_{Geq} 为节点等值发电机 G_{eq} 处的功率, I_{Leq} 为节点等值负荷 L_{eq} 处的电流, I_{Geq} 为节点等值发电机 G_{eq} 处的电流, V_{Leq} 为节点等值负荷 L_{eq} 处的电 压, V_{Geq} 为节点等值发电机 G_{eq} 处的电压, Z_{eq1} 为为节点 B 和节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为节点 L_{eq} 和节点 G_{eq} 间的阻抗。 S_{loss} 是等值前配电网功率损耗。其中, (*) 表示 (*) 的共轭运算。

[0061] 构建等值负荷节点基尔霍夫电流方程为:

$$[0062] \quad -I_{Leq} + I_{Geq} + I_B = 0 \quad (10);$$

[0063] 式 (10) 为等值负荷节点处的基尔霍夫电流方程, 其中 I_B 为边界节点 B 处的电流, I_{Leq} 为节点等值负荷 L_{eq} 处的电流, I_{Geq} 为节点等值发电机 G_{eq} 处的 电流。

[0064] 步骤 103, 基于节点导纳矩阵、功率损耗以及电压值和电流值, 并根据 静态等值确定条件计算出边界节点的静态等值参数。

[0065] 通过在步骤 101 中获取的输入数据, 根据公式 (1)、(2)、(9)、(10) 建 立的四个非线性方程组, 通过非线性方程组求解方法, 即可求解出 Z_{eq1} 、 Z_{eq2} 、 I_{Leq} 和 I_{Geq} 四个未知量, 其中 I_{Leq} 为节点等值负荷 L_{eq} 处的电流, I_{Geq} 为节点等值 发电机 G_{eq} 处的电流, Z_{eq1} 为为节点 B 和节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为节点 L_{eq} 和节 点 G_{eq} 间的阻抗。其他等值参数 S_{Leq} 、 S_{Geq} 、 V_{Leq} 、 V_{Geq} 通过公式 (4) - (8) 求 解。

[0066] 上述实施例中的用于确定配电网静态等值的方法, 提供一种综合考虑灵 敏度与网损一致性的用于确定配电网静态等值的方法, 可以利用计算机, 通 过程序先输入配电网等值前的节点导纳矩阵、配电网等值前的网络功率损耗 以及边界节点的电压与电流, 然后构建等值前后灵敏度一致性方程、网损一 致性方程、等值网络功率平衡方程及等值负荷节点基尔霍夫电流方程, 求解 出等值参数; 保留了原有 PQ 模型简单有效的优点, 全面考虑了 灵敏度与网络 损耗等值前后的一致性, 保留了主动配电网中的分布式发电机的电压功率 支撑作用, 能够反映传输网络到主动配电网的功率注入方向的变化, 提高了 对于配电网进行稳态分析的精度。

[0067] 在一个实施例中,以IEEE 14节点输电系统和图3A和3B所示的14节点主动配电系统组成的系统为例进行说明,14节点的主动配电系统详细数据见下表1所示:

	Generator node			Load node		
	P(MW)	V(p.u.)		P (MW)	Q (MVar)	
[0068]	19	4	1	16	2.8	1.6
	24	4	1	17	5.6	2.7
	27	4	1	18	1.4	0.9
	Line			R(p.u.)		
	5-15	0	0.556	20	4.2	1.5
	15-16	0.075	0.1	21	2.1	1.2
	16-19	0.09	0.18	22	7	3
	18-26	0.09	0.12	23	6.3	2
	19-21,27-28	0.04	0.04	25	1.4	0.9
[0069]	16-20,17-22, 22-23,18-27	0.08	0.11	26	1.4	0.7
	15-17,15-18, 22-24,15-25	0.11	0.11	28	2.94	1

[0070] 表1—14节点主动配电系统的详细数据

[0071] 关于用于确定配电网静态等值的具体步骤如下:

[0072] 步骤201,输入数据。

[0073] 输入配电网等值前的节点导纳矩阵 $Y_{LL(LB)(LB)}$ 、 Y_{BI} 、 $Y_{LL(LE)(LE)}$ 、 $Y_{LL(LE)(LB)}$,等值前配电网功率损耗 $S_{loss} = 0.0063 + j0.0070$ 、边界节点的电压电流 $I_B = 0.2194 - j0.0748$ 、 $V_B = 0.9583 - j0.2895$,其中 $Y_{LL(LB)(LB)}$ 为边界节点处的非发电机节点之间的节点导纳矩阵, $Y_{LL(LE)(LE)}$ 为外部节点处的非发电机节点间的节点导纳矩阵, $Y_{LL(LE)(LB)}$ 为外部节点处的非发电机节点与边界节点处的非发电机节点间的节点导纳矩阵, Y_{BI} 为边界节点与内部节点间导纳之和,具体的各矩阵如下所示:

[0074] $Y_{LL(LB)(LB)} = [13.8909 - j17.2889]$;

[0075] $Y_{LL(LE)(LB)} = \begin{bmatrix} -4.7999 + j6.4000 \\ -4.5455 + j4.5455 \\ -4.5455 + j4.5455 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$;

[0076] $Y_{LL(LB)(LE)} = [-4.7999 + j6.4000 \quad -4.5455 + j4.5455 \quad -4.5455 + j4.5455 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$;

$$[0077] \quad \mathbf{Y}_{LL(LE)(LE)}^{-1} = \begin{bmatrix} 11.3465-j16.7903 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 13.4152-j15.0369 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 12.5000-j12.5000 \end{bmatrix};$$

$$[0078] \quad \mathbf{Y}_{BI} = [0-j1.7979].$$

[0079] 步骤202,构建等值前后灵敏度一致性的方程

$$[0080] \quad \frac{1}{Z_{eq1}+Z_{eq2}} = \mathbf{Y}_{LL(LB)(LB)} - \mathbf{Y}_{BI} - \mathbf{Y}_{LL(LB)(LE)} \mathbf{Y}_{LL(LE)(LE)}^{-1} \mathbf{Y}_{LL(LE)(LB)} \quad (1)$$

[0081] 式(1)左边为未知量,其中 Z_{eq1} 为节点B和节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为节点 L_{eq} 和节点 G_{eq} 间的阻抗。

[0082] 步骤203,构建等值前后网损一致性的方程:

$$[0083] \quad |I_B|^2 Z_{eq1} + |I_{Geq}|^2 Z_{eq2} = S_{loss} \quad (2)$$

[0084] 式中, $|I_B|=0.2318$ 表示边界节点电流 $I_B=0.2194-j0.0748$ 的幅值, Z_{eq1} 为节点B和节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为节点 L_{eq} 和节点 G_{eq} 间的阻抗。 $S_{loss}=0.0063+j0.0070$ 表示等值前配电网的功率损耗。

[0085] 步骤204,构建等值网络功率平衡方程:

$$[0086] \quad S_B - S_{Leq} + S_{Geq} - S_{loss} = 0 \quad (3)$$

$$[0087] \quad S_B = I_B^* V_B \quad (4)$$

$$[0088] \quad V_{Leq} = V_B - I_B Z_{eq1} \quad (5)$$

$$[0089] \quad S_{Leq} = I_{Leq}^* V_{Leq} \quad (6)$$

$$[0090] \quad V_{Geq} = V_{Leq} + I_{Geq} Z_{eq2} \quad (7)$$

$$[0091] \quad S_{Geq} = I_{Geq}^* V_{Geq} \quad (8)$$

$$[0092] \quad I_B^* V_B - I_{Leq}^* V_{Leq} + I_{Leq}^* I_B Z_{eq1} + I_{Geq}^* (V_B - I_B Z_{eq1} + I_{Geq} Z_{eq2}) = S_{loss} \quad (9)$$

[0093] 将上述等式(4)-(8)代入(3),构建(9)等值网络功率方程,式中 $S_B=0.2319+j0.0082$ 、 $I_B=0.2194-j0.0748$ 、 $V_B=0.9583-j0.2895$ 为边界节点B处的功率、电流、电压, S_{Leq} 为节点等值负荷 L_{eq} 处的功率, S_{Geq} 为节点等值发电机 G_{eq} 处的功率, I_{Leq} 为节点等值负荷 L_{eq} 处的电流, I_{Geq} 为节点等值发电机 G_{eq} 处的电流, V_{Leq} 为节点等值负荷 L_{eq} 处的电压, V_{Geq} 为节点等值发电机 G_{eq} 处的电压, Z_{eq1} 为节点B和节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为节点 L_{eq} 和节点 G_{eq} 间的阻抗。 S_{loss} 是等值前配电网功率损耗。其中, $(*)^*$ 表示 $(*)$ 的共轭运算。

$$[0094] \quad I_B^* = 0.2194+j0.0748。$$

[0095] 步骤205,构建等值负荷节点基尔霍夫电流方程:

$$[0096] \quad -I_{Leq} + I_{Geq} + I_B = 0 \quad (10)$$

[0097] 式(10)为等值负荷节点处的基尔霍夫电流方程,其中 $I_B=0.2194-j0.0748$ 为边界节点B处的电流, I_{Leq} 为节点等值负荷 L_{eq} 处的电流, I_{Geq} 为节点等值发电机 G_{eq} 处的电流。

[0098] 步骤206,求解等值参数方程:通过步骤1)中的输入数据,根据步骤2)-5)中(1)、(2)、(9)、(10)建立的四个非线性方程组,通过非线性方程组求解方法,即可求解出 Z_{eq1} 、 Z_{eq2} 、 I_{Leq} 和 I_{Geq} 四个未知量,其中, I_{Leq} 为节点等值负荷 L_{eq} 处的电流, I_{Geq} 为节点等值发电机 G_{eq} 处的电流, Z_{eq1} 为节点B和节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为节点 L_{eq} 和节点 G_{eq} 间的阻抗。其他等值

参数 S_{Leq} 、 S_{Geq} 、 V_{Leq} 、 V_{Geq} 通过公式(4)-(8)求解。

[0099] 计算结果为:

[0100] $Z_{eq1}=0.0343+j0.0611$;

[0101] $Z_{eq2}=0.0356+j0.0297$;

[0102] $I_{Leq}=-0.5174+j0.2660$;

[0103] $I_{Geq}=0.2980-j0.1912$ 。

[0104] 通过求解(4)-(8)非线性方程进而求得其他等值参数:

[0105] $S_{Leq}=56.9477+j9.6270$;

[0106] $S_{Geq}=34.3864+j9.5121$;

[0107] $V_{Leq}=0.9462-j0.3004$;

[0108] $V_{Geq}=0.9625-j0.2983$ 。

[0109] 将上述实施例中的用于确定配电网静态等值的方法应用于实际的配电网 中进行实验,将求解结果与现有主要方法进行对比,进而对比各方法在主动 配电网运行参数改变时的相对误差及绝对误差,判断各方法的效果。在节点5在系统边界节点15的电压增加2.3%的情况下,比较M0-M3栏中的有功功率、无功功率、电压的绝对误差与相对误差数据,进而判断各方法的效果。

[0110] 通过多种方法求得主动配电网的值以及其绝对误差、相对误差见下表 2,其中,M0为不使用等值的主动配电网,M1为PQ等值,M2为传统ZIP等 值,M3为本发明的用于确定配电网静态等值。从实验结果可以明显看出,本 发明的用于确定配电网静态等值的方法的M3的绝对误差与相对误差远小于其 他方法。

[0111]

节点5 的参数	M0	M1			M2			M3		
	计算值	计算值	e_1	$e_2(\%)$	计算值	e_1	$e_2(\%)$	计算值	e_1	$e_2(\%)$
$P(\text{MW})$	23.8607	23.1913	0.6695	2.8058	31.6016	7.7408	32.4416	23.6975	0.1632	0.6841
$Q(\text{Mvar})$	33.8702	2.9507	30.9195	91.2882	10.8248	23.0454	68.0403	33.9185	0.0483	0.1426
$V(\text{p.u.})$	1.0012	1.0142	0.0130	1.2954	1.0096	0.0084	0.8365	1.0012	0.0000	0.0000

[0112] 表2—各方法计算的主动配电网有功功率、无功功率、电压对比表

[0113] 本发明的用于确定配电网静态等值的方法,综合了灵敏度与网损一致性 对主动配电网进行静态等值,保留了主动配电网中发电机的功率电压支撑作 用,保证了主动配电网等值的精度。

[0114] 在一个实施例中,如图4所示,本发明提供一种用于确定配电网静态等 值的装置40,包括:获取模块41、构建模块42和计算模块43。获取模块41 获取配电网中与边界节点相关的节点导纳矩阵,并获取配电网的功率损耗以 及边界节点的电压值和电流值。构建模块42构建用于确定边界节点的静态等 值的静态等值确定条件,其中,静态等值确定条件包括:灵敏度一致性方 程、网损一致性方程、等值网络功率平衡方程和节点基尔霍夫电流方 程。计 算模块43基于节点导纳矩阵、功率损耗以及电压值和电流值,并根据静态等 值确定条件计算出边界节点的静态等值参数。

[0115] 在一个实施例中,获取模块41获取节点导纳矩阵 $Y_{LL(LB)(LB)}$ 、 Y_{BI} 、 $Y_{LL(LE)(LE)}$ 和 $Y_{LL(LE)(LB)}$, 并获取配电网的功率损耗 S_{loss} 、边界节点B的电流值 I_B 和电压值 V_B ; 其中, $Y_{LL(LB)(LB)}$ 为边界节

点B处的非发电机节点之间的节点导纳矩阵, $Y_{LL(L\bar{E})(L\bar{E})}$ 为配电网的外部节点处的非发电机节点间的节点导纳矩阵, $Y_{LL(L\bar{E})(L\bar{B})}$ 为配电网的外部节点处的非发电机节点与边界节点B处的非发电机节点间的节点导纳矩阵, Y_{BI} 为边界节点B与配电网的内部节点间的导纳之和的矩阵。

[0116] 构建模块42构建灵敏度一致性方程为:

$$[0117] \quad \frac{1}{Z_{eq1}} - \frac{Z_{eq2}}{Z_{eq1}^2 + Z_{eq1}Z_{eq2}} = Y_{LL(L\bar{B})(L\bar{B})} - Y_{LL(L\bar{B})(L\bar{E})} Y_{LL(L\bar{E})(L\bar{E})}^{-1} Y_{LL(L\bar{E})(L\bar{B})} - Y_{BI};$$

[0118] 其中, Z_{eq1} 为边界节点B和等值负荷节点 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为 L_{eq} 和等值发电机节点 G_{eq} 间的阻抗。

[0119] 构建模块42构建网损一致性方程为:

$$[0120] \quad |I_B|^2 Z_{eq1} + |I_{G_{eq}}|^2 Z_{eq2} = S_{loss};$$

[0121] 其中, $|I_B|$ 表示所述电流值 I_B 的幅值, $|I_{G_{eq}}|$ 表示所述 G_{eq} 处等值发电机电流的幅值, Z_{eq1} 为所述边界节点B和所述 L_{eq} 间的阻抗, Z_{eq2} 为所述 L_{eq} 和所述 G_{eq} 间的阻抗。

[0122] 构建模块42构建等值网络功率平衡方程为:

$$[0123] \quad I_B^* V_B - I_{Leq}^* V_B + I_{Leq}^* I_B Z_{eq1} + I_{G_{eq}}^* (V_B - I_B Z_{eq1} + I_{G_{eq}} Z_{eq2}) = S_{loss};$$

[0124] 其中, V_B 为边界节点B的电压, I_{Leq} 为 L_{eq} 处的电流, $I_{G_{eq}}$ 为 G_{eq} 处的电流, V_{Leq} 为 L_{eq} 处的电压, $V_{G_{eq}}$ 为 G_{eq} 处的电压。

[0125] 构建模块42构建节点基尔霍夫电流方程为: $-I_{Leq} + I_{G_{eq}} + I_B = 0$ 。

[0126] 计算模块43基于节点导纳矩阵、功率损耗以及电压值和电流值对灵敏度一致性方程、网损一致性方程、等值网络功率平衡方程和节点基尔霍夫电流方程进行求解, 获得 Z_{eq1} , Z_{eq2} , I_{Leq} 和 $I_{G_{eq}}$ 。

[0127] 构建模块42构建第一公式为: $S_B = I_B^* V_B$, 构建第二公式为: $V_{Leq} = V_B - I_B Z_{eq1}$, 构建第三公式为: $S_{Leq} = I_{Leq}^* V_{Leq}$, 构建第四公式为: $V_{G_{eq}} = V_{Leq} + I_{G_{eq}} Z_{eq2}$, 构建第五公式为: $S_{G_{eq}} = I_{G_{eq}}^* V_{G_{eq}}$ 。计算模块43基于节点导纳矩阵、功率损耗以及电压值和电流值对所述第二公式、所述第三公式、所述第四公式和所述第五公式进行求解, 获得 S_{Leq} , $S_{G_{eq}}$, V_{Leq} , $V_{G_{eq}}$; 其中, S_B 为边界节点B的功率, S_{Leq} 为 L_{eq} 处的功率, $S_{G_{eq}}$ 为 G_{eq} 处的功率。

[0128] 上述实施例中提供的用于确定配电网静态等值的方法及装置, 针对现有的主动配电网静态等值方法的不足, 提供一种综合灵敏度与网损一致性的主动配电网静态等值方法, 保留了原有PQ模型简单有效的优点, 全面考虑了灵敏度与网络损耗等值前后的一致性, 使用当前输配网的网络拓扑结构及潮流状态信息构建包括等值发电机、支路和负荷的物理等值网络并求解等值参数, 提高了主动配电网等值精度。

[0129] 可能以许多方式来实现本发明的方法和系统。例如, 可通过软件、硬件、固件或者软件、硬件、固件的任何组合来实现本发明的方法和系统。用于方法的步骤的上述顺序仅是为了进行说明, 本发明的方法的步骤不限于以上具体描述的顺序, 除非以其它方式特别说明。此外, 在一些实施例中, 还可将本发明实施为记录在记录介质中的程序, 这些程序包括用于实现根据本发明的方法的机器可读指令。因而, 本发明还覆盖存储用于执行根据本发明的方法的程序的记录介质。

[0130] 本发明的描述是为了示例和描述起见而给出的,而并不是无遗漏的或者 将本发明限于所公开的形式。很多修改和变化对于本领域的普通技术人员而言是显然的。选择和描述实施例是为了更好说明本发明的原理和实际应用,并且使本领域的普通技术人员能够理解本发明从而设计适于特定用途的带有 各种修改的各种实施例。

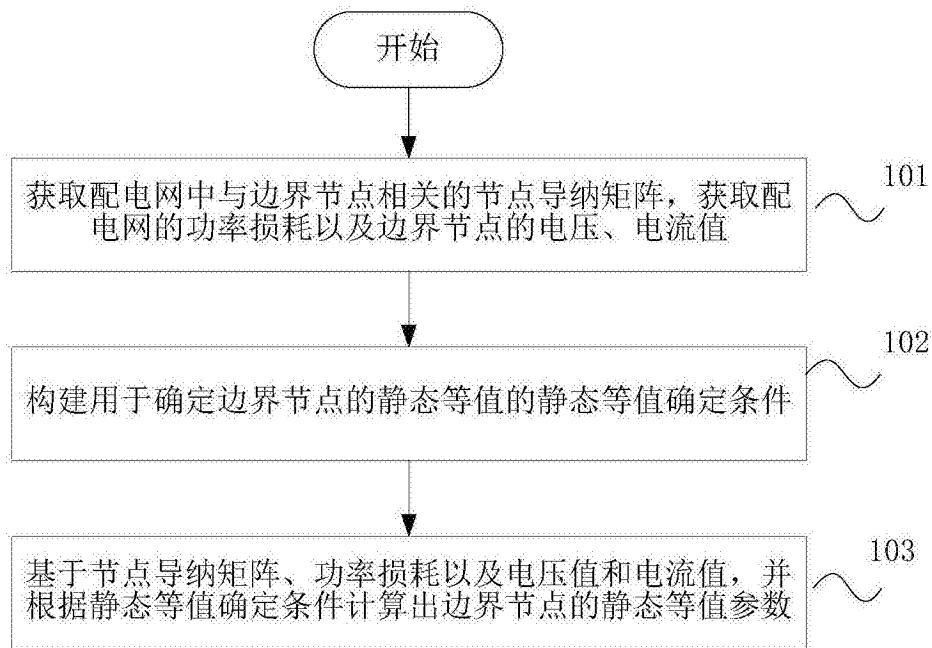


图1

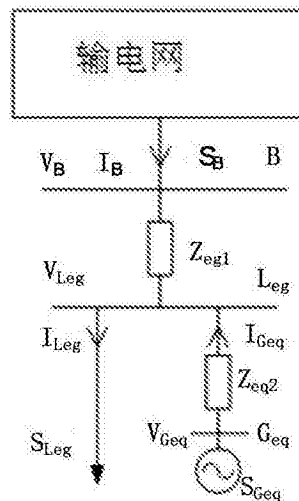


图2

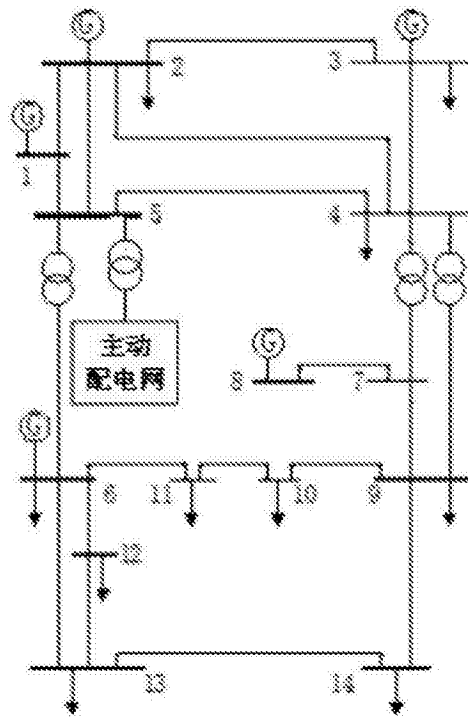


图3A

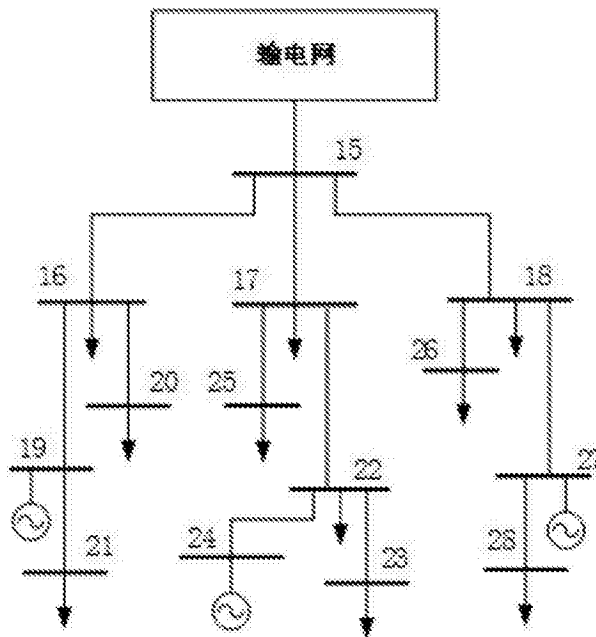


图3B

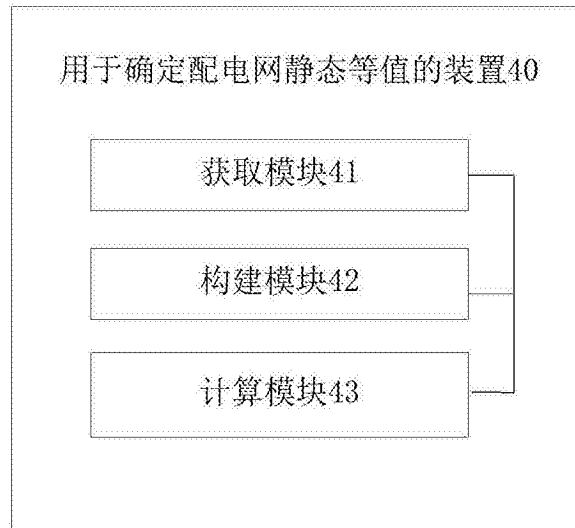


图4