



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106918737 A

(43) 申请公布日 2017. 07. 04

(21) 申请号 201510998926. 9

(22) 申请日 2015. 12. 28

(71) 申请人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为
总部办公楼

(72) 发明人 曾晓生 郭海滨 辛凯

(74) 专利代理机构 深圳市深佳知识产权代理事
务所(普通合伙) 44285

代理人 王仲凯

(51) Int. Cl.

G01R 21/06(2006. 01)

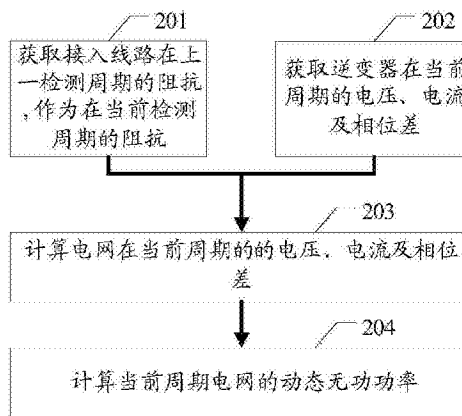
权利要求书5页 说明书16页 附图9页

(54) 发明名称

一种检测电网动态无功功率的方法以及无功
功率检测装置

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种检测电网动态无功功率的方法以及无功功率检测装置,用于检测电网中的无功功率需求,能够避免由于通信延迟产生的数据不准确。所述方法包括:无功功率检测装置获取所述接入线路在上一检测周期的阻抗,所述上一检测周期是指所述当前检测周期以前的一个检测周期;所述无功功率检测装置获取所述逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差;所述无功功率检测装置根据所述接入线路在所述当前检测周期的阻抗以及所述逆变器在所述当前检测周期的电压、电流及相位差,计算所述电网的电压、电流及相位差;所述无功功率检测装置根据所述计算得到的所述电网的电压、电流及相位差计算所述电网的无功功率。



1. 一种检测电网动态无功功率的方法,其特征在于,所述方法用于电网系统,所述电网系统包括电网以及通过接入线路接入所述电网的逆变器,所述逆变器把直流电转变成交流电通过所述接入线路并入所述电网中;

所述方法包括:

获取所述接入线路在上一检测周期的阻抗,所述上一检测周期是指所述当前检测周期以前的一个检测周期;

获取所述逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差;根据所述接入线路在所述上一检测周期的阻抗以及所述逆变器在所述当前检测周期的电压、电流及相位差,计算所述电网的电压、电流及相位差;且

根据所述计算得到的所述电网的电压、电流及相位差计算所述电网的无功功率。

2. 根据权利要求1所述的检测电网动态无功功率的方法,其特征在于,所述上一检测周期是指与所述当前检测周期相邻的前一个检测周期。

3. 根据权利要求1所述的检测电网动态无功功率的方法,其特征在于,所述上一检测周期是指所述当前检测周期前预置时间范围内的任一检测周期。

4. 根据权利要求1-3任一项所述检测电网动态无功功率的方法,其特征在于,所述获取所述接入线路在上一检测周期的阻抗,包括:

获取所述接入线路在所述上一检测周期的电压、电流及相位差;

根据所述接入线路在所述上一检测周期的电压、电流及相位差,计算所述接入线路的阻抗。

5. 根据权利要求4所述检测电网动态无功功率的方法,其特征在于,所述接入线路包括串联的多级变压器;

所述获取所述接入线路在所述上一检测周期的电压、电流及相位差,包括:

获取所述多级变压器中的每一级变压器在所述上一检测周期的电压、电流及相位差;

所述根据所述接入线路在所述上一检测周期的电压、电流及相位差,计算所述接入线路的阻抗,包括:

根据所述每一级变压器在所述上一检测周期的电压、电流及相位差,计算所述每一级变压器的阻抗,并对所述每一级变压器的阻抗求和,得到所述接入线路的阻抗。

6. 根据权利要求5所述检测电网动态无功功率的方法,其特征在于,所述根据所述每一级变压器在所述上一检测周期的电压、电流及相位差,计算所述每一级变压器的阻抗,并对所述每一级变压器的阻抗求和,得到所述接入线路的阻抗,包括:

根据所述每一级变压器在所述上一检测周期的相位差 θ ,作为该级变压器的阻抗角,并采用下述公式计算该级变压器的阻抗:

$$Z = \frac{U}{I} \cos\theta + i \left(\frac{U}{I} \sin\theta \right),$$

其中, Z 为该级变压器的阻抗, U 为该级变压器的电压有效值, I 为该级变压器的电流有效值,并对所述每一级变压器的阻抗求和,得到所述接入线路的阻抗。

7. 根据权利要求1-3任一项所述检测电网动态无功功率的方法,其特征在于,所述获取所述接入线路在上一检测周期的阻抗,包括:

获取所述电网在所述上一检测周期的电压、电流以及所述逆变器在所述上一检测周期

的电压、电流；

根据所述电网在所述上一检测周期的电压、电流以及所述逆变器在所述上一检测周期的电压、电流，计算所述接入线路的阻抗。

8. 根据权利要求7所述检测电网动态无功功率的方法，其特征在于，所述根据所述电网在所述上一检测周期的电压、电流以及所述逆变器在所述上一检测周期的电压、电流，计算所述接入线路的阻抗，包括：

采用下述公式计算所述接入线路的阻抗：

$$\begin{aligned}\overrightarrow{I_{\text{line}}} &= \overrightarrow{I_{\text{grid}}}, \\ \overrightarrow{U_{\text{line}}} &= \overrightarrow{U_{\text{inv}}} - \overrightarrow{U_{\text{grid}}}, \\ Z_{\text{line}} &= \overrightarrow{U_{\text{line}}} / \overrightarrow{I_{\text{line}}},\end{aligned}$$

其中， $\overrightarrow{U_{\text{line}}}$ 为所述接入线路的电压， $\overrightarrow{I_{\text{line}}}$ 为所述接入线路的电流， Z_{line} 为所述接入线路的阻抗， $\overrightarrow{I_{\text{grid}}}$ 为所述电网的电流， $\overrightarrow{U_{\text{inv}}}$ 为所述逆变器的电压。

9. 根据权利要求1-8任一项所述检测电网动态无功功率的方法，其特征在于，所述根据所述接入线路在所述上一检测周期的阻抗以及所述逆变器在所述当前检测周期的电压、电流及相位差，计算所述电网的电压、电流及相位差，包括：

采用下述公式计算所述电网的电压、电流及相位差：

$$\begin{aligned}\overrightarrow{U_{\text{grid}}} &= \overrightarrow{U_{\text{inv}}} - \overrightarrow{I_{\text{inv}}} \times Z_{\text{line}}, \\ \overrightarrow{I_{\text{grid}}} &= \overrightarrow{I_{\text{inv}}},\end{aligned}$$

$$\theta_{\text{grid}} = \theta_{\text{line}} + \theta_{\text{inv}},$$

其中， $\overrightarrow{U_{\text{grid}}}$ 为所述电网的电压， $\overrightarrow{U_{\text{inv}}}$ 为所述逆变器的电压， Z_{line} 为所述接入线路的阻抗， $\overrightarrow{I_{\text{grid}}}$ 为所述电网的电流， $\overrightarrow{I_{\text{inv}}}$ 为所述逆变器的电流， θ_{grid} 为所述电网的电压和电流的相位差， θ_{inv} 为所述逆变器电压和电流的相位差， θ_{line} 为 Z_{line} 的阻抗角。

10. 根据权利要求1-9任一项所述检测电网动态无功功率的方法，其特征在于，所述根据所述计算得到的所述电网的电压、电流及相位差，计算所述电网的无功功率，包括：

根据所述电网的电压计算所述电网的电压有效值，根据所述电网的电流计算所述电网的电流有效值，并采用下述公式计算所述电网的无功功率：

$$Q_{\text{grid}} = U_{\text{grid}} \times I_{\text{grid}} \times \sin \theta_{\text{grid}},$$

其中， Q_{grid} 为所述电网的动态无功功率， U_{grid} 为所述电网的电压有效值， I_{grid} 为所述电网的电流有效值， θ_{grid} 为电网的电压和电流的相位差。

11. 一种无功功率检测装置，其特征在于，用于电网系统，所述电网系统包括电网以及通过接入线路接入所述电网的逆变器，所述逆变器把直流电转变成交流电通过所述接入线路并入所述电网中；

所述无功功率检测装置包括：

第一获取模块,用于获取所述接入线路在上一检测周期的阻抗,所述上一检测周期是指所述当前检测周期以前的一个检测周期;

第二获取模块,用于获取所述逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差;

第一计算模块,用于根据所述第一获取模块获取的所述接入线路在所述上一检测周期的阻抗以及所述第二获取模块获取的所述逆变器在所述当前检测周期的电压、电流及相位差,计算所述电网的电压、电流及相位差;

第二计算模块,用于根据所述计算模块计算得到的所述电网的电压、电流及相位差计算所述电网的无功功率。

12.根据权利要求11所述无功功率检测装置,其特征在于,所述上一检测周期是指与所述当前检测周期相邻的前一个检测周期。

13.根据权利要求11所述无功功率检测装置,其特征在于,所述上一检测周期是指所述当前检测周期前预置时间范围内的任一检测周期。

14.根据权利要求11-13任一项所述无功功率检测装置,其特征在于,所述第一获取模块包括:

第一获取单元,用于获取所述接入线路在所述上一检测周期的电压、电流及相位差;

第一计算单元,用于根据所述第一获取单元获取的所述接入线路在所述上一检测周期的电压、电流及相位差计算所述接入线路的阻抗。

15.根据权利要求14所述无功功率检测装置,其特征在于,所述接入线路包括串联的多级变压器;

所述第一获取单元,具体用于获取所述多级变压器中的每一级变压器在所述上一检测周期的电压、电流及相位差;

所述第一计算单元,具体用于根据所述第一获取单元获取的所述每一级变压器在所述上一检测周期的电压、电流及相位差,计算所述每一级变压器的阻抗,并对所述每一级变压器的阻抗求和,得到所述接入线路的阻抗。

16.根据权利要求15无功功率检测装置,其特征在于,所述第一计算单元具体用于根据所述第一获取单元获取的所述每一级变压器在所述上一检测周期的相位差 θ ,作为该级变压器的阻抗角,并采用下述公式计算该级变压器的阻抗:

$$Z = \frac{U}{I} \cos\theta + i \left(\frac{U}{I} \sin\theta \right),$$

其中, Z 为该级变压器的阻抗, U 为该级变压器的电压有效值, I 为该级变压器的电流有效值,并对所述每一级变压器的阻抗求和,得到所述接入线路的阻抗,作为所述接入线路在所述当前检测周期的阻抗。

17.根据权利要求11-13任一项所述无功功率检测装置,其特征在于,所述第一获取模块包括:

第二获取单元,用于获取所述电网在所述上一检测周期的电压、电流以及所述逆变器在所述上一检测周期的电压、电流;

第二计算单元,用于根据所述第二获取单元获取的所述电网在所述上一检测周期的电压、电流以及所述逆变器在所述上一检测周期的电压、电流,计算所述接入线路的阻抗。

18.根据权利要求17所述无功功率检测装置,其特征在于,所述第二计算单元具体用于

采用下述公式计算所述接入线路的阻抗：

$$\begin{aligned}\vec{I}_{\text{line}} &= \vec{I}_{\text{grid}}, \\ \vec{U}_{\text{line}} &= \vec{U}_{\text{inv}} - \vec{U}_{\text{grid}}, \\ Z_{\text{line}} &= \vec{U}_{\text{line}} / \vec{I}_{\text{line}},\end{aligned}$$

其中， \vec{U}_{line} 为所述接入线路的电压， \vec{I}_{line} 为所述接入线路的电流， Z_{line} 为所述接入线路的阻抗， \vec{I}_{grid} 为所述电网的电流， \vec{U}_{inv} 为所述逆变器的电压。

19. 根据权利要求11-18任一项所述无功功率检测装置，其特征在于，所述第一计算模块具体用于采用下述公式计算所述电网的电压、电流及相位差：

$$\begin{aligned}\vec{U}_{\text{grid}} &= \vec{U}_{\text{inv}} - \vec{I}_{\text{inv}} \times Z_{\text{line}}, \\ \vec{I}_{\text{grid}} &= \vec{I}_{\text{inv}},\end{aligned}$$

$$\theta_{\text{grid}} = \theta_{\text{line}} + \theta_{\text{inv}},$$

其中， \vec{U}_{grid} 为所述电网的电压， \vec{U}_{inv} 为所述逆变器的电压， Z_{line} 为所述接入线路的阻抗， \vec{I}_{grid} 为所述电网的电流， \vec{I}_{inv} 为所述逆变器的电流， θ_{grid} 为电网的电压和电流的相位差， θ_{inv} 为逆变器的电压和电流的相位差， θ_{line} 为 Z_{line} 的阻抗角。

20. 根据权利要求11-19任一项所述无功功率检测装置，其特征在于，所述第二计算模块具体用于根据所述电网的电压计算所述电网的电压有效值，根据所述电网的电流计算所述电网的电流有效值，并采用下述公式计算所述电网的无功功率：

$$Q_{\text{grid}} = U_{\text{grid}} \times I_{\text{grid}} \times \sin \theta_{\text{grid}},$$

其中， Q_{grid} 为所述电网的动态无功功率， U_{grid} 为所述电网的电压有效值， I_{grid} 为所述电网的电流有效值， θ_{grid} 为电网的电压和电流的相位差。

21. 一种无功功率检测装置，其特征在于，用于电网系统，所述电网系统包括电网以及通过接入线路接入所述电网的逆变器，所述逆变器把直流电转变成交流电通过所述接入线路并入所述电网中；

所述无功功率检测装置包括：

处理单元和采集器；

所述采集器，用于获取所述逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差；

所述处理单元，用于根据所述接入线路在上一检测周期的阻抗以及所述逆变器在所述当前检测周期的电压、电流及相位差，计算所述电网的电压、电流及相位差；且根据所述计算得到的所述电网的电压、电流及相位差计算所述电网的无功功率。

22. 根据权利要求21所述无功功率检测装置，其特征在于，

所述采集器还用于获取所述接入线路在所述上一检测周期的电压、电流及相位差；

所述处理单元还用于根据所述接入线路在所述上一检测周期的电压、电流及相位差，计算所述接入线路在上一检测周期的阻抗。

23. 根据权利要求21所述无功功率检测装置，其特征在于，

所述采集器还用于获取所述电网在所述上一检测周期的电压、电流以及所述逆变器在所述上一检测周期的电压、电流；

所述处理单元还用于根据所述电网在所述上一检测周期的电压、电流以及所述逆变器在所述上一检测周期的电压、电流，计算所述接入线路在上一检测周期的阻抗。

一种检测电网动态无功功率的方法以及无功功率检测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及强电领域,尤其涉及一种检测电网动态无功功率的方法以及无功功率检测装置。

背景技术

[0002] 无功补偿在电力供电系统中起提高电网的功率因数的作用,降低供电变压器及输送线路的损耗,提高供电效率,改善供电环境,所以无功功率补偿装置在电力供电系统中处在一个不可缺少的非常重要的位置。

[0003] 合理的选择补偿装置,可以做到最大限度的减少电网的损耗,使电网质量提高。反之,如选择或使用不当,可能造成供电系统,电压波动,谐波增大等诸多因素。传统应用上采用专门的无功补偿装置进行电网的无功补偿,然而随着并网逆变器,特别是光伏并网逆变器大量接入电网之后,逆变器可以充当无功补偿装置,为电网提供无功功率。

[0004] 不管是传统的无功补偿装置,还是带有无功补偿功能的并网逆变器,检测电网无功功率需求的方法是直接采集电网的电压、电流、相位或有功功率、无功功率等信息而计算得到。

[0005] 当电网的电压、电流、相位或有功功率、无功功率等信息被传输到并网逆变器而被采集到并网逆变器根据数据进行计算其无功功率时,由于通信线路的延迟,并不能准确地作为当前检测周期的无功功率需求。

发明内容

[0006] 本发明实施例提供了一种检测电网动态无功功率的方法以及无功功率检测装置,用于检测电网中的无功功率需求,能够避免由于通信延迟产生的数据不准确,提高无功功率检测的准确性。

[0007] 有鉴于此,本发明实施例第一方面提供了一种检测电网动态无功功率的方法,该方法用于电网系统,该电网系统包括电网以及通过接入线路接入该电网的逆变器,该逆变器把直流电转变成交流电通过该接入线路并入该电网中,该方法包括:获取该接入线路在上一检测周期的阻抗,该上一检测周期是指当前检测周期以前的一个检测周期;获取该逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差;根据该接入线路在上一检测周期的阻抗以及该逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差,计算该电网的电压、电流及相位差;且根据该计算得到的电网的电压、电流及相位差计算该电网的无功功率。本发明实施例将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流,避免了通讯延迟对于数据获取的影响,因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

[0008] 结合本发明实施例的第一方面,在本发明实施例的第一方面的第一种实施方式中,获取该接入线路在上一检测周期的阻抗,包括:获取该接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差;根据该接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差,计算该接入线

路的阻抗。

[0009] 结合本发明实施例的第一方面的第一种具体实施方式,在本发明实施例的第一方面的第二种具体实施方式中,该接入线路包括串联的多级变压器;获取该接入线路在该上一检测周期的电压、电流及相位差,包括:获取该多级变压器中的每一级变压器在上一检测周期的电压、电流及相位差;根据该接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差,计算该接入线路的阻抗,包括:根据每一级变压器在上一检测周期的电压、电流及相位差,计算每一级变压器的阻抗,并对每一级变压器的阻抗求和,得到该接入线路的阻抗,具体的,根据每一级变压器在上一检测周期的相位差 θ ,作为该级变压器的阻抗角,并采用下述公式计算该级变压器的阻抗:

$$[0010] \quad Z = \frac{U}{I} \cos\theta + i \left(\frac{U}{I} \sin\theta \right),$$

[0011] 在上述公式中, Z 为该级变压器的阻抗, U 为该级变压器的电压有效值, I 为该级变压器的电流有效值, θ 为该级变压器的阻抗角。无功功率检测装置将该多级变压器的阻抗进行求和,得到接入线路的阻抗。由于在发明中,接入线路被看成是串联的变压器组成的,因此接入线路的阻抗可以看成为接入线路中所有串联的变压器的阻抗之和,所以直接通过计算串联的多级变压器在进行求和,可以直接得到准确的接入线路的阻抗数据。

[0012] 结合本发明实施例的第一方面,在本发明实施例的第一方面的第三种实施方式中,获取该接入线路在上一检测周期的阻抗,包括:获取该接入线路在上一检测周期的阻抗,包括:获取该电网在上一检测周期的电压、电流以及该逆变器在上一检测周期的电压、电流;根据该电网在上一检测周期的电压、电流以及该逆变器在上一检测周期的电压、电流,计算该接入线路的阻抗。

[0013] 结合本发明实施例的第一方面的第三种具体实施方式,在本发明实施例的第一方面的第四种具体实施方式中,包括:根据该电网在上一检测周期的电压、电流和该逆变器在上一检测周期的电压、电流计算该接入线路的阻抗,采用下述公式计算该接入线路的阻抗:

$$[0014] \quad \overrightarrow{I_{\text{line}}} = \overrightarrow{I_{\text{grid}}},$$

$$[0015] \quad \overrightarrow{U_{\text{line}}} = \overrightarrow{U_{\text{inv}}} - \overrightarrow{U_{\text{grid}}},$$

$$[0016] \quad Z_{\text{line}} = \overrightarrow{U_{\text{line}}} / \overrightarrow{I_{\text{line}}},$$

[0017] 在上述公式中, $\overrightarrow{U_{\text{line}}}$ 为接入线路的电压, $\overrightarrow{I_{\text{line}}}$ 为接入线路的电流, Z_{line} 为接入线路的阻抗, $\overrightarrow{I_{\text{grid}}}$ 为电网的电流, $\overrightarrow{U_{\text{inv}}}$ 为逆变器的电压。无功功率检测装置根据计算得到的当前检测周期电网的无功功率指示逆变器控制电信号中电压、电流,以使得电网得到该无功功率作为无功补偿。由于使用了动态无功功率作为动态无功功率补偿,因此无功功率检测装置能及时为当前检测周期的电网提供恰当的、准确的无功功率。由于根据电网和逆变器的数据计算得到的接入线路的阻抗,而不是根据变压器的数据计算的,变压器的数量比较多,所使用到的数据比较多,而使用逆变器和电网的数据计算更加简便,使用的数据更少,减轻无功功率检测装置的处理的负担。

[0018] 结合本发明实施例的第一方面,在本发明实施例的第一方面的第五种具体实施方

式中,包括:根据该接入线路在上一检测周期的阻抗以及该逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差,计算该电网的电压、电流及相位差,包括:采用下述公式计算该电网的电压、电流及相位差;

$$[0019] \quad \overrightarrow{U_{\text{grid}}} = \overrightarrow{U_{\text{inv}}} - \overrightarrow{I_{\text{inv}}} \times \overrightarrow{Z_{\text{line}}},$$

$$[0020] \quad \overrightarrow{I_{\text{grid}}} = \overrightarrow{I_{\text{inv}}},$$

$$[0021] \quad \theta_{\text{grid}} = \theta_{\text{line}} + \theta_{\text{inv}},$$

[0022] 在上述公式中, $\overrightarrow{U_{\text{grid}}}$ 为该电网的电压, $\overrightarrow{U_{\text{inv}}}$ 为该逆变器的电压, Z_{line} 为该接入线路的阻抗, $\overrightarrow{I_{\text{grid}}}$ 为该电网的电流, $\overrightarrow{I_{\text{inv}}}$ 为该逆变器的电流, θ_{grid} 为该电网的电压和电流的相位差, θ_{inv} 为该逆变器电压和电流的相位差, θ_{line} 为 Z_{line} 的阻抗角。

[0023] 结合本发明实施例的第一方面,在本发明实施例的第一方面的第六种具体实施方式中,包括:根据该计算得到的该电网的电压、电流及相位差,计算该电网的无功功率,包括:根据该电网的电压计算该电网的电压有效值,根据该电网的电流计算该电网的电流有效值,并采用下述公式计算该电网的无功功率:

$$[0024] \quad Q_{\text{grid}} = U_{\text{grid}} \times I_{\text{grid}} \times \sin \theta_{\text{grid}},$$

[0025] 在上述公式中, Q_{grid} 为当前检测周期电网的动态无功功率, U_{grid} 为电网的电压有效值, I_{grid} 为电网的电流有效值, θ_{grid} 为电网的电压和电流的相位差。

[0026] 应理解,根据上述方法不同的具体实施方式,上一检测周期指与当前检测周期相邻的前一个检测周期,或者当前检测周期前预置时间范围内的任一检测周期,或者当前检测周期前制定的某检测周期,不作限定。

[0027] 从以上技术方案可以看出,本发明实施例具有以下优点:

[0028] 无功功率检测装置通过获取接入线路的阻抗以及逆变器在当前检测周期的电压、电流,并使之用于计算电网在当前检测周期的无功功率。本发明实施例将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流,避免了通讯延迟对于数据获取的影响,因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

[0029] 本发明实施例第二方面提供了一种无功功率检测装置,该装置用于电网系统,该电网系统包括电网以及通过接入线路接入该电网的逆变器,该逆变器把直流电转变成交流电通过该接入线路并入该电网中,该装置包括:第一获取模块,用于获取该接入线路在上一检测周期的阻抗,该上一检测周期是指当前检测周期以前的一个检测周期;第二获取模块,用于获取该逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差;第一计算模块,用于根据该第一获取模块获取的该接入线路在上一检测周期的阻抗以及该第二获取模块获取的该逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差,计算该电网的电压、电流及相位差;第二计算模块,用于根据该计算模块计算得到的该电网的电压、电流及相位差计算该电网的无功功率。

[0030] 本发明实施例将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流,避免了通讯延迟对于数据获取的影响,因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

[0031] 结合本发明实施例的第二方面,在本发明实施例的第二方面的第一种实施方式中,该第一获取模块包括:第一获取单元,用于获取该接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差;第一计算单元,用于根据该第一获取单元获取的该接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差计算该接入线路的阻抗。

[0032] 结合本发明实施例的第二方面的第一种具体实施方式,在本发明实施例的第二方面的第二种具体实施方式中,包括:该第一获取单元,具体用于获取该多级变压器中的每一级变压器在上一检测周期的电压、电流及相位差;该第一计算单元,具体用于根据该第一获取单元获取的每一级变压器在上一检测周期的电压、电流及相位差,计算每一级变压器的阻抗,并对每一级变压器的阻抗求和,得到该接入线路的阻抗,具体的,根据每一级变压器在上一检测周期的相位差 θ ,作为该级变压器的阻抗角,并采用下述公式计算该级变压器的阻抗:

$$[0033] \quad Z = \frac{U}{I} \cos\theta + i \left(\frac{U}{I} \sin\theta \right),$$

[0034] 在上述公式中, Z 为该级变压器的阻抗, U 为该级变压器的电压有效值, I 为该级变压器的电流有效值, θ 为该级变压器的阻抗角。无功功率检测装置将该多级变压器的阻抗进行求和,得到接入线路的阻抗。由于在发明中,接入线路被看成是串联的变压器组成的,因此接入线路的阻抗可以看成为接入线路中所有串联的变压器的阻抗之和,所以直接通过计算串联的多级变压器在进行求和,可以直接得到准确的接入线路的阻抗数据。

[0035] 结合本发明实施例的第二方面,在本发明实施例的第二方面的第三种实施方式中,该第一获取模块包括:第一获取单元,用于获取该接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差;第一计算单元,用于根据该第一获取单元获取的该接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差计算该接入线路的阻抗。

[0036] 结合本发明实施例的第二方面的第三种具体实施方式,在本发明实施例的第二方面的第四种具体实施方式中,该第一获取模块包括:第二获取单元,用于获取该电网在上一检测周期的电压、电流以及该逆变器在上一检测周期的电压、电流;第二计算单元,用于根据该第二获取单元获取的该电网在上一检测周期的电压、电流以及该逆变器在上一检测周期的电压、电流,计算该接入线路的阻抗,采用下述公式计算该接入线路的阻抗:

$$[0037] \quad \overrightarrow{I_{\text{line}}} = \overrightarrow{I_{\text{grid}}},$$

$$[0038] \quad \overrightarrow{U_{\text{line}}} = \overrightarrow{U_{\text{inv}}} - \overrightarrow{U_{\text{grid}}},$$

$$[0039] \quad Z_{\text{line}} = \overrightarrow{U_{\text{line}}} / \overrightarrow{I_{\text{line}}},$$

[0040] 在上述公式中, $\overrightarrow{U_{\text{line}}}$ 为接入线路的电压, $\overrightarrow{I_{\text{line}}}$ 为接入线路的电流, Z_{line} 为接入线路的阻抗, $\overrightarrow{I_{\text{grid}}}$ 为电网的电流, $\overrightarrow{U_{\text{inv}}}$ 为逆变器的电压。无功功率检测装置根据计算得到的当前检测周期电网的无功功率指示逆变器控制电信号中电压、电流,以使得电网得到该无功功率作为无功补偿。由于使用了动态无功功率作为动态无功功率补偿,因此无功功率检测装置能及时为当前检测周期的电网提供恰当的、准确的无功功率。由于根据电网和逆变器的数据计算得到的接入线路的阻抗,而不是根据变压器的数据计算的,变压器的数

量比较多,所使用到的数据比较多,而使用逆变器和电网的数据计算更加简便,使用的数据更少,减轻无功功率检测装置的处理的负担。

[0041] 结合本发明实施例的第二方面,在本发明实施例的第二方面的第五种具体实施方式中,该第一计算模块具体用于采用下述公式计算该电网的电压、电流及相位差:

$$[0042] \quad \overrightarrow{U_{\text{grid}}} = \overrightarrow{U_{\text{inv}}} - \overrightarrow{I_{\text{inv}}} \times \overrightarrow{Z_{\text{line}}},$$

$$[0043] \quad \overrightarrow{I_{\text{grid}}} = \overrightarrow{I_{\text{inv}}},$$

$$[0044] \quad \theta_{\text{grid}} = \theta_{\text{line}} + \theta_{\text{inv}},$$

[0045] 在上述公式中, $\overrightarrow{U_{\text{grid}}}$ 为该电网的电压, $\overrightarrow{U_{\text{inv}}}$ 为该逆变器的电压, Z_{line} 为该接入线路的阻抗, $\overrightarrow{I_{\text{grid}}}$ 为该电网的电流, $\overrightarrow{I_{\text{inv}}}$ 为该逆变器的电流, θ_{grid} 为该电网的电压和电流的相位差, θ_{inv} 为该逆变器电压和电流的相位差, θ_{line} 为 Z_{line} 的阻抗角。

[0046] 结合本发明实施例的第二方面,在本发明实施例的第二方面的第六种具体实施方式中,该第二计算模块具体用于根据该电网的电压计算该电网的电压有效值,根据该电网的电流计算该电网的电流有效值,并采用下述公式计算该电网的无功功率:

$$[0047] \quad Q_{\text{grid}} = U_{\text{grid}} \times I_{\text{grid}} \times \sin \theta_{\text{grid}},$$

[0048] 在上述公式中, Q_{grid} 为当前检测周期电网的动态无功功率, U_{grid} 为电网的电压有效值, I_{grid} 为电网的电流有效值, θ_{grid} 为电网的电压和电流的相位差。

[0049] 应理解,根据上述方法不同的具体实施方式,上一检测周期指与当前检测周期相邻的前一个检测周期,或者当前检测周期前预置时间范围内的任一检测周期,或者当前检测周期前制定的某检测周期,不作限定。

[0050] 从以上技术方案可以看出,本发明实施例具有以下优点:

[0051] 无功功率检测装置通过获取接入线路的阻抗以及逆变器在当前检测周期的电压、电流,并使之用于计算电网在当前检测周期的无功功率。本发明实施例将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流,避免了通讯延迟对于数据获取的影响,因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

[0052] 本发明实施例第三方面提供一种无功功率检测装置,用于电网系统,该电网系统包括电网以及通过接入线路接入该电网的逆变器,该逆变器把直流电转变成交流电通过该接入线路并入该电网中;该无功功率检测装置包括

[0053] 处理单元和采集器;该采集器用于获取逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差;该处理单元,用于根据接入线路在上一检测周期的阻抗以及逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差,计算电网的电压、电流及相位差;且根据计算得到的电网的电压、电流及相位差计算电网的无功功率。

[0054] 结合本发明实施例的第三方面,根据无功功率检测装置获取接入线路的阻抗的不同方式,分别进行表述,其中,本发明实施例的第三方面的第一种实施方式中,该采集器还用于获取接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差;该处理单元还用于根据接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差,计算接入线路在上一检测周期的阻抗。

[0055] 本发明实施例的第三方面的第二种实施方式中,该采集器还用于获取电网在上一检测周期的电压、电流以及逆变器在上一检测周期的电压、电流;该处理单元还用于根据电网在上一检测周期的电压、电流以及逆变器在上一检测周期的电压、电流,计算接入线路在上一检测周期的阻抗。

[0056] 本发明实施例第三方面提供的无功功率检测装置,将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流,避免了通讯延迟对于数据获取的影响,因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

[0057] 本发明实施例第四方面提供一种逆变器,用于电网系统,该电网系统包括电网以及通过接入线路接入该电网的逆变器,该逆变器把直流电转变成交流电通过该接入线路并入该电网中;该逆变器包括:无功功率检测模块和电流转换模块;该电流转换模块用于把输入的直流电转换为交流电输出;该无功功率检测模块采用与本发明实施例第三方面所提供的无功功率检测装置相同的结构,执行相同的功能。根据本发明的第四方面的逆变器,将无功功率检测模块集成于传统的逆变器内,简化了系统的结构。

[0058] 结合本发明实施例的第四方面,本发明实施例的第四方面的另一种实施方式中,该逆变器的无功功率检测模块还包括通讯单元,用于接收远程采集的电路参数的数据,供给无功功率检测模块中的处理单元使用。根据本实施方式中的逆变器,进一步的,通过接收远程采集的电路参数数据,更方便操作。

[0059] 本发明实施例将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流,避免了通讯延迟对于数据获取的影响,因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

附图说明

[0060] 图1为本发明实施例中电网系统的架构示意图;

[0061] 图2为本发明实施例中检测电网动态无功功率的方法一个实施例的流程示意图;

[0062] 图3为本发明实施例中检测电网动态无功功率的方法另一个实施例的流程示意图;

[0063] 图4为本发明实施例中检测电网动态无功功率的方法另一个实施例的流程示意图;

[0064] 图5为本发明实施例中无功功率检测装置一个实施例的结构示意图;

[0065] 图6为本发明实施例中无功功率检测装置另一个实施例的结构示意图;

[0066] 图7为本发明实施例中无功功率检测装置另一个实施例的结构示意图;

[0067] 图8为本发明实施例中无功功率检测装置另一个实施例的结构示意图;

[0068] 图9为本发明实施例中无功功率检测装置另一个实施例的结构示意图;

[0069] 图10为本发明实施例中无功功率检测装置另一个实施例的结构示意图;

[0070] 图11为本发明实施例中无功功率检测装置另一个实施例的结构示意图;

[0071] 图12为本发明实施例中无功功率检测装置一个实施例的电路结构示意图;

[0072] 图13为本发明实施例中无功功率检测装置另一个实施例的电路结构示意图。

具体实施方式

[0073] 本发明实施例公开了一种检测电网动态无功功率的方法以及无功功率检测装置，用于检测电网中的无功功率需求。

[0074] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明实施例方案，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的实施例，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，都应当属于本发明保护的范围。

[0075] 本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”等(如果存在)是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的实施例能够以除了在这里图示或描述的内容以外的顺序实施。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0076] 如图1所示，是一种电网系统的示意图，电网系统包括电网以及通过接入线路接入电网的逆变器，逆变器把直流电转变成交流电通过接入线路并入电网中；接入线路通常包括多级变压器。该电网系统还包括一无功功率检测装置，该无功功率检测装置可以是安装在逆变器上的元件，也可以是逆变器本身，也可以是与逆变器串联的一个检测装置，此处不作限定。该无功功率检测装置分别与逆变器、电网以及每一级变压器连接，可以采集逆变器、电网以及每一级变压器的电信号，例如，电压、电流以及相位差。贯穿本说明书，术语“相位差”是指电压和电流的相位差。电网、多级变压器以及逆变器可以组成一个无功补偿系统，在该无功补偿系统中逆变器可以获取逆变器、变压器以及电网的数据信息，并通过计算得到电网所需要的无功功率。

[0077] 无功功率补偿，简称无功补偿，在电力供电系统中起提高电网的功率因数的作用，降低供电变压器及输送线路的损耗，提高供电效率，改善供电环境。所以无功功率补偿装置在电力供电系统中处在一个不可缺少的非常重要的位置。合理的选择补偿装置，可以做到最大限度的减少电网的损耗，使电网质量提高。反之，如选择或使用不当，可能造成供电系统，电压波动，谐波增大等诸多因素。

[0078] 从应用市场来看，无功补偿装置行业在国内外飞速发展，已经渗透到电能的生产、输送、分配和应用的各个环节，广泛应用到工业系统、电力系统、交通系统、通信系统、计算机系统、新能源系统和日常生活中，是使用电能的其他所有产业的基础技术。传统应用上采用专门的无功补偿装置进行电网的无功补偿。

[0079] 然而随着并网逆变器，特别是光伏并网逆变器大量接入电网之后，逆变器可以充当无功补偿装置，为电网提供无功功率。具有无功补偿功能的光伏并网系统的并网发电的工作运行不仅可以有效地提供电网有功电能，而且可以补偿电网中所需要的无功功率，有利于电网供电能力和质量的进一步提高。

[0080] 不管是传统的无功补偿装置，还是带有无功补偿功能的并网逆变器，检测电网无

功率需求的方法是直接采集电网的电压、电流、相位或有功功率、无功功率等信息而计算得到。

[0081] 当电网的电压、电流、相位或有功功率、无功功率等信息被传输到并网逆变器而被采集到并网逆变器根据数据进行计算其无功功率时,由于通信线路的延迟,此时线路的相位差有所变化,因此得到的无功功率需求并不能准确地作为当前检测周期的无功功率需求。因此并网逆变器通过这种方式获取的电网无功功率需求只适合于静态无功补偿,不适合于动态无功补偿。

[0082] 本发明实施例中,无功功率检测装置通过获取接入线路的阻抗以及逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差,并使之用于计算电网在当前检测周期的无功功率。本发明实施例将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,而逆变器的当前检测周期的电压、电流及相位差获取并进行使用并不会造成通信上的延迟,因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

[0083] 本发明实施例的核心思想是,通过获取上一检测周期存储的数据计算得到接入线路的阻抗,作为当前检测周期的阻抗,而接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,通过阻抗以及获取逆变器在当前检测周期的信息来计算无功功率。

[0084] 为便于理解,下面对本发明实施例中的具体流程进行描述,请参阅图2,本发明实施例中检测电网动态无功功率的方法一个实施例包括:

[0085] 201、无功功率检测装置获取接入线路在上一检测周期的阻抗。

[0086] 无功功率检测装置可以是安装在逆变器上的元件,也可以是逆变器本身,也可以是与逆变器串联的一个检测装置,此处不作限定,然而在本实施例中以无功功率检测装置为逆变器本身为例进行说明。

[0087] 获取接入线路在上一检测周期的阻抗,作为该接入线路在当前检测周期的阻抗是本发明实施例的核心点,由于接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,因此以接入线路在上一检测周期的阻抗可以看作是接入线路的当前检测周期的阻抗,并能够以此较为准确地、准时地计算得到的无功功率。根据不同的具体实施方式,上一检测周期指与当前检测周期相邻的前一个检测周期,或者当前检测周期前预置时间范围内的任一检测周期,或者当前检测周期前制定的某检测周期,不作限定。

[0088] 202、无功功率检测装置获取逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差。

[0089] 当前检测周期为需要无功功率需求进行补偿的检测周期。

[0090] 由于在每个检测周期里,逆变器的电压、电流及相位差都有所不同,因此在每个检测需要使用到逆变器的电压或电流时,都需要重新获取当前检测周期的逆变器的电压、电流数据作为当前检测周期使用的电压、电流及相位差。

[0091] 需要说明的是,在本发明实施例中,相位差是指电压和电流的相位差。逆变器的电压、电流及相位差即为逆变器的电压、逆变器的电流以及逆变器的电压和电流的相位差。电网的电压、电流及相位差即为电网的电压、逆变器的电流以及逆变器的电压和电流的相位差。同样的,变压器的电压、电流及相位差即为变压器的电压、变压器的电流以及变压器的电压和电流的相位差。

[0092] 无功功率检测装置获取逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差的具体方法

为通过检测逆变器的电压、电流的幅值,以及电压和电流的相位差,通过电压、电流的幅值及其相位差,计算得到其电压、电流。至于检测电压、电流的幅值及其相位差的具体方法为公知常识,在此不再赘述。

[0093] 需要说明的话,步骤202与步骤201并没有时序上的关系,即步骤202可以发生在步骤201之前,也可以发生在步骤201之后,此处不作限定。

[0094] 由于逆变器的信息是可以视为被即时获取的,无功功率检测装置获得逆变器的数据并不会造成通信上的延迟,因此使用逆变器的数据作为参考计算不影响所计算的无功功率的准确性。

[0095] 203、无功功率检测装置在当前检测周期根据接入线路的阻抗以及逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差计算该电网在当前检测周期的电压、电流及相位差。

[0096] 无功功率检测装置采用下述公式计算该电网的电压、电流:

$$[0097] \quad \vec{U}_{\text{grid}} = \vec{U}_{\text{inv}} - \vec{I}_{\text{inv}} \times \vec{Z}_{\text{line}},$$

$$[0098] \quad \vec{I}_{\text{grid}} = \vec{I}_{\text{inv}},$$

$$[0099] \quad \theta_{\text{grid}} = \theta_{\text{live}} + \theta_{\text{inv}},$$

[0100] 其中, \vec{U}_{grid} 为电网的电压, \vec{U}_{inv} 为逆变器的电压, \vec{Z}_{line} 为接入线路的阻抗, \vec{I}_{grid} 为电网的电流, \vec{I}_{inv} 为逆变器的电流, θ_{grid} 为电网的电压和电流的相位差, θ_{inv} 为逆变器的电压和电流的相位差, θ_{line} 为 \vec{Z}_{line} 的阻抗角。

[0101] 由于逆变器、各级变压器以及电网为串联的关系,因此逆变器的电流也可以看作是电网的电流,也可以看作是接入线路的电流。因此逆变器的电流与接入线路阻抗的乘积即为接入线路的电流与接入线路的阻抗的乘积,即得到接入线路的电压。

[0102] 由于逆变器、各级变压器以及电网为串联的关系,逆变器的电压一路经过变压器会被各级变压器分压,因此将逆变器的电压减去接入线路的电压即得到电网的电压。

[0103] 如上,即得到电网的电压、电流及相位差。

[0104] 204、无功功率检测装置根据计算得到的该电网的电压、电流及相位差计算当前检测周期电网的动态无功功率;

[0105] 本发明实施例中的无功功率检测装置使用不存在通信延迟的数据进行无功检测,因此能及时地为电网计算动态无功功率,进而使电网据此进行恰当的无功补偿。

[0106] 无功功率检测装置采用下述公式计算当前检测周期电网的动态无功功率:

$$[0107] \quad Q_{\text{grid}} = U_{\text{grid}} \times I_{\text{grid}} \times \sin \theta_{\text{grid}},$$

[0108] 其中, Q_{grid} 为当前检测周期电网的动态无功功率, U_{grid} 为电网的电压有效值, I_{grid} 为电网的电流有效值, θ_{grid} 为电网的电压和电流的相位差。

[0109] 无功功率检测装置根据计算得到的当前检测周期电网的无功功率指示逆变器控制信号中电压、电流,以使得电网得到该无功功率作为无功补偿。

[0110] 本发明实施例将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流,避免了通讯延迟对于数据获取的影响,因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

[0111] 无功功率检测装置通过获取接入线路的信息以及获取逆变器在当前检测周期的电压、电流,并通过第一计算模块计算接入线路的阻抗,进而计算得到电网在当前检测周期的无功功率。接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流,避免了通讯延迟对于数据获取的影响,因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

[0112] 本实施例中,获取接入线路在上一检测周期的阻抗可以根据该接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差计算该接入线路的阻抗,也可以根据该电网在上一检测周期的电压、电流以及该逆变器在上一检测周期的电压、电流,计算该接入线路的阻抗,具体请参阅图3,本发明实施例检测电网动态无功功率的方法另一实施例包括:

[0113] 一、通过获取接入线路的数据计算得到接入线路在上一检测周期的阻抗,作为该接入线路在当前检测周期的阻抗:

[0114] 301、无功功率检测装置获取接入线路中每一级变压器在上一检测周期的电压、电流;

[0115] 本发明实施例中,根据在接入线路在上一检测周期采集到的电压、电流及相位差计算该接入线路的阻抗。

[0116] 上一检测周期是指无功功率检测装置获取到电网、变压器、逆变器的电压、电流、相位、有功功率、无功功率等信息的最新检测周期,可以为最紧靠当前检测周期的上一个检测周期,也可以为由于通信延迟而上一检测周期的相关信息还未到的时候的更早的检测周期,也可以为指定的更早的检测周期,此处不作限定。

[0117] 需要说明的是,此处该的电压为电压向量,与后述的电压有效值有所区别;同理,此处该的电流为电流向量,与后述的电流有效值有所区别。而所称无功功率检测装置获取的电压、电流、相位、有功功率、无功功率等均为其信息数据,而非电压、电流、相位、有功功率、无功功率等本身。而电压有效值与电流有效值为公知常识,在此不再赘述。

[0118] 当逆变器工作时,会有电信号通过接入线路从逆变器通向电网,此时在接入线路中的每一级变压器、逆变器以及电网会产生相应的电压、电流的数据都会被无功功率检测装置采集,并被存储在无功功率检测装置的存储模块中,并作为更新的数据替换掉原来的数据,而该上一检测周期的数据是指最新更新的数据。当无功功率检测装置在任意一个检测周期需要用上存储的电流和电压的相关数据时,就会从存储模块中获取得到。

[0119] 302、无功功率检测装置根据每一级变压器在上一检测周期的电压、电流计算每一级变压器的阻抗;

[0120] 首先计算每一级变压器在上一检测周期的电压和电流的相位差 θ ,作为该级变压器的阻抗角,然后采用下述公式计算该级变压器的阻抗:

$$[0121] \quad Z = \frac{U}{I} \cos\theta + i \left(\frac{U}{I} \sin\theta \right),$$

[0122] 其中, Z 为该级变压器的阻抗, U 为该级变压器的电压有效值, I 为该级变压器的电流有效值, θ 为该级变压器的阻抗角。

[0123] 逆变器每次计算得到的每一级变压器的阻抗的数据都会被无功功率检测装置存储在无功功率检测装置的存储模块中,并作为更新的数据替换掉原来的数据。当无功功率

检测装置在任意一个检测周期需要用上存储的某一级的变压器的阻抗时,就会从存储模块中获取得到。由于变压器的阻抗可以被看作在一定时间不变的数据,因此当以此作为之后的若干检测周期所使用的数据,可以被看作是准确的数据。

[0124] 在接入线路中可以仅存在串联的变压器,也可以存在其他与变压器串联的元件,这种情况下也可以将其他与变压串联的元件当作在接入线路的一个变压器看待,此处不作限定,然而在本实施例中以在接入线路中仅存在变压为例进行说明。而由于接入线路中的电线的阻抗太小,可以被忽略不计,因此在本发明实施例中不作考虑。

[0125] 303、无功功率检测装置将该多级变压器的阻抗进行求和,得到接入线路在上一检测周期的阻抗,作为该接入线路在该当前检测周期的阻抗;

[0126] 由于在本实施例中接入线路中的电线的阻抗忽略不计,则接入线路的阻抗可以看成是多级变压器的阻抗之和,因此将接入线路中的多级变压器的阻抗相加便得到该接入线路的阻抗,作为该接入线路在该当前检测周期的阻抗。

[0127] 逆变器每次计算得到的阻抗都会被无功功率检测装置存储在无功功率检测装置的存储模块中,并作为更新的数据替换掉原来的数据。当无功功率检测装置在任意一个检测周期需要用上存储的阻抗时,就会从存储模块中获取得到。由于阻抗可以被看作在一定时间不变的数据,因此当以此作为之后的若干检测周期所使用的数据,可以被看作是准确的数据。

[0128] 304、无功功率检测装置获取逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差;

[0129] 305、无功功率检测装置在当前检测周期根据接入线路的阻抗以及逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差计算该电网在当前检测周期的电压、电流及相位差;

[0130] 306、无功功率检测装置根据计算得到的该电网的电压、电流及相位差计算当前检测周期电网的动态无功功率;

[0131] 本实施例中步骤304至步骤306与上述实施例的步骤202至步骤204相同,此处不赘述。

[0132] 由于在发明实施例中,接入线路被看成是串联的变压器组成的,因此接入线路的阻抗可以看成为接入线路中所有串联的变压器的阻抗之和,所以直接通过计算串联的多级变压器在进行求和,可以直接得到准确的接入线路的阻抗数据。

[0133] 二、通过获取上一检测周期电网和逆变器的数据,计算得到接入线路在上一检测周期的阻抗,作为该接入线路在当前检测周期的阻抗:

[0134] 401、无功功率检测装置获取电网在上一检测周期的电压、电流以及逆变器在上一检测周期的电压、电流;

[0135] 当逆变器工作时,会有电信号通过接入线路从逆变器通向电网,此时在逆变器和电网会产生相应的电压、电流。逆变器和电网每次产生的电流和电压的数据都会被无功功率检测装置采集,并被存储在无功功率检测装置的存储模块中,并作为更新的数据替换掉原来的数据。当无功功率检测装置在任意一个检测周期需要用上存储的电流和电压的相关数据时,就会从存储模块中获取得到。

[0136] 402、根据该电网在上一检测周期的电压、电流和该逆变器在上一检测周期的电压、电流计算该接入线路在上一检测周期的阻抗,采用下述公式计算该接入线路在上一检测周期的阻抗:

$$[0137] \quad \overrightarrow{I_{\text{line}}} = \overrightarrow{I_{\text{grid}}},$$

$$[0138] \quad \overrightarrow{U_{\text{line}}} = \overrightarrow{U_{\text{inv}}} - \overrightarrow{U_{\text{grid}}},$$

$$[0139] \quad Z_{\text{line}} = \overrightarrow{U_{\text{line}}} / \overrightarrow{I_{\text{line}}},$$

[0140] 其中, $\overrightarrow{U_{\text{line}}}$ 为接入线路的电压, $\overrightarrow{I_{\text{line}}}$ 为接入线路的电流, Z_{line} 为接入线路的阻抗, $\overrightarrow{I_{\text{grid}}}$ 为电网的电流, $\overrightarrow{U_{\text{inv}}}$ 为逆变器的电压。

[0141] 逆变器每次计算得到的每一级变压器的阻抗的数据都会被无功功率检测装置存储在无功功率检测装置的存储模块中, 并作为更新的数据替换掉原来的数据。当无功功率检测装置在任意一个检测周期需要用上存储的某一级的变压器的阻抗时, 就会从存储模块中获取得到。

[0142] 需要特别说明的是, 无功功率检测装置还可以通过获取存储的上一检测周期的无功功率或有功功率、上一检测周期的逆变器的电压、电流计算获得阻抗的数据, 只要能通过存储的上一检测周期的数据计算得到电网的阻抗的最新数据, 在此不作限定。

[0143] 403、无功功率检测装置获取逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差;

[0144] 404、无功功率检测装置在当前检测周期根据接入线路的阻抗以及逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差计算该电网在当前检测周期的电压、电流及相位差;

[0145] 405、无功功率检测装置根据计算得到的该电网的电压、电流及相位差计算当前检测周期电网的动态无功功率;

[0146] 本实施例中步骤403至步骤405与上述实施例的步骤202至步骤204相同, 此处不再赘述。

[0147] 由于本实施例是根据电网和逆变器的数据计算得到的接入线路的阻抗的, 而不是根据变压器的数据计算的, 由于变压器的数量比较多, 所使用到的数据比较多, 而使用逆变器和电网的数据计算更加简便, 使用的数据更少, 减轻无功功率检测装置的处理的负担。

[0148] 然而本发明实施例中, 不仅仅以上两种获取接入线路阻抗的方式, 如还可以为由第三方设备获取, 在此不作限定。

[0149] 上面对本发明实施例中检测电网动态无功功率的方法进行描述, 下面对本发明实施例中的无功功率检测装置进行描述,

[0150] 请参考图5, 本发明实施例还提供一种无功功率检测装置500, 用于电网系统, 该电网系统包括电网以及通过接入线路接入该电网的逆变器, 该逆变器把直流电转变成交流电通过该接入线路并入该电网中;

[0151] 该无功功率检测装置包括:

[0152] 第一获取模块501, 用于获取该接入线路在上一检测周期的阻抗; 其中, 根据不同的具体实施方式, 上一检测周期指与当前检测周期相邻的前一个检测周期, 或者当前检测周期前预置时间范围内的任一检测周期, 或者当前检测周期前制定的某检测周期, 不作限定;

[0153] 第二获取模块502, 用于获取该逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差;

[0154] 第一计算模块503, 用于在该当前检测周期根据该第一获取模块501获取的该接入

线路在该当前检测周期的阻抗以及该第二模块502获取的该逆变器在该当前检测周期的电压、电流及相位差计算该电网的电压、电流及相位差；

[0155] 第二计算模块504,用于根据该第一计算模块503计算得到的该电网的电压、电流及相位差计算该当前检测周期该电网的动态无功功率。

[0156] 无功功率检测装置通过第一获取模块501获取接入线路的信息以及通过第二获取模块502获取逆变器在当前检测周期的电压、电流,并通过第一计算模块503计算接入线路的阻抗,进而通过第二计算模块504计算得到电网在当前检测周期的无功功率。本发明实施例将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗,并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流,避免了通讯延迟对于数据获取的影响,因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

[0157] 请参考图6,在一些实施例中,该第一获取模块501包括:

[0158] 第一获取单元5011,用于获取该接入线路在该上一检测周期的电压、电流及相位差;

[0159] 第一计算单元5012,用于该第一获取单元获取的该接入线路在该上一检测周期的电压、电流及相位差计算该接入线路的阻抗。

[0160] 请参考图6,一些实施例中,该接入线路包括串联的多级变压器;

[0161] 该第一获取单元5011,具体用于获取该多级变压器中的每一级变压器在该上一检测周期的电压、电流及相位差;

[0162] 该第一计算单元5012,具体用于根据该第一获取单元获取的该每一级变压器在该上一检测周期的电压、电流及相位差,计算该每一级变压器的阻抗,并对该多级变压器的阻抗求和,得到该接入线路的阻抗。

[0163] 请参考图7,在一些实施例中,该第一计算单元5012具体用于根据该第一获取单元获取的该每一级变压器在该上一检测周期的相位差 θ ,作为该级变压器的阻抗角,并采用下述公式计算该级变压器的阻抗:

$$[0164] \quad Z = \frac{U}{I} \cos\theta + i \left(\frac{U}{I} \sin\theta \right),$$

[0165] 其中, Z 为该级变压器的阻抗, U 为该级变压器的电压有效值, I 为该级变压器的电流有效值, θ 为该级变压器的阻抗角,并对该多级变压器的阻抗求和,得到该接入线路的阻抗,作为该接入线路在当前检测周期的阻抗。

[0166] 由于在发明实施例中,接入线路被看成是串联的变压器组成的,因此接入线路的阻抗可以看成为接入线路中所有串联的变压器的阻抗之和,所以直接通过计算串联的多级变压器在进行求和,可以直接得到准确的接入线路的阻抗数据。

[0167] 请参考图8,在一些实施例中,该第一获取模块501包括:

[0168] 第二获取单元5013,用于获取该电网在该上一检测周期的电压、电流以及该逆变器在该上一检测周期的电压、电流;

[0169] 第二计算单元5014,用于根据该第二获取单元获取的该电网在该上一检测周期的电压、电流以及该逆变器在该上一检测周期的电压、电流,计算该接入线路的阻抗。

[0170] 请参考图9,在一些实施例中,该第二计算单元5014具体用于采用下述公式计算该

接入线路的阻抗：

$$[0171] \quad \overrightarrow{I_{\text{line}}} = \overrightarrow{I_{\text{grid}}},$$

$$[0172] \quad \overrightarrow{U_{\text{line}}} = \overrightarrow{U_{\text{inv}}} - \overrightarrow{U_{\text{grid}}},$$

$$[0173] \quad Z_{\text{line}} = \overrightarrow{U_{\text{line}}} / \overrightarrow{I_{\text{line}}},$$

[0174] 其中， $\overrightarrow{U_{\text{line}}}$ 为接入线路的电压， $\overrightarrow{I_{\text{line}}}$ 为接入线路的电流， Z_{line} 为接入线路的阻抗， $\overrightarrow{I_{\text{grid}}}$ 为电网的电流， $\overrightarrow{U_{\text{inv}}}$ 为逆变器的电压。

[0175] 请参考图10，在一些实施例中，该第一计算模块503具体用于采用下述公式计算该电网的电压、电流及相位差：

$$[0176] \quad \overrightarrow{U_{\text{grid}}} = \overrightarrow{U_{\text{inv}}} - \overrightarrow{I_{\text{inv}}} \times Z_{\text{line}},$$

$$[0177] \quad \overrightarrow{I_{\text{grid}}} = \overrightarrow{I_{\text{inv}}},$$

$$[0178] \quad \theta_{\text{grid}} = \theta_{\text{live}} + \theta_{\text{inv}},$$

[0179] 其中， $\overrightarrow{U_{\text{grid}}}$ 为电网的电压， $\overrightarrow{U_{\text{inv}}}$ 为逆变器的电压， Z_{line} 为接入线路的阻抗， $\overrightarrow{I_{\text{grid}}}$ 为电网的电流， $\overrightarrow{I_{\text{inv}}}$ 为逆变器的电流， θ_{grid} 为电网的电压和电流的相位差， θ_{inv} 为逆变器的电压和电流的相位差， θ_{line} 为 Z_{line} 的阻抗角。

[0180] 由于根据电网和逆变器的数据计算得到的接入线路的阻抗，作为该接入线路在当前检测周期的阻抗，而不是根据变压器的数据计算的，变压器的数量比较多，所使用到的数据比较多，而使用逆变器和电网的数据计算更加简便，使用的数据更少，减轻无功功率检测装置的处理的负担。

[0181] 请参考图10，在一些实施例中，该第二计算模块504具体用于采用下述公式计算当前检测周期该电网的动态无功功率：

$$[0182] \quad Q_{\text{grid}} = U_{\text{grid}} \times I_{\text{grid}} \times \sin \theta_{\text{grid}},$$

[0183] 其中， Q_{grid} 为当前检测周期电网的动态无功功率， U_{grid} 为电网的电压有效值， I_{grid} 为电网的电流有效值， θ_{grid} 为电网的电压和电流的相位差。

[0184] 本发明实施例将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗，并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流，避免了通讯延迟对于数据获取的影响，因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

[0185] 上面从模块化功能实体的角度对本发明实施例中的网络设备进行描述，下面从硬件处理的角度对本发明实施例中的无功功率检测装置进行描述，请参阅图11，本发明实施例提供一种无功功率检测装置，用于电网系统，该电网系统包括电网以及通过接入线路接入该电网的逆变器，该逆变器把直流电转变成交流电通过该接入线路并入该电网中；

[0186] 该无功功率检测装置包括：

[0187] 采集器601、处理单元602；

[0188] 采集器601、处理单元602通过线路连接；

[0189] 采集器601用于获取所述逆变器在当前检测周期的电压、电流及相位差；

[0190] 处理单元602用于根据所述接入线路在上一检测周期的阻抗以及所述逆变器在所述当前检测周期的电压、电流及相位差，计算所述电网的电压、电流及相位差；且根据所述计算得到的所述电网的电压、电流及相位差计算所述电网的无功功率。

[0191] 而接入线路在上一检测周期的阻抗的获取可以有多种方式，在一种具体的实施方式中，该采集器601，用于获取接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差；该处理单元602，用于根据接入线路在上一检测周期的电压、电流及相位差，计算接入线路在上一检测周期的阻抗；本具体实施例所对应的电路结构如图12所示，其中采集器601具体包括电流表603、电压表604等，用来获取电流、电压、相位差等电路参数数据。在另一种具体的实施方式中，该采集器601，用于获取电网在上一检测周期的电压、电流以及逆变器在上一检测周期的电压、电流；该处理单元602，用于根据电网在上一检测周期的电压、电流以及逆变器在上一检测周期的电压、电流，计算接入线路在上一检测周期的阻抗；本具体实施例所对应的电路结构如图13所示，其中采集器601具体包括电流表603、电压表604等，用来获取电流、电压、相位差等电路参数数据。

[0192] 应理解，采集器601可以包括电压表、电流表、阻抗计、电流电压感应模块等中的一种或多种的组合，本发明对用来测量电路的电压、电流、阻抗、相位差等电路参数的测量器或感应器，不作限定，可以为电子仪器或者机械仪器，不作限定。

[0193] 应理解，处理单元602可以包括处理器、计算器、存储器等各种用于处理采集器所采集的电路物理量参数数据的仪器或者芯片，不作限定。

[0194] 无功功率检测装置通过获取接入线路的信息以及获取逆变器在当前检测周期的电压、电流，并通过第一计算模块计算接入线路的阻抗，作为该接入线路在当前检测周期的阻抗，进而计算得到电网在当前检测周期的无功功率。本发明实施例将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗，并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流，避免了通讯延迟对于数据获取的影响，因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。

[0195] 本发明实施例提供一种逆变器，用于电网系统，该电网系统包括电网以及通过接入线路接入该电网的逆变器，该逆变器把直流电转变成交流电通过该接入线路并入该电网中；该逆变器包括：无功功率检测模块和电流转换模块；该电流转换模块用于把输入的直流电转换为交流电输出；该无功功率检测模块采用与图11所示的无功功率检测装置相同的结构，执行相同的功能。

[0196] 结合上述本发明实施例在一种具体实现方式中，该逆变器的无功功率检测模块还包括通讯单元，用于接收远程采集的电路参数的数据，供给无功功率检测模块中的处理单元使用。

[0197] 本发明实施例将接入线路的当前检测周期的阻抗近似于上一检测周期的阻抗，并及时获取当前检测周期逆变器端的电压、电流，避免了通讯延迟对于数据获取的影响，因此无功功率检测装置通过这些数据计算得出的无功功率需求可以较为准确地作为电网当前检测周期的无功功率需求。同时，将无功功率检测模块集成于传统的逆变器内，简化了系统的结构。进一步的，通过接收远程采集的电路参数数据，更方便操作。

[0198] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统,装置和单元的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0199] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的系统,装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,该单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0200] 该作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0201] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0202] 该集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例该方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0203] 以上所述,以上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。

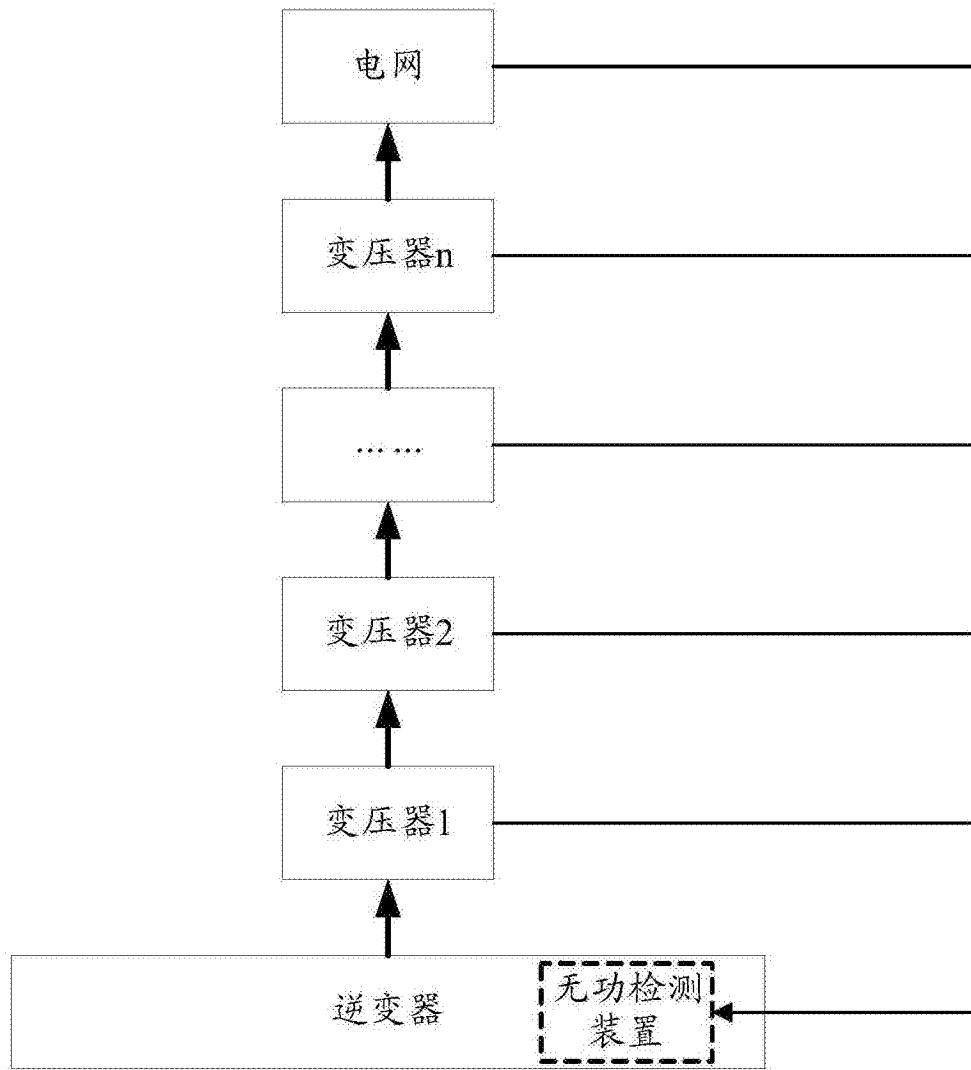


图1

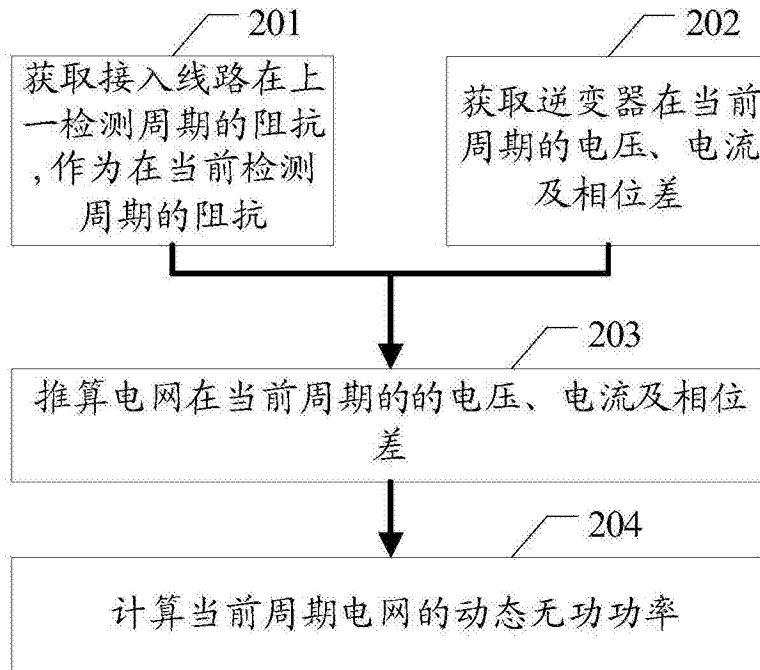


图2

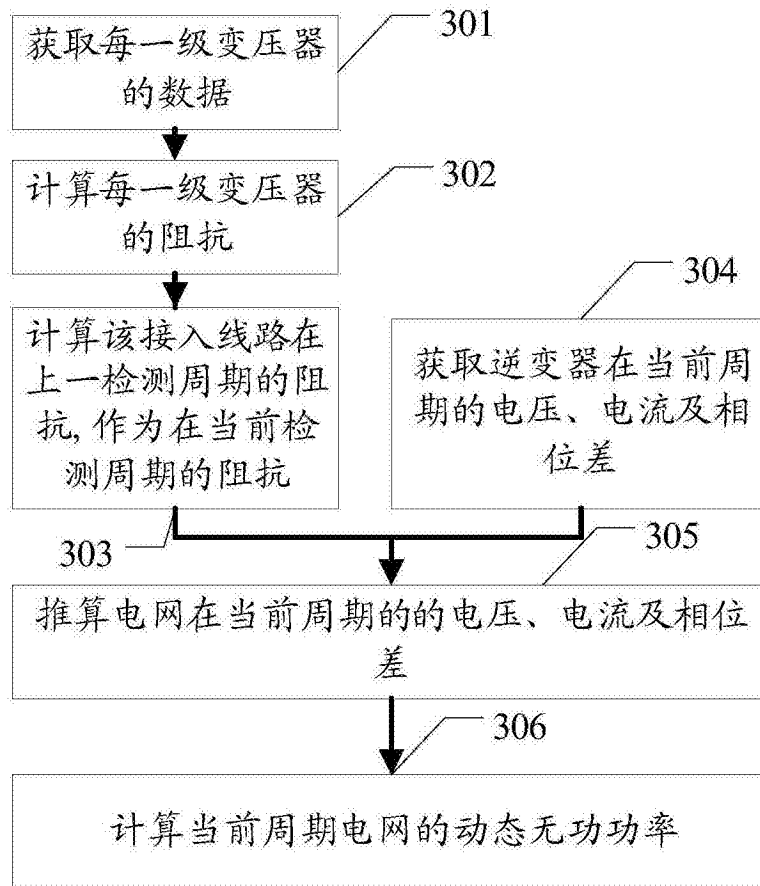


图3

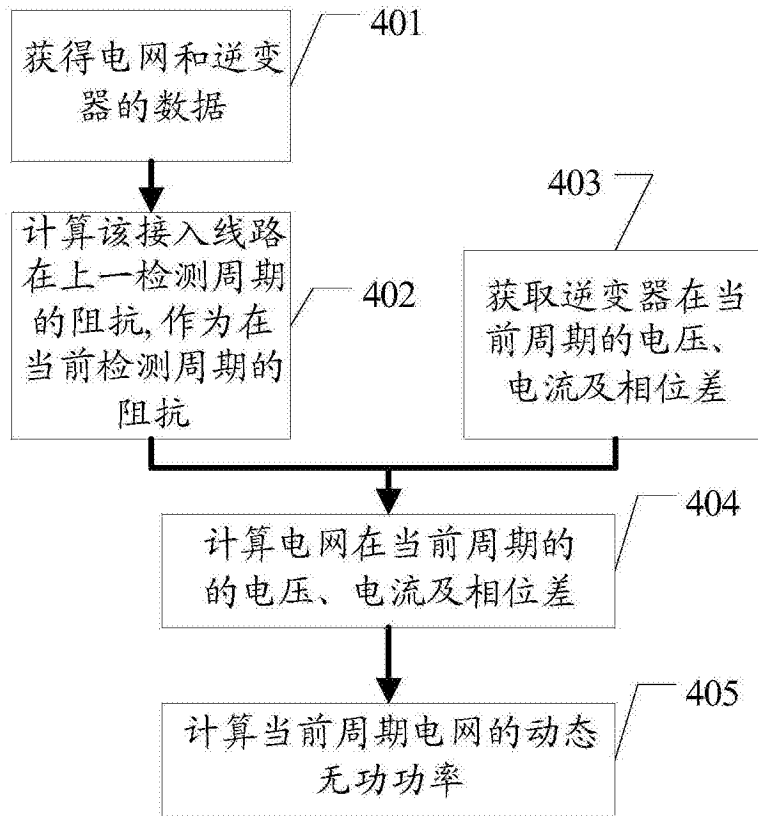


图4

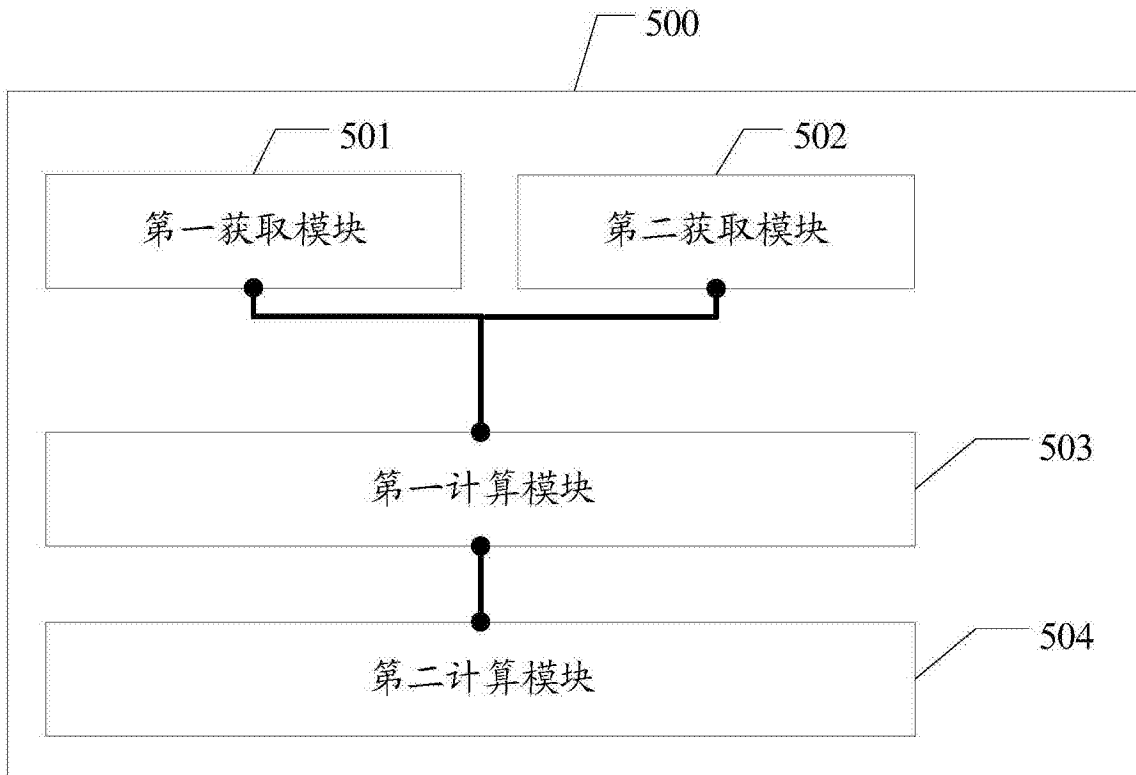


图5

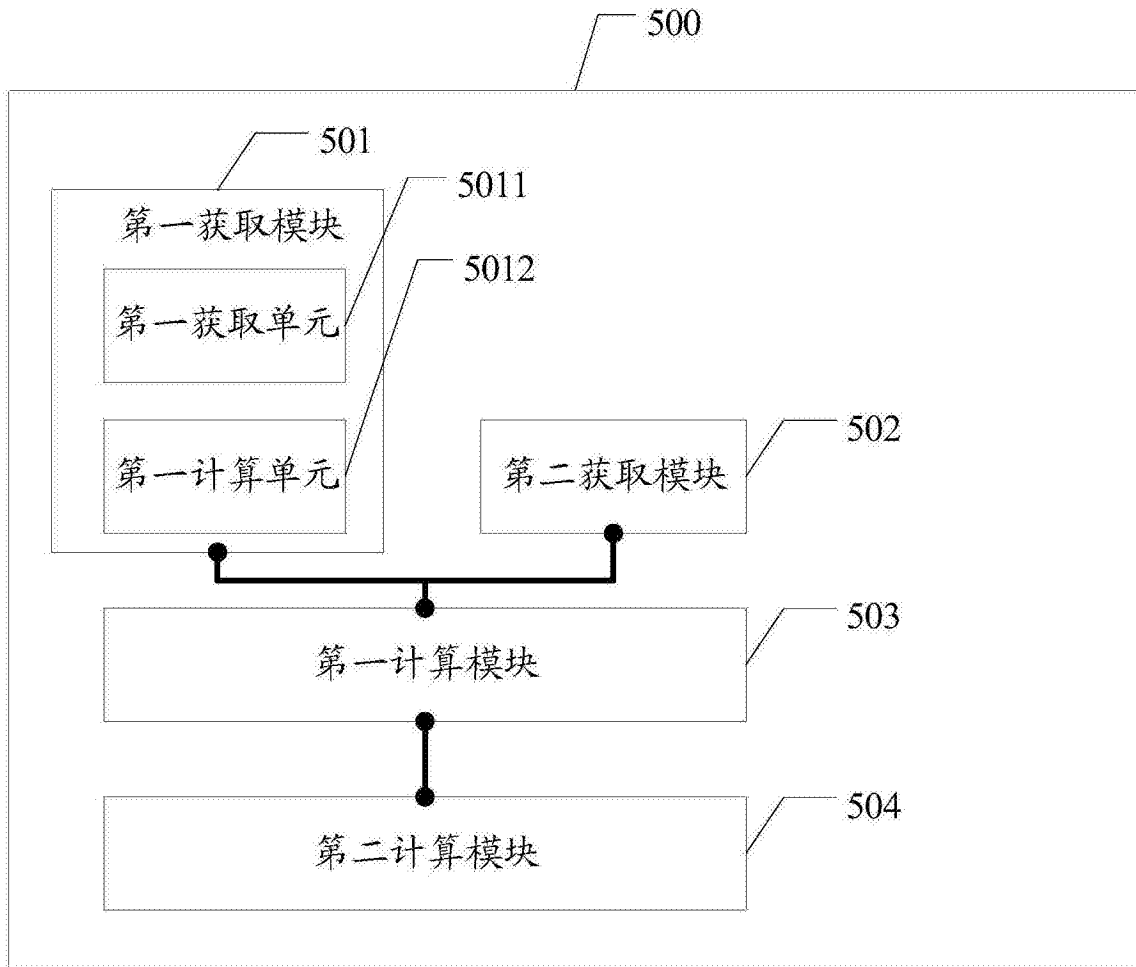


图6

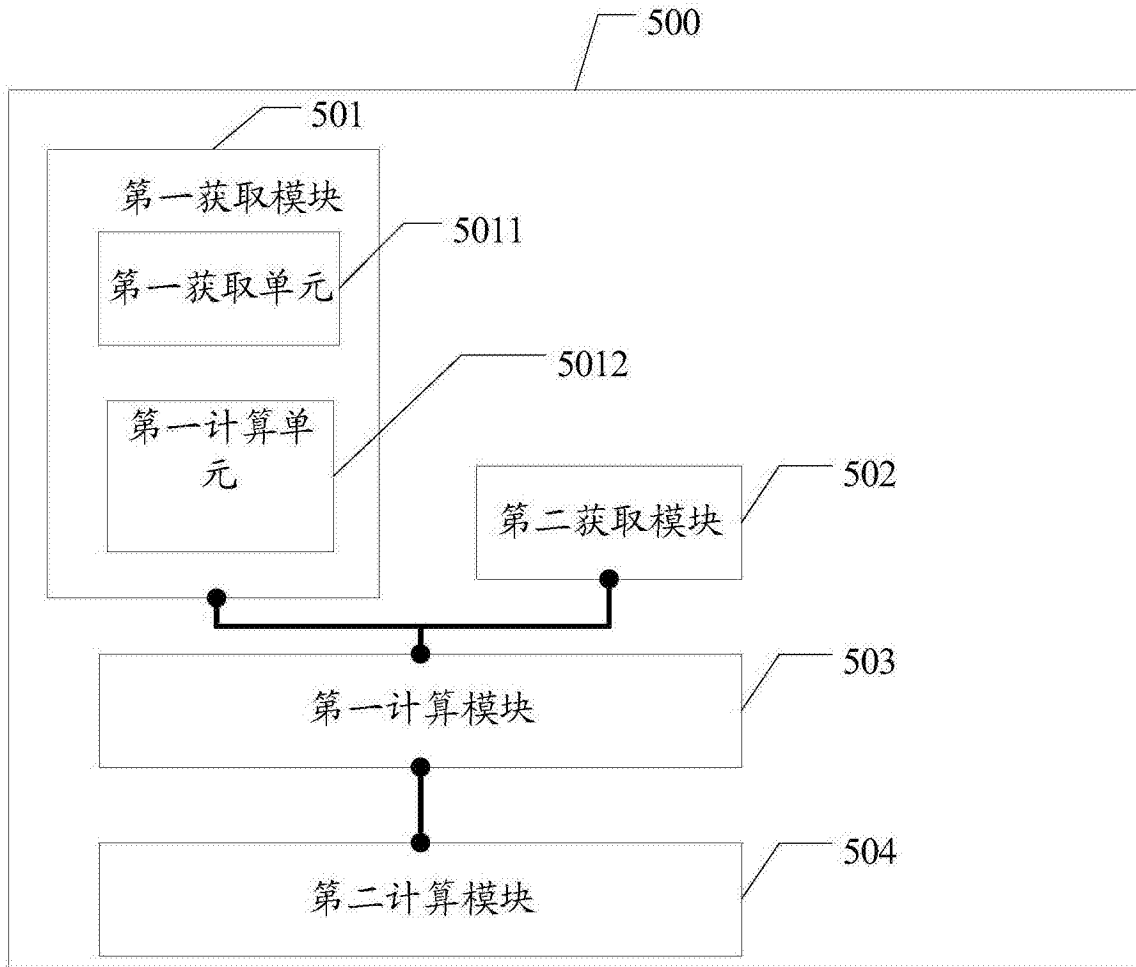


图7

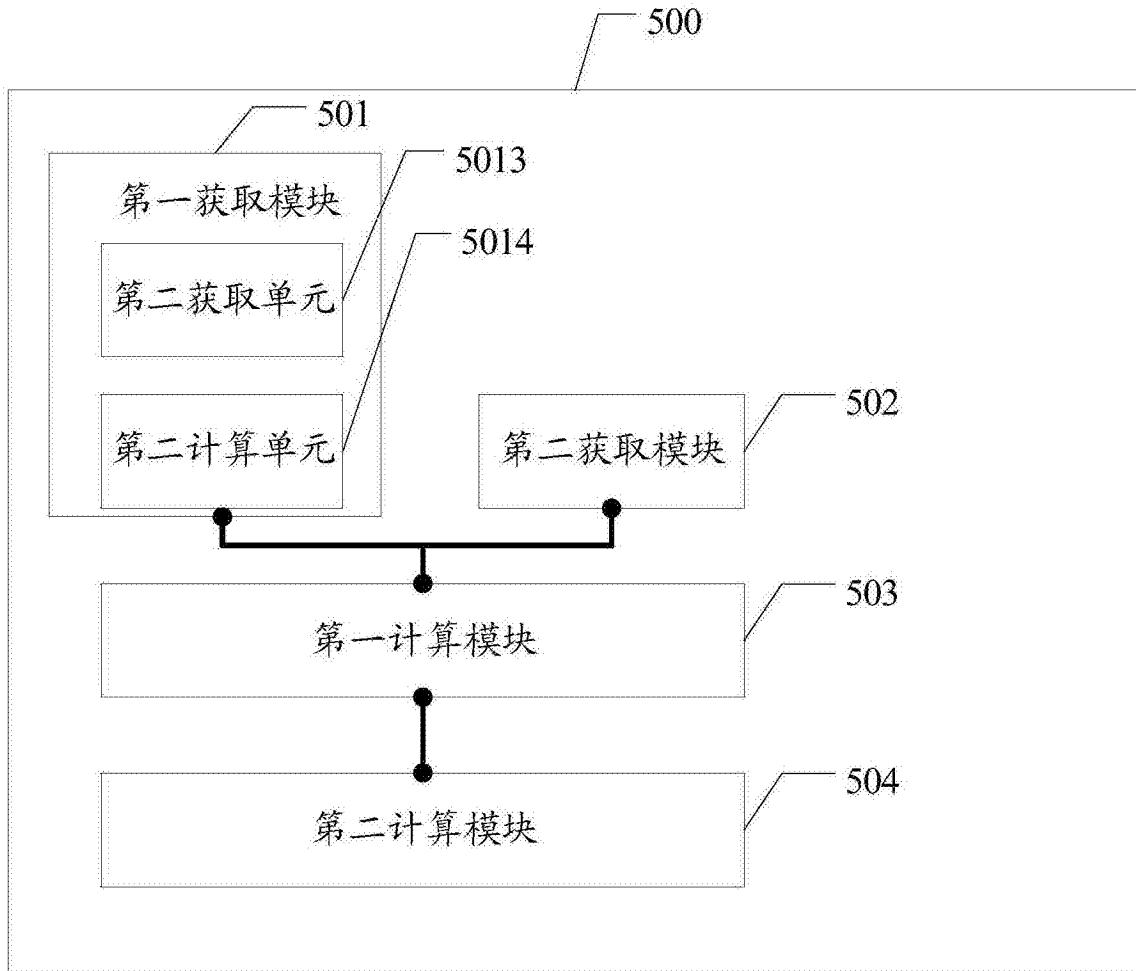


图8

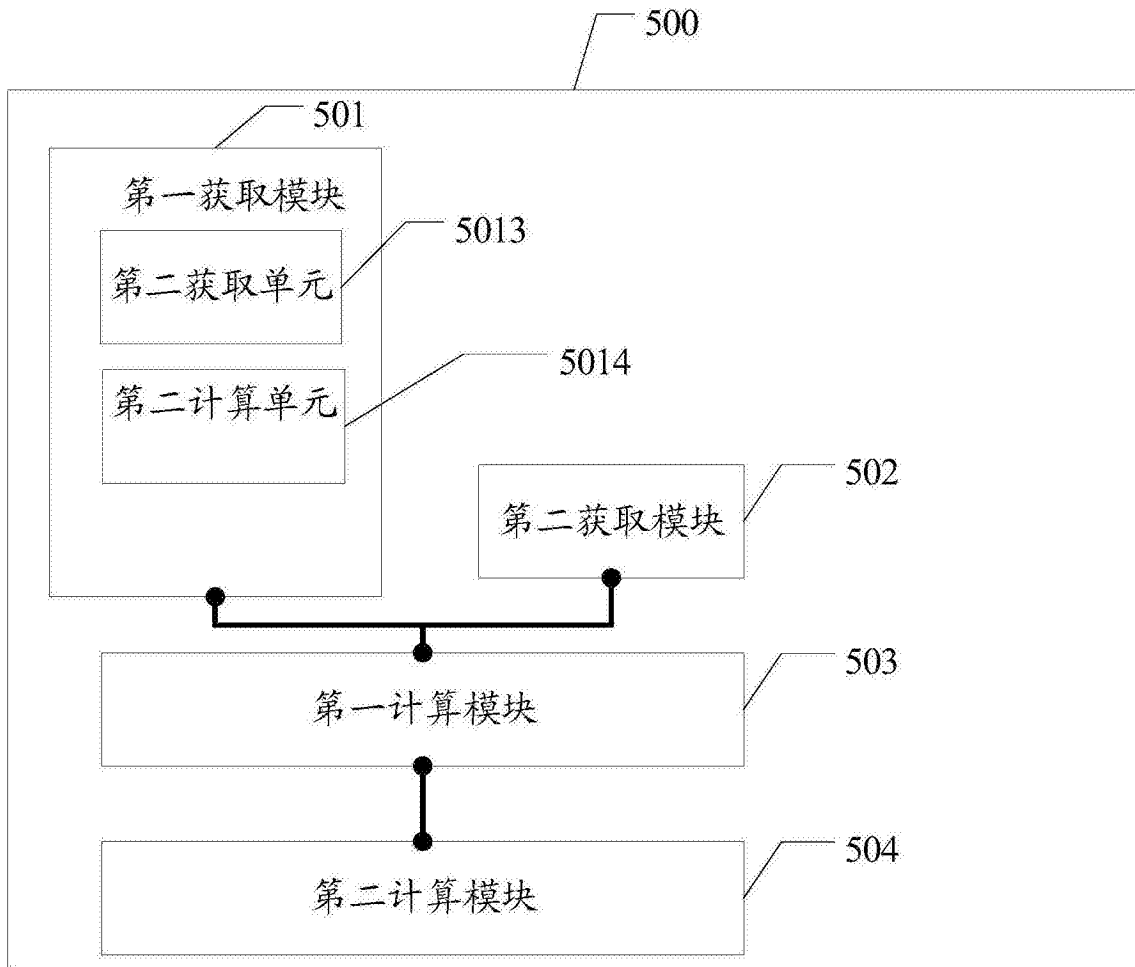


图9

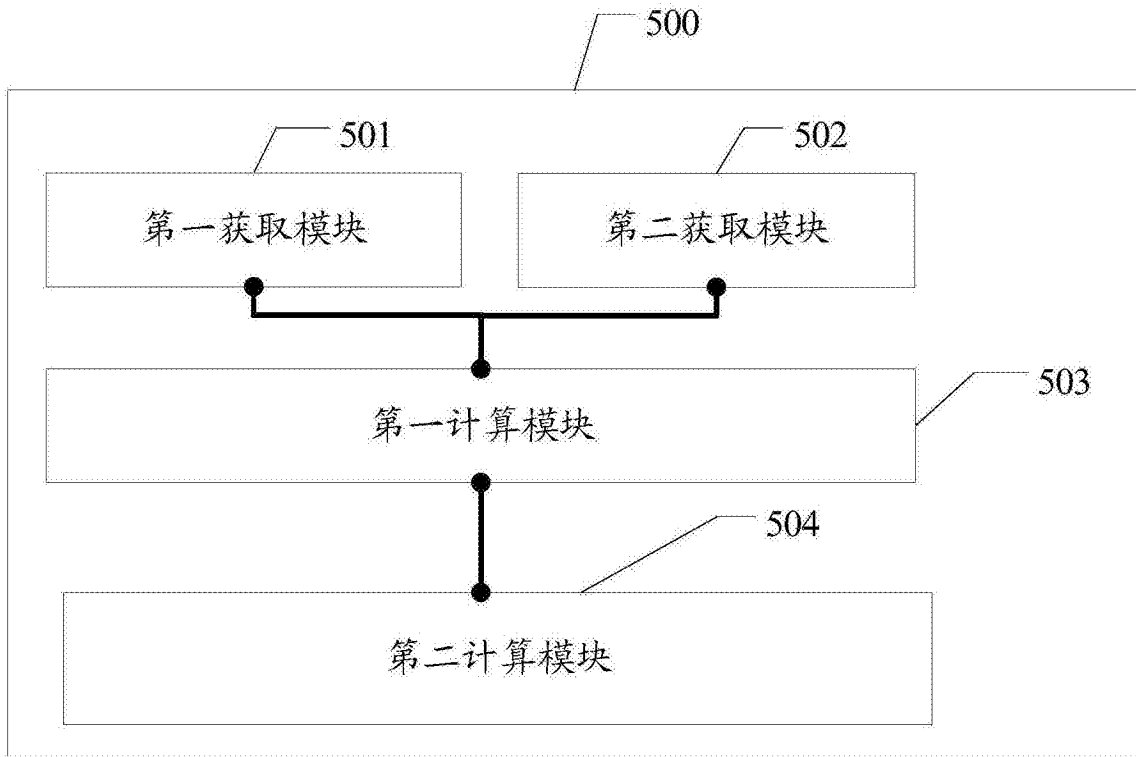


图10

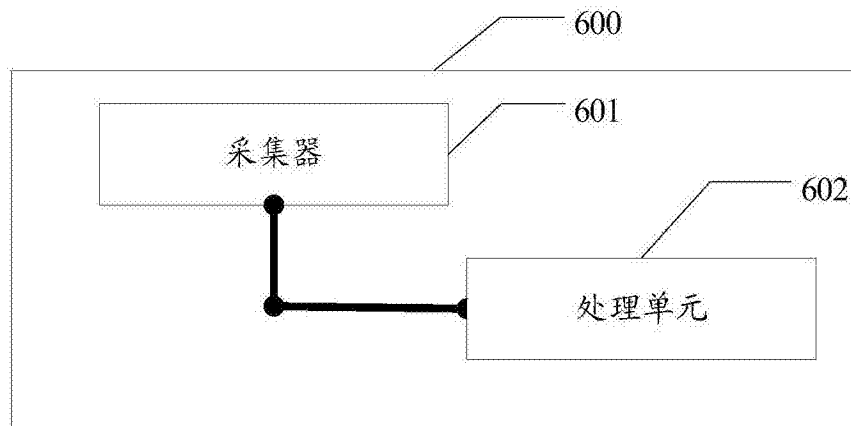


图11

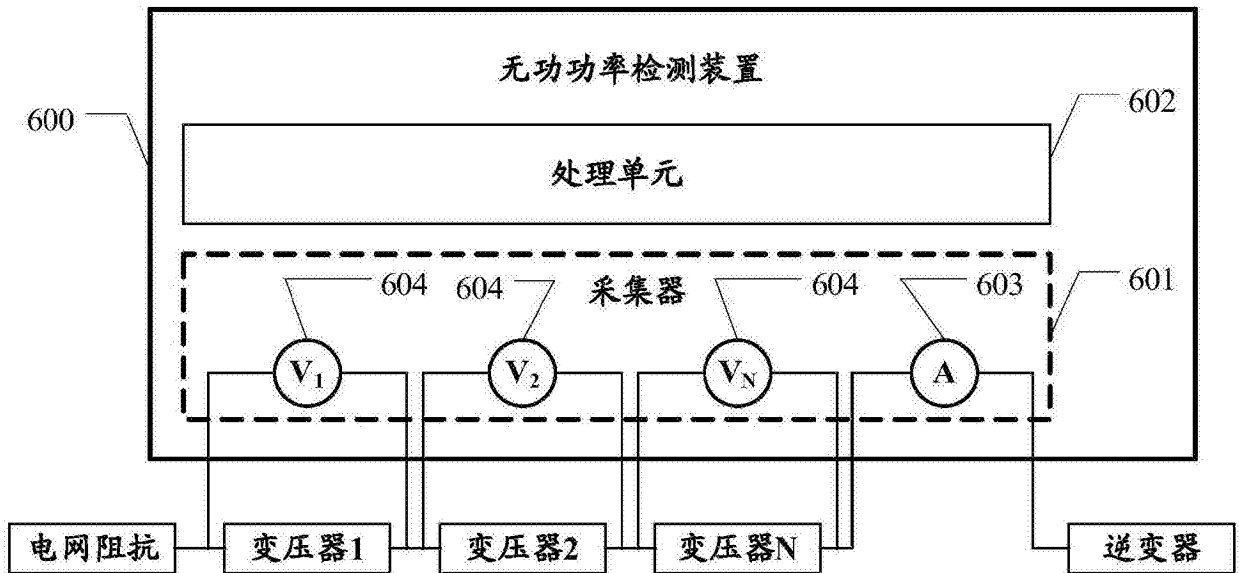


图12

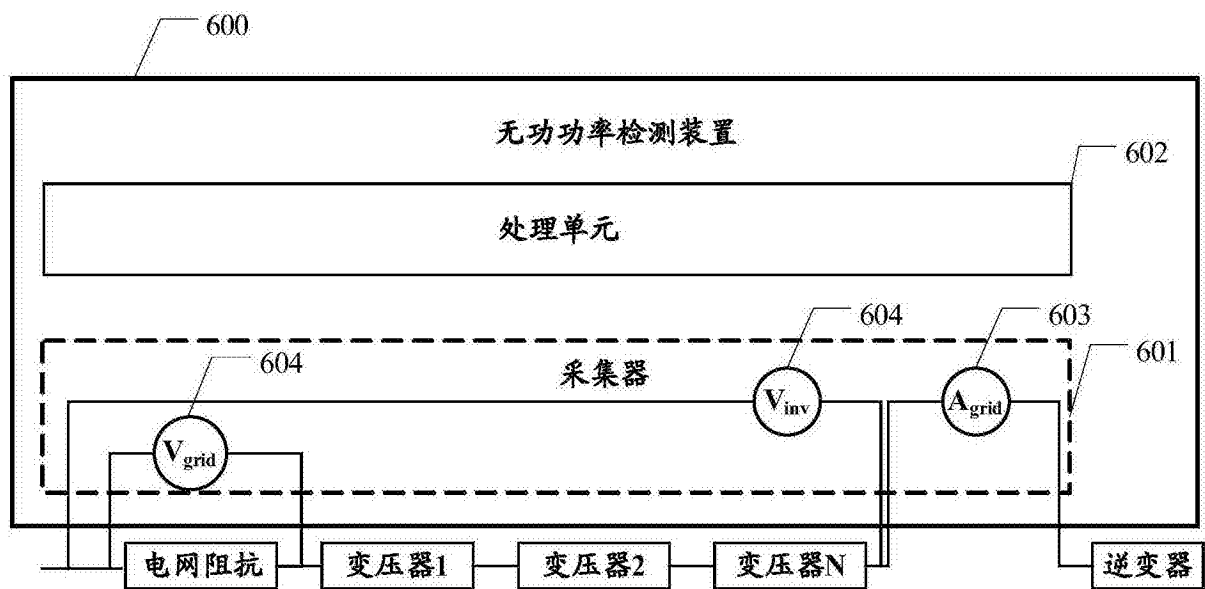


图13