



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204314716 U

(45) 授权公告日 2015. 05. 06

(21) 申请号 201420590662. 4

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2014. 10. 13

(66) 本国优先权数据

201420439083. X 2014. 08. 06 CN

(73) 专利权人 上海卡鲁自动化科技有限公司

地址 200060 上海市浦东新区张江高科技园区郭守敬路 498 号 21 幢 212-214 室

(72) 发明人 李玲莲 陈元俊 鲍秀昌

(74) 专利代理机构 上海和跃知识产权代理事务所 (普通合伙) 31239

代理人 杜林雪

(51) Int. Cl.

G05B 23/02(2006. 01)

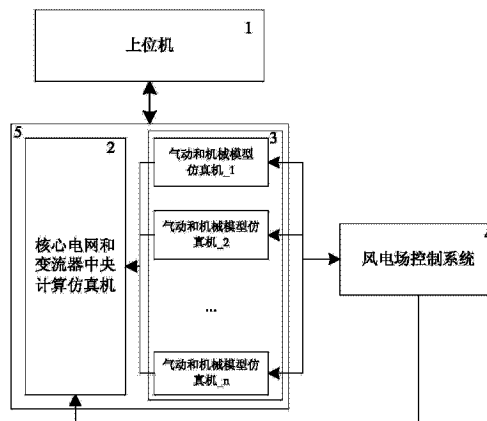
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 实用新型名称

一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台

(57) 摘要

本实用新型公开一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台，该测试平台包括核心电网和变流器中央计算仿真机、风电机组气动和机械仿真计算机集群、测试平台状态监控和操纵上位机、网关和接口模块、风电场控制系统等部分组成，上位机和各个仿真机之间以及仿真机与被测风电场控制系统之间均采用高速以太网通讯。该测试平台能够重复模拟风电场的常规和故障工况，对风电场控制系统的软件、硬件以及通讯实现全面的、自动化的测试并且观测和记录风电场控制系统的响应，辅助设计人员评价控制品质，从而大幅缩减开发成本和现场调试的时间；此外，也可以辅助风电场开发规划人员进行微观选址。



1. 一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台，其特征在于：包括上位机、与上位机进行通讯的下位机集总平台、与该下位机集总平台进行通讯的风电场控制系统，及网关和接口模块，所述下位机集总平台包括核心电网和变流器中央计算仿真机、风电机组气动和机械模型仿真机簇群，所述气动和机械模型仿真机簇群由若干个风电机组气动和机械仿真机组成，所述每个风电机组气动和机械仿真机包含 5-10 个风电机组气动和机械仿真模型。

2. 根据权利要求 1 所述的测试平台，其特征在于：所述风电机组气动和机械仿真机的仿真步长为 10ms。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的测试平台，其特征在于：所述风电机组气动和机械仿真机通过控制器接口和电网 / 变流器接口与所述风电场控制系统、所述核心电网和变流器中央计算仿真机进行以太网交互。

4. 根据权利要求 3 所述的测试平台，其特征在于：所述上位机、下位机集总平台和风电场控制系统之间均采用以太网通讯。

## 一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台

### 技术领域

[0001] 本实用新型公开一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台。

### 背景技术

[0002] 受风的随机性和间歇性影响,风电场输出功率的波动较大,这在一定程度上影响了电网的调峰调频,造成风力发电成本过高,使其无法和传统发电方式进行竞争。

[0003] 当前风电领域的研究者提出了一种新的控制系统—风电场能量控制系统,该系统可以将风电场的场级有功/无功功率预测系统、监控系统和储能控制系统结合在一起,在满足公共电网限出力指令的前提下,对风电场产生的风电功率进行调节,既能平抑风电波动,又能提高风能利用率,实现智能调控的目的。

[0004] 风电场控制系统在开发过程中要考虑各方面的诸多因素,采集的信息量较大,同时要根据电网和当前状态及时发出指令,对实时性要求也较高,因此开发成本很高;另外在该控制系统开发完成后,还需要进行长时间的功能和可靠性测试,因为直接上机测试风险很大,有可能会造成整个风电场的瘫痪,损失无法估计。目前尚没有针对这种风电场控制系统的实验室测试平台,大部分软件进行模型验证后就直接安装在真实风电场运行,运行风险较大。

[0005] 硬件在环仿真测试已经成为控制系统开发流程中非常重要的一环,该技术在汽车和航天航空领域已经有了很成熟的应用,但在风电领域里的应用才刚起步,目前主要应用于单独风电机组控制系统的开发和测试,还没有可用于风电场控制系统开发和测试的硬件在环测试平台。

[0006] 风电场控制系统硬件在环仿真测试平台能够为风电场控制系统模拟一个运行中的风场,风电场控制系统通过控制风场内的其它设备和发送命令给每个单独风电机组的主控系统,从而控制风场的出力,调节电网并入点的电压和频率等,同时也能采样监控各种关键参数。搭建风电场级的硬件在环测试平台,核心的难点包括电气模型的精度、测试平台计算机硬件的计算精度、实时代码的生成、多任务的调度以及通讯的实时性等。

### 实用新型内容

[0007] 本实用新型的目的是提出一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台,该测试平台能够重复模拟风电场的常规和故障工况,对风电场控制系统的软件、硬件以及通讯实现全面的、自动化的测试并且观测和记录风电场控制系统的响应,辅助设计人员评价控制品质,从而大幅缩减开发成本和现场调试的时间;此外,也可以辅助风电场开发规划人员进行微观选址。

[0008] 为实现上述目的,本实用新型提出的一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台,通过以下技术方案予以解决:

[0009] 本实用新型的一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台,包括上位机、与上位机进行通讯的下位机集总平台、与该下位机集总平台进行通讯的风电场控制系统,及网关

和接口模块,所述下位机集总平台包括核心电网和变流器中央计算仿真机、风电机组气动和机械模型仿真机簇群,所述气动和机械模型仿真机簇群由若干个风电机组气动和机械仿真机组成,所述每个风电机组气动和机械仿真机包含 5-10 个风电机组气动和机械仿真模型。

[0010] 作为本实用新型的优选技术方案:

[0011] 本实用新型所述的一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台,所述风电机组气动和机械仿真机的仿真步长为 10ms。

[0012] 本实用新型所述的一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台,所述核心电网和变流器中央计算仿真机包含传输线路模型的电网模型、风电机组主控系统模型、变压器模型、无功补偿装置模型和主升压站模型,以上所述各模型在 Matlab/simulink 环境下搭建,且仿真步长为 1ms。

[0013] 本实用新型所述的一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台,所述风电机组气动和机械仿真模型包括尾流模型、空气动力学模型、传动链模型、塔身动力学模型,该风电机组气动和机械仿真机通过控制器接口和电网/变流器接口与所述风电场控制系统、所述核心电网和变流器中央计算仿真机进行以太网交互。

[0014] 本实用新型所述的一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台,所述上位机、下位机集总平台和风电场控制系统之间均采用以太网通讯。

[0015] 由于采用以上技术方案,本实用新型的一种用于风电场控制系统硬件在环测试平台,其主要优势有:

[0016] (1) 风电场参数化建模,可以根据风电场的地理环境和风电机组的分布进行模型的搭建,可以兼容多种类型的风电机组;

[0017] (2) 测试工况丰富,可快速重复再现,系统地评价风电场并网控制策略的品质;

[0018] (3) 测试平台硬件性能优越,充分利用了多核计算机和簇群计算机并行计算的性  
能,支持 1ms 步长等级的电磁特性以及 10ms 步长等级的机械动力学特性;

[0019] (4) 测试平台开放,可扩展性良好;

[0020] (5) 降低开发成本,提高风电场并网控制的安全性及可靠性。

## 附图说明

[0021] 下面根据附图和具体实施例对本实用新型作进一步说明:

[0022] 图 1 为本实用新型的用于风电场控制系统硬件在环测试平台的总拓扑和各个部件的连接关系图;

[0023] 图 2 为本实用新型中核心电网和变流器模型构成

[0024] 图 3 为本实用新型中风电机组气动和机械仿真模型的构成图

## 具体实施方式

[0025] 如图 1 所示,本实用新型的一种用于风电场控制系统的硬件在环测试平台,包括上位机 1、与上位机 1 进行通讯的下位机集总平台 5、与该下位机集总平台 5 进行通讯的风电场控制系统 4 及网关和接口模块。下位机集总平台 5 包括核心电网和变流器中央计算仿真机 2、风电机组气动和机械模型仿真机簇群 3,该风电机组气动和机械模型仿真机簇群 3

由若干个风电机组气动和机械仿真机 8 组成,仿真步长为 10ms。

[0026] 如图 2 所示,核心电网和变流器中央计算仿真机 2 包含传输线路模型的电网模型 6、风电机组主控系统模型 7、变压器模型 9、无功补偿装置模型 10 和主升压站模型 11,以上所述各模型在 Matlab/simulink 环境下搭建,且仿真步长为 1ms,该核心电网和交流器中央计算仿真机 2 与风电机组气动和机械模型仿真机簇群 3 组成下位机集总平台 5,核心电网和交流器中央计算仿真机 2 负责运行电网、传输线路、无功补偿装置和所有风电机组的变流器模型,其采用高性能实时工业计算机。

[0027] 如图 3 所示,本实用新型的风电机组气动和机械仿真机 8 包含 5-10 个风电机组气动和机械仿真模型,单个仿真模型包括尾流模型 12,空气动力学模型 13,传动链模型 14,塔身动力学模型 15,该风电机组气动和机械仿真计算机通过控制器接口 16 和电网/变流器接口 17 负责与外部风电场控制系统 4、核心电网和变流器中央计算仿真机 2 进行高速以太网交互。尾流模型 12 以全局的自由风速和风向开始,计算每个不同风力机所在位置上的单个风速,并且考虑地形高度的影响进行修正。空气动力学模型 13 将每个风力机的来流转换成叶轮的推力和扭矩。传动链模型 14,塔身动力学模型 15 根据空气动力学模型 13 计算的结果,分别计算出塔身的运动,以及传动链的扭振。传动链模型 14 基于双质块模型,考虑传动链的惯量和 1 阶扭转模态。

[0028] 本实用新型中,上位机 1 和以上所述各个仿真机之间以及仿真机与风电场控制系统 4 之间均采用高速以太网通讯。

[0029] 本实用新型的测试平台的测试方法如下:

[0030] 1) 在上位机 1 中建立风电场控制系统 4 运行的虚拟环境:依据被控风电场的相关参数,在上位机 1 中建立被控风电场的模型;风电场的仿真模型包括若干个风电机组气动和机械仿真模型(单个仿真模型包括尾流模型 12,空气动力学模型 13,传动链模型 14,塔身动力学模型 15)、包含传输线路模型的电网模型 6、若干个风电机组主控系统模型 7、若干个变压器模型 9、无功补偿装置模型 10 和主升压站模型 11。采用计算机簇群可以模拟风电场中多台不同功率或位置的风力机。

[0031] 2) 生成实时代码并下载到下位机集总平台 5:在上位机 1 中将上述建立的风电场的模型进行实时代码转换,并通过以太网通讯下载到下位机集总平台 5 中实时运行;

[0032] 3) 测试平台通讯配置:进行上位机 1 和以上所述各个仿真机之间以及仿真机与风电场控制系统 4 之间的高速以太网通讯配置;

[0033] 4) 参数配置和测试工况设定:在上位机 1 中对在下位机集总平台 5 实时运行的风电场仿真模型的参数进行配置;在上位机 1 中对所要测试的工况(如下表 1)进行设定和导入。

[0034] 5) 测试过程的在线监控和操作:整个测试平台虚拟的仿真环境开始运行后,可通过上位机 1 中的图形界面对下位机集总平台 5 和被测风电场控制系统 4 原型机进行在线实时监控和执行暂停、停止等相关操作,并且自动记录和存储相关运行数据;

[0035] 6) 测试完成后,在上位机 1 中可对记录和存储的运行数据进行处理和分析,对被测风电场控制系统 4 的基本功能和可靠性进行评估。

[0036] 本实用新型的测试平台的测试功能包括风电场通讯测试和电气控制功能测试,其中,风电场通讯测试内容包括:

- [0037] 1、信号接口及标志
- [0038] 2、通信延迟
- [0039] 3、风场连接故障时的风场控制器响应
- [0040] 4、电网接口连接故障时的风场控制器响应
- [0041] 所有的测试工况可以在固定及可变的风速 / 电网电压下执行。
- [0042] 风电场控制器电气控制测试可对有功功率限制及电压 / 无功功率控制进行正确的设定值跟踪及干扰反应。
- [0043] 典型的测试工况如下所示：
- [0044] 表 1 风电场控制系统硬件在环测试平台测试工况
- [0045]

有功功率性能测试	有功功率变化：风电场的有功功率变化分为 1min 有功功率变化和 10min 有功功率变化，包括不同风况和电网条件下的风电场正常运行、并网和正常停机三种情况
	有功功率设定值控制：设定风电场在某一时间段内的有功功率输出值，具体运行范围由电力系统调度机构确定，在风电场输出功率大于 75%额定功率时测试风电场跟踪设定值运行的能力并给出测试曲线
	改变有功功率的限值（如斜坡变化、阶跃变化）
	改变风速（如阶跃风速或湍流风）

[0046]

电压/无功功率控制的性能测试	改变无功功率/电压的设定值（如斜坡变化）
	改变电网电压（如阶跃变化或其它变化的信号）
	改变风速（如阶跃风速或湍流风速）
	改变无功功率限制的设定值

[0047] 所有的测试工况可以在固定及可变的风速 / 电网电压下执行。

[0048] 但是, 上述的具体实施方式只是示例性的, 是为了更好的使本领域技术人员能够理解本专利, 不能理解为是对本专利包括范围的限制; 只要是根据本专利所揭示精神的所作的任何等同变更或修饰, 均落入本专利包括的范围。

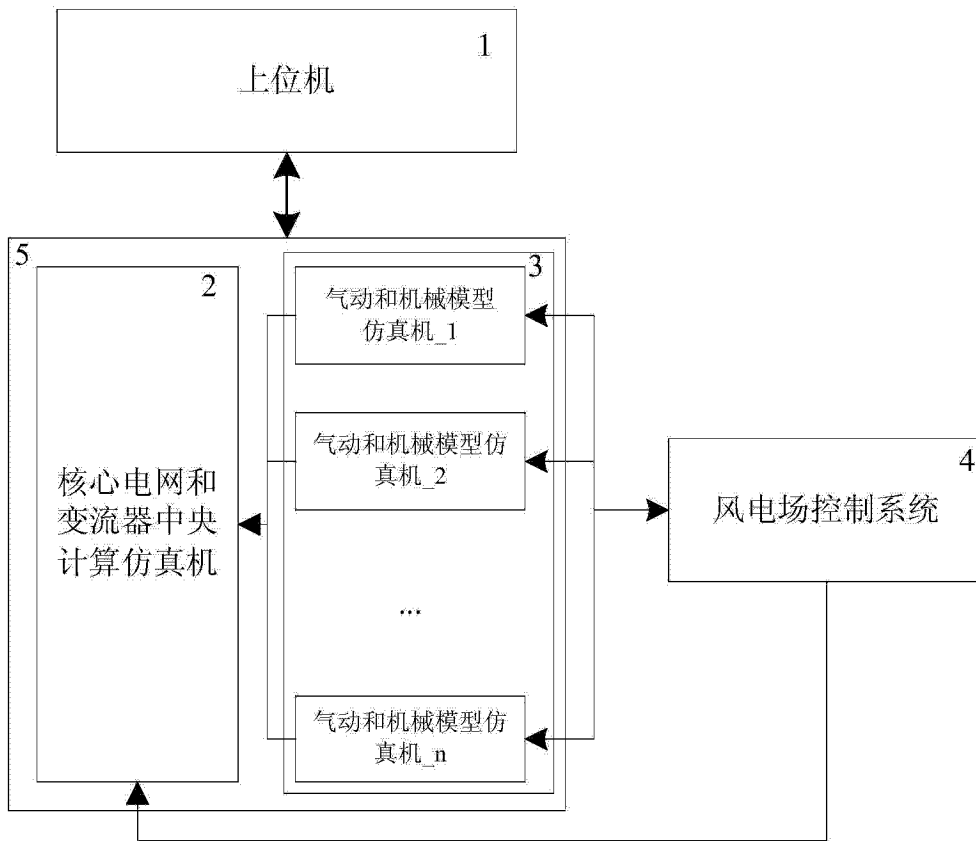


图 1



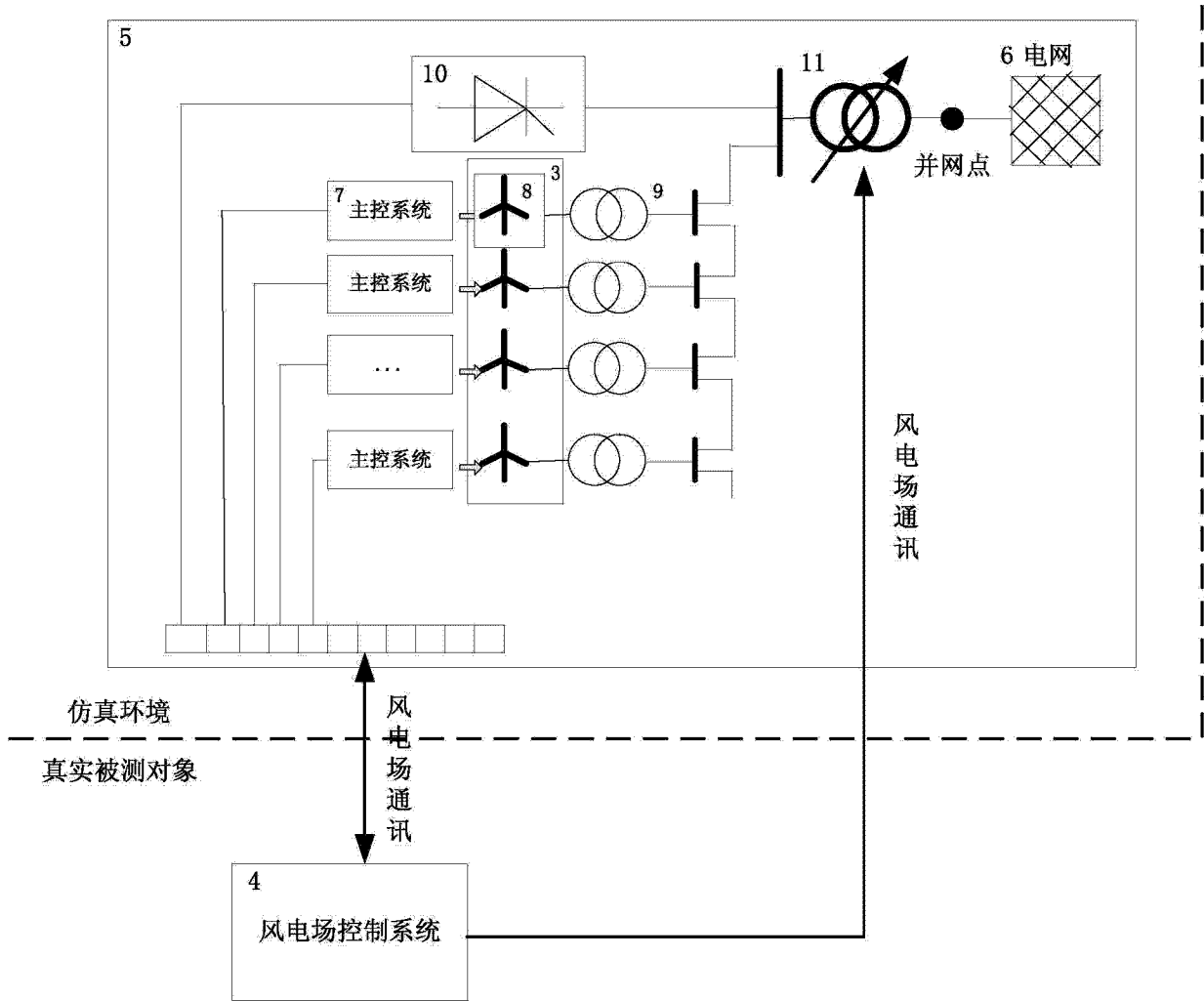


图 2

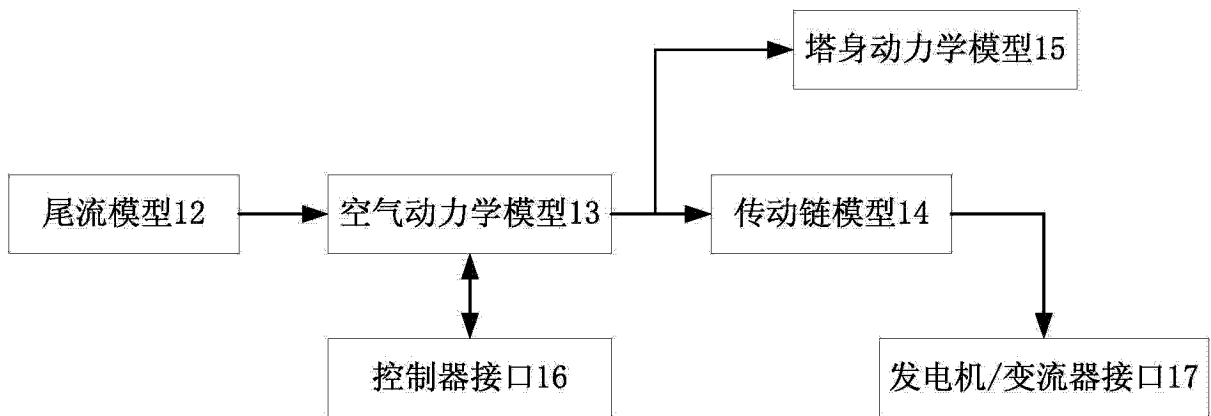


图 3