



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104865847 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201510257807. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2015. 05. 18

G05B 17/02(2006. 01)

(71) 申请人 中国南方电网有限责任公司电网技术研究中心

地址 510000 广东省广州市天河区珠江新城华穗路6号四层、五层505-508号房

申请人 南方电网科学研究院有限责任公司 上海科梁信息工程有限公司

(72) 发明人 蔡海青 张建设 郭琦 黄立滨 伍文聪 郭海平 周寅 滕亚青

(74) 专利代理机构 广州三环专利代理有限公司 44202

代理人 何传锋

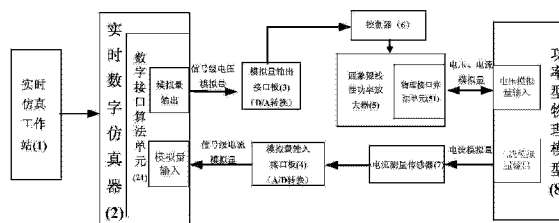
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统及其试验方法

(57) 摘要

本发明公开了一种功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统,其数字仿真工作站通过以太网与RTDS数字仿真器连接,RTDS数字仿真器通过光纤与模拟量输出接口卡连接,模拟量输出接口卡通过硬接线与控制器连接,控制器通过硬接线与四象限线性功率放大器连接,四象限线性功率放大器通过电缆线与功率型物理模型连接,从而将RTDS数字仿真器的电压模拟量输出至功率型物理模型,功率型物理模型与电流测量传感器连接,电流测量传感器通过硬接线与模拟量输入接口卡连接,模拟量输入接口卡通过光纤与RTDS数字仿真器连接,从而将功率型物理模型的电流返回至RTDS数字仿真器。



1. 一种功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统,其特征在于,包括数字仿真工作站、RTDS 数字仿真器、模拟量输出接口卡、模拟量输入接口卡、四象限线性功率放大器、控制器、电流测量传感器、功率型物理模型、以太网、光纤、硬接线、电缆线,数字仿真工作站通过以太网与 RTDS 数字仿真器连接,RTDS 数字仿真器通过光纤与模拟量输出接口卡连接,模拟量输出接口卡通过硬接线与控制器连接,控制器通过硬接线与四象限线性功率放大器连接,四象限线性功率放大器通过电缆线与功率型物理模型连接,从而将 RTDS 数字仿真器的电压模拟量输出至功率型物理模型,功率型物理模型与电流测量传感器连接,电流测量传感器通过硬接线与模拟量输入接口卡连接,模拟量输入接口卡通过光纤与 RTDS 数字仿真器连接,从而将功率型物理模型的电流返回至 RTDS 数字仿真器,RTDS 数字仿真器设置有数字接口算法单元,四象限线性功率放大器设置有物理接口算法单元。

2. 根据权利要求 1 所述的功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统,其特征在于,所述 RTDS 数字仿真器建立包含有光伏发电系统、风力发电系统和储能系统的微电网数字仿真模型,功率型物理模型在交流母线处并网接入 RTDS 数字仿真器。

3. 根据权利要求 1 所述的功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统,其特征在于,所述 RTDS 数字仿真器与功率型物理模型的接口算法选择为输出电压模拟量,输入电流模拟量。

4. 根据权利要求 3 所述的功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统,其特征在于,所述 RTDS 数字仿真器通过模拟量输出接口卡将物理模型并网母线三相电压输出至功率型物理模型。

5. 根据权利要求 3 所述的功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统,其特征在于,所述功率型物理模型通过电流测量传感器将物理模型的电流输入至 RTDS 数字仿真器。

6. 根据权利要求 1 所述的功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统,其特征在于,所述控制器采集 RTDS 数字仿真器的电压模拟量信号,通过运算后输出给四象限线性功率放大器,从而控制四象限线性功率放大器的输出电压大小。

7. 根据权利要求 1 所述的功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统,其特征在于,所述 RTDS 数字仿真器的数字接口算法单元中设置有电流源,电流测量传感器采集的电流作为电流源的输入量,仿真模型将输入的电流实时运算后得出母线电压,通过接口板卡输出给功率型物理模型。

8. 一种功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 通过 RTDS 数字仿真器建立风光储微电网数字仿真模型,并按照试验内容设置好试验程序;

(2) 分别在 RTDS 数字仿真器和四象限线性功率放大器中建立数字接口算法单元和物理接口算法单元;

(3) 将数字接口算法单元连接模拟量输出接口卡,模拟量输出接口卡连接控制器,控制器连接四象限线性功率放大器,四象限线性功率放大器连接物理接口算法单元,建立 RTDS 数字仿真器与功率型物理模型的前向数据接口;

(4) 将功率型物理模型与电流测量传感器连接,电流测量传感器连接模拟量输入接口卡,模拟量输入接口卡连接数字接口算法单元,建立 RTDS 数字仿真器与功率型物理模型的

反馈数据接口；

(5) 通过步骤 (2)、(3)、(4) 建立 RTDS 数字仿真器与功率型物理模型双向连接,从而搭建闭环的试验系统；

(6) 将 RTDS 数字仿真器的数字模型进行编译,并下载到 RTDS 数字仿真器上运行；

(7) 在 RTDS 数字仿真器运行界面中按照试验步骤操作菜单,开展功率在环型数模混合仿真试验。

9. 根据权利要求 8 所述的功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验方法,其特征在于,所述数字仿真模型的搭建过程包括：

(1) 将光伏发电系统的光伏阵列、光伏并网逆变器和控制系统、升压变压器实际参数,按照 RTDS 数据格式进行转换和等值,在 RTDS 仿真器中试验验证等值模型与详细模型具有相同外特性,按照光伏发电系统的实际电气连接搭建光伏发电系统数字仿真模型；

(2) 根据双馈风力发电系统、永磁直驱风力发电系统、发电机控制系统实际参数,按照 RTDS 数据格式进行转换和等值,在 RTDS 仿真器中试验验证等值模型与详细模型具有相同外特性,按照风力发电系统的实际电气连接搭建风力发电系统数字仿真模型；

(3) 根据储能系统及其控制系统实际参数,按照 RTDS 数据格式进行转换和等值,在 RTDS 仿真器中试验验证等值模型与详细模型具有相同外特性,按照储能系统的实际电气连接搭建储能系统数字仿真模型；

(4) 根据实际电网中光伏发电系统、风力发电系统、储能系统和负荷的实际拓扑结构,搭建风光储微电网数字仿真模型。

10. 根据权利要求 8 所述的功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验方法,其特征在于,所述 RTDS 数字仿真器与功率型物理模型的数据接口设置过程如下：

(1) 在 RTDS 数字仿真器中设置数字接口算法单元,数字接口算法单元提取 RTDS 数字仿真器的信号级电压模拟量,通过光纤连接将信号级电压模拟量输出至模拟量输出接口卡并进行 D/A 转换,经 D/A 转换后的电压模拟量通过硬接线输出至控制器,控制器将采集的电压模拟量经过运算后控制四象限线性功率放大器的电压输出,四象限线性功率放大器设置有物理接口算法单元,物理接口算法单元通过电缆与功率型物理模型电气连接输入 / 输出电压、电流量,从而实现四象限线性功率放大器与功率型物理模型间功率的双向传输,四象限功率放大器放大或吸收功率保持仿真系统能量平衡；

(2) 利用电流测量传感器提取功率型物理模型电流量,通过硬接线输入到模拟量输入接口卡并进行 A/D 转换,A/D 转换后的电流量经光纤输入到数字接口算法单元,数字接口算法单元通过信号处理解决电流量时间延时问题,将电流量返回至 RTDS 数字仿真器。

功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统及其试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统仿真试验技术,更具体地说,涉及一种功率在环型数字与物理混合实时仿真试验系统及其试验方法。

背景技术

[0002] 对于未知的物理现象(如大规模风电场、太阳能电站、极端外部条件对电力系统的影响等),以及极快速的动态过程(如 IGBT 闭合与开断过程)和极慢的动态过程(如电网大停电过程),常规的数字仿真,如 RTDS、RT-LAB、EMTDC、BPA 等仿真计算机软件难以模拟,需依赖动态物理模拟手段,而物理仿真规模有限,难以适应如今大规模电网仿真需求,而且人力、物力投入较大,经济效益低。

[0003] 为适应当今新能源接入的电网需求,充分利用数字仿真和物理仿真的各自优势,采用数字和物理相结合的仿真方式,使用 RTDS 全数字仿真模拟电网,物理模拟电力新设备和特殊过程,RTDS 数字与物理模拟混合实时仿真技术是一种较好的解决方案,既解决物理仿真规模的局限性,又能对电力系统仿真手段进行补充,进一步揭示电网运行的物理现象及其本质。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于:提供一种功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统及其试验方法,能够对新能源并网设备进行全面检测。

[0005] 为了实现上述目的,本发明提供了一种功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统,包括数字仿真工作站、RTDS 数字仿真器、模拟量输出接口卡、模拟量输入接口卡、四象限线性功率放大器、控制器、电流测量传感器、功率型物理模型、以太网、光纤、硬接线、电缆线,数字仿真工作站通过以太网与 RTDS 数字仿真器连接,RTDS 数字仿真器通过光纤与模拟量输出接口卡连接,模拟量输出接口卡通过硬接线与控制器连接,控制器通过硬接线与四象限线性功率放大器连接,四象限线性功率放大器通过电缆线与功率型物理模型连接,从而将 RTDS 数字仿真器的电压模拟量输出至功率型物理模型,功率型物理模型与电流测量传感器连接,电流测量传感器通过硬接线与模拟量输入接口卡连接,模拟量输入接口卡通过光纤与 RTDS 数字仿真器连接,从而将功率型物理模型的电流量返回至 RTDS 数字仿真器,RTDS 数字仿真器设置有数字接口算法单元,四象限线性功率放大器设置有物理接口算法单元。

[0006] 作为本发明的一种改进,所述 RTDS 数字仿真器建立包含有光伏发电系统、风力发电系统和储能系统的微电网数字仿真模型,功率型物理模型在交流母线处并网接入 RTDS 数字仿真器。

[0007] 作为本发明的一种改进,所述 RTDS 数字仿真器与功率型物理模型的接口算法选择为输出电压模拟量,输入电流模拟量。

[0008] 作为本发明的一种改进,所述 RTDS 数字仿真器通过模拟量输出接口卡将物理模型并网母线三相电压输出至功率型物理模型。

[0009] 作为本发明的一种改进,所述功率型物理模型通过电流测量传感器将物理模型的电流输入至 RTDS 数字仿真器。

[0010] 作为本发明的一种改进,所述控制器采集 RTDS 数字仿真器的电压模拟量信号,通过运算后输出给四象限线性功率放大器,从而控制四象限线性功率放大器的输出电压大小。

[0011] 作为本发明的一种改进,所述 RTDS 数字仿真器的数字接口算法单元中设置有电流源,电流测量传感器采集的电流作为电流源的输入量,仿真模型将输入的电流实时运算后得出母线电压,通过接口板卡输出给功率型物理模型。

[0012] 本发明还提供了一种功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验方法,包括如下步骤:(1) 通过 RTDS 数字仿真器建立风光储微电网数字仿真模型,并按照试验内容设置好试验程序;(2) 分别在 RTDS 数字仿真器和四象限线性功率放大器中建立数字接口算法单元和物理接口算法单元;(3) 将数字接口算法单元连接模拟量输出接口卡,模拟量输出接口卡连接控制器,控制器连接四象限线性功率放大器,四象限线性功率放大器连接物理接口算法单元,建立 RTDS 数字仿真器与功率型物理模型的前向数据接口;(4) 将功率型物理模型与电流测量传感器连接,电流测量传感器连接模拟量输入接口卡,模拟量输入接口卡连接数字接口算法单元,建立 RTDS 数字仿真器与功率型物理模型的反馈数据接口;(5) 通过步骤(2)、(3)、(4) 建立 RTDS 数字仿真器与功率型物理模型双向连接,从而搭建闭环的试验系统;(6) 将 RTDS 数字仿真器的数字模型进行编译,并下载到 RTDS 数字仿真器上运行;(7) 在 RTDS 数字仿真器运行界面中按照试验步骤操作菜单,开展功率在环型数模混合仿真试验。

[0013] 作为本发明的一种改进,所述数字仿真模型的搭建过程包括:(1) 将光伏发电系统的光伏阵列、光伏并网逆变器和控制系统、升压变压器实际参数,按照 RTDS 数据格式进行转换和等值,在 RTDS 仿真器中试验验证等值模型与详细模型具有相同外特性,按照光伏发电系统的实际电气连接搭建光伏发电系统数字仿真模型;(2) 根据双馈风力发电系统、永磁直驱风力发电系统、发电机控制系统实际参数,按照 RTDS 数据格式进行转换和等值,在 RTDS 仿真器中试验验证等值模型与详细模型具有相同外特性,按照风力发电系统的实际电气连接搭建风力发电系统数字仿真模型;(3) 根据储能系统及其控制系统实际参数,按照 RTDS 数据格式进行转换和等值,在 RTDS 仿真器中试验验证等值模型与详细模型具有相同外特性,按照储能系统的实际电气连接搭建储能系统数字仿真模型;(4) 根据实际电网中光伏发电系统、风力发电系统、储能系统和负荷的实际拓扑结构,搭建风光储微电网数字仿真模型。

[0014] 作为本发明的一种改进,所述 RTDS 数字仿真器与功率型物理模型的数据接口设置过程如下:(1) 在 RTDS 数字仿真器中设置数字接口算法单元,数字接口算法单元提取 RTDS 数字仿真器的信号级电压模拟量,通过光纤连接将信号级电压模拟量输出至模拟量输出接口卡并进行 D/A 转换,经 D/A 转换后的电压模拟量通过硬接线输出至控制器,控制器将采集的电压模拟量经过运算后控制四象限线性功率放大器的电压输出,四象限线性功率放大器设置有物理接口算法单元,物理接口算法单元通过电缆与功率型物理模型电气连接输

入 / 输出电压、电流量,从而实现四象限线性功率放大器与功率型物理模型间功率的双向传输,四象限功率放大器放大或吸收功率保持仿真系统能量平衡;(2)利用电流测量传感器提取功率型物理模型电流量,通过硬接线输入到模拟量输入接口卡并进行 A/D 转换,A/D 转换后的电流量经光纤输入到数字接口算法单元,数字接口算法单元通过信号处理解决电流量时间延时问题,将电流量返回至 RTDS 数字仿真器。

[0015] 与现有技术相比,本发明采用 RTDS 数字仿真器通过接口硬件设备与功率型物理模型双向功率连接,方便对新能源并网设备进行全面检测。

附图说明

[0016] 下面结合附图和具体实施方式,对本发明的结构及其有益技术效果进行详细说明。

[0017] 图 1 为本发明功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统结构示意图。

[0018] 图 2 为本发明功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统的数字模型搭建示意图。

具体实施方式

[0019] 为了使本发明的发明目的、技术方案及其有益技术效果更加清晰,以下结合附图和具体实施方式,对本发明进行进一步详细说明。应当理解的是,本说明书中描述的具体实施方式仅仅是为了解释本发明,并非为了限定本发明。

[0020] 请参阅图 1,本发明功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验系统包括数字仿真工作站 1、RTDS 数字仿真器 2、模拟量输出接口卡 3、模拟量输入接口卡 4、四象限线性功率放大器 5、控制器 6、电流测量传感器 7、功率型物理模型 8、以太网 9、光纤 10、硬接线 11、电缆线 12,其中,数字仿真工作站 1 通过以太网 9 与 RTDS 数字仿真器 2 连接,RTDS 数字仿真器 2 通过光纤 10 与模拟量输出接口卡 3 连接,模拟量输出接口卡 3 通过硬接线 11 与控制器 6 连接,控制器 6 通过硬接线 11 与四象限线性功率放大器 5 连接,四象限线性功率放大器 5 通过电缆线 12 与功率型物理模型 8 连接,从而将 RTDS 数字仿真器 2 的电压模拟量输出至功率型物理模型 8;功率型物理模型 8 与电流测量传感器 7 连接,电流测量传感器 7 通过硬接线 11 与模拟量输入接口卡 4 连接,模拟量输入接口卡 4 通过光纤 10 与 RTDS 数字仿真器 2 连接,从而将功率型物理模型 8 的电流量返回至 RTDS 数字仿真器 2;此外,RTDS 数字仿真器 2 还设置有数字接口算法单元 21,四象限线性功率放大器 5 设置有物理接口算法单元 51。四象限线性功率放大器 5 能够发出或吸收电网功率,且能够线性放大功率。RTDS 数字仿真器 2 建立包含有光伏发电系统、风力发电系统和储能系统的微电网数字仿真模型,功率型物理模型 8 在交流母线处并网接入 RTDS 数字仿真器 2。RTDS 数字仿真器 2 与功率型物理模型 8 的接口算法选择为输出电压模拟量,输入电流模拟量。RTDS 数字仿真器 2 通过模拟量输出接口卡 3 将物理模型并网母线三相电压输出至功率型物理模型 8。功率型物理模型 8 通过电流测量传感器 7 将物理模型的电流输入至 RTDS 数字仿真器 2。控制器 6 采集 RTDS 数字仿真器 2 送来的电压模拟量信号,通过运算后输出给四象限线性功率放大器 5,从而控制四象限线性功率放大器 5 的输出电压大小。RTDS 数字仿真器 2 的数字接口算法单元 21 中设置有电流源,电流测量传感器 7 采集的电流作为电流源的输入量,仿真模型将输

入的电流实时运算后得出母线电压,通过接口板卡输出给功率型物理模型 8。

[0021] 本发明功率在环型数字与物理混合实时仿真的试验方法包括如下步骤:

[0022] (1) 通过 RTDS 数字仿真器 2 建立风光储微电网数字仿真模型,并按照试验内容设置好试验程序;

[0023] (2) 分别在 RTDS 数字仿真器 2 和四象限线性功率放大器 5 中建立数字接口算法单元 21 和物理接口算法单元 51;

[0024] (3) 将数字接口算法单元 21 连接模拟量输出接口卡 3,模拟量输出接口卡 3 连接控制器 6,控制器 6 连接四象限线性功率放大器 5,四象限线性功率放大器 5 连接物理接口算法单元 51,建立 RTDS 数字仿真器 2 与功率型物理模型 8 的前向数据接口;

[0025] (4) 将功率型物理模型 8 与电流测量传感器 7 连接,电流测量传感器 7 连接模拟量输入接口卡 4,模拟量输入接口卡 4 连接数字接口算法单元 21,建立 RTDS 数字仿真器 2 与功率型物理模型 8 的反馈数据接口;

[0026] (5) 通过以上步骤 (2)、(3)、(4) 建立 RTDS 数字仿真器 2 与功率型物理模型 8 双向连接,从而搭建闭环的试验系统;

[0027] (6) 将 RTDS 数字仿真器 2 的数字模型进行编译,并下载到 RTDS 数字仿真器 2 上运行;

[0028] (7) 在 RTDS 数字仿真器 2 运行界面中按照试验步骤操作菜单,开展功率在环型数模混合仿真试验;

[0029] 请参阅图 2,上述功率在环型数字与物理混合实时仿真试验系统实时数字仿真模型的搭建过程为:(1) 将光伏发电系统的光伏阵列、光伏并网逆变器和控制系统、升压变压器实际参数,按照 RTDS 数据格式进行转换和等值,在 RTDS 仿真器中试验验证等值模型与详细模型具有相同外特性,按照光伏发电系统的实际电气连接搭建光伏发电系统数字仿真模型;(2) 根据双馈风力发电系统、永磁直驱风力发电系统、发电机控制系统实际参数,按照 RTDS 数据格式进行转换和等值,在 RTDS 仿真器中试验验证等值模型与详细模型具有相同外特性,按照风力发电系统的实际电气连接搭建风力发电系统数字仿真模型;(3) 根据储能系统及其控制系统实际参数,按照 RTDS 数据格式进行转换和等值,在 RTDS 仿真器中试验验证等值模型与详细模型具有相同外特性,按照储能系统的实际电气连接搭建储能系统数字仿真模型;(4) 根据实际电网中光伏发电系统、风力发电系统、储能系统和负荷的实际拓扑结构,搭建风光储微电网数字仿真模型;

[0030] 上述 RTDS 数字仿真器 2 与功率型物理模型 8 的数据接口设置过程如下:

[0031] (1) 在 RTDS 数字仿真器 2 中设置数字接口算法单元 21,数字接口算法单元 21 提取 RTDS 数字仿真器 2 的信号级电压模拟量,通过光纤连接将信号级电压模拟量输出至模拟量输出接口卡 3 并进行 D/A 转换,经 D/A 转换后的电压模拟量通过硬接线输出至控制器 6,控制器 6 将采集的电压模拟量经过运算后控制四象限线性功率放大器 5 的电压输出,四象限线性功率放大器 5 设置有物理接口算法单元 51,物理接口算法单元 51 通过电缆与功率型物理模型 8 电气连接输入/输出电压、电流量,从而实现四象限线性功率放大器 5 与功率型物理模型 8 间功率的双向传输,四象限功率放大器 5 放大或吸收功率保持仿真系统能量平衡;(2) 利用电流测量传感器 7 提取功率型物理模型 8 电流量,通过硬接线输入到模拟量输入接口卡 4 并进行 A/D 转换,A/D 转换后的电流量经光纤输入到数字接口算法单元,数字接

口算法单元 21 通过信号处理解决电流量时间延时问题,将电流量返回至 RTDS 数字仿真器 2。

[0032] 根据上述说明书的揭示和教导,本发明所属领域的技术人员还可以对上述实施方式适当的变更和修改。因此,本发明并不局限于上面揭示和描述的具体实施方式,对本发明的一些修改和变更也应当落入本发明的权利要求的保护范围内。此外,尽管本说明书中使用了一些特定的术语,但这些术语只是为了方便说明,并不对本发明构成任何限制。

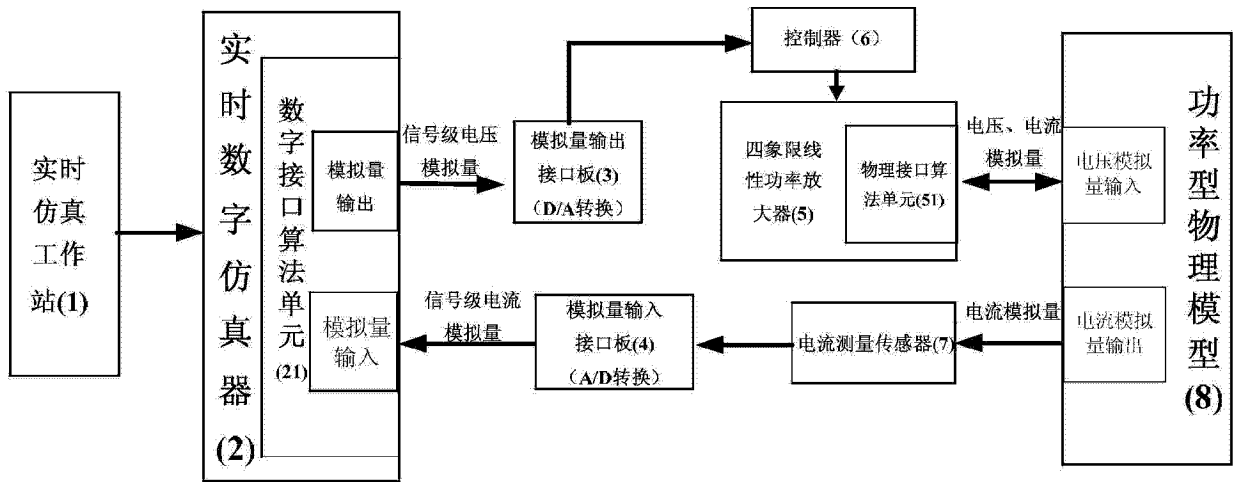


图 1

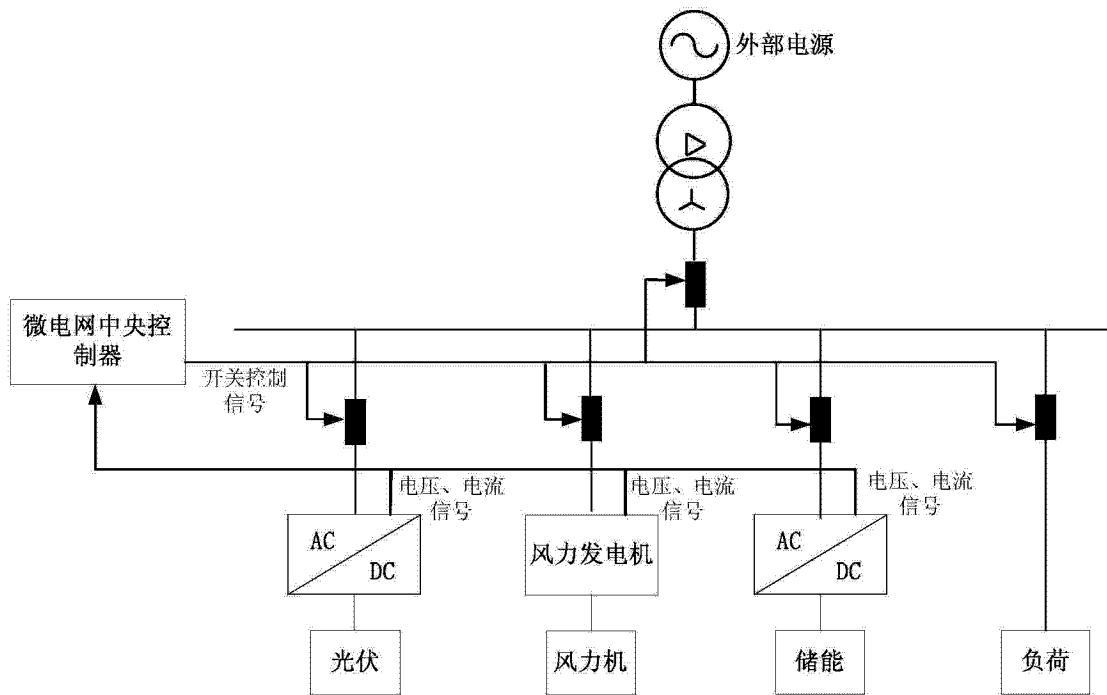


图 2