[控制系统]

基于LabVIEW与Matlab/Simulink的风电场仿真系统平台研究

文/国网冀北电力有限公司技能培训中心　樊　浩　郝　宁
华北电力大学电气与电子工程学院　刘　颖　刘力卿

随着风力发电大规模的发展，风力发电面临的技术问题逐渐显现出来，需要考虑风电场内各部分之间的相互影响，对风电场展开整体研究。建立直观实用的风电场仿真系统平台，有助于对风电场整体的研究，同时对风电领域专业人才的培养也具有重要意义。在对风电场仿真系统功能研究的基础上，分别设计了风电场仿真系统平台的软硬件系统，利用通用软件LabVIEW与Matlab／Simulink进行混合仿真，实现风电场仿真系统的各种功能。最后，通过实例验证了本方法的可行性。

我国的风力发电发展迅速，总装机容量不断增加，风力发电量占电网的比重也逐步增大，但是风力发电所面临的技术瓶颈、专业人才短缺等问题也逐渐成为风力发电快速发展的制约因素。

风力发电机是一个复杂的系统，系统各部分之间具有相互作用，上述成果均是在特定的领域考虑特定问题，未能考虑各部分之间的相互影响，研究成果缺乏实用性。基于上述原因，本文设计了能够对风电场各个部分进行全仿真的风电场仿真系统，并对仿真系统平台的软件和硬件部分进行了配置。

仿真系统功能及构成

1．仿真系统功能

风电场包括风力发电机组、升压站、变压器等设备，风电场仿真系统应能对风电场所有设备实现1∶1全范围仿真，实现电网、风电场运行过程的全仿真。利用风电场仿真系统，能够考虑风电场各部分之间的相互影响，验证风电场以及风力发电机各种控制算法的控制特性。同时，风电场仿真系统可以对风力发电机组进行起、停和故障设置等操作，直观显示风电场的运行状态，有助于风电领域专业人才的培养。

2．仿真系统构成

仿真系统是由计算机、网络设备和其他外设相互连接的有机整体，而仿真系统的运行则是由软件驱动来实现的。因此，仿真系统主要是由硬件和软件构成的。

（1）软件系统构成

根据风电场仿真系统的功能，仿真系统的软件系统按照功能进行分类应主要包括：运行计算机的操作系统软件、仿真支撑系统软件、仿真模型系统软件、风电场监控软件、网络通信软件等。

计算机操作系统软件是仿真支撑系统软件、仿真模型软件、风电场监控软件和网络通信软件的运行平台。

仿真系统支撑软件能为模型开发人员提供友好的工程模块化建模、验模环境，支持多物理域仿真，实现图形化建模。

仿真模型系统软件是为仿真风力发电场的物理过程而建立的软件。对于仿真支撑系统来说，仿真模型软件是支撑系统生成的数据文件，该文件存储的内容是建模工程师建立的模型模块和模块间的连接关系。主要包括风力发电机组及其控制系统的模型。

风电场监控软件能够作为风电场仿真系统的操作界面，能够监控风电场各台风机的运行情况以及对各台风机进行远程操作。

网络通信软件负责在以主计算机为核心的网络系统中交换仿真模型数据，这些数据交换采用点对点方式，因此形成了主计算机上的网络软件和微机上的网络软件的网络程序对，它们负责实时地完成主计算机和微机之间的数据交换。

（2）硬件系统构成

仿真系统平台硬件设计的总体原则是硬件的数据处理能力要能满足软件运行的需要，硬件的配置便于实现仿真系统的功能。风电场仿真系统采取客户/服务器的模式，硬件配置为：主计算机1台（服务器）、交换机1台、微机多台，如图1所示。

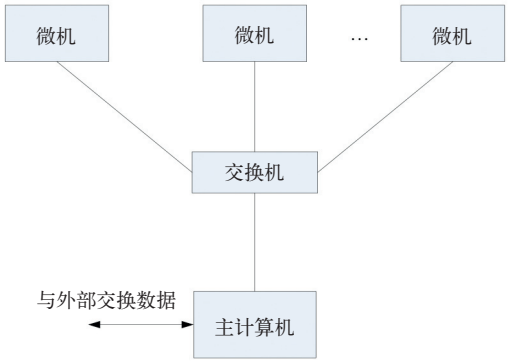


图1　硬件整体布局

仿真系统功能实现方法

本文采用通用软件LabVIEW与Matlab/Simulink进行混合仿真的方法来设计风电场仿真系统。

1．软件介绍

LabVIEW是由美国国家仪器公司（National Instruments，NI）开发的图形化虚拟仪器软件开发集成环境，程序开发效率高，形象直观，人机界面开发功能强大。 LabVIEW可以运行于多种操作系统，具有开放式的开发平台，支持TCP/IP网络协议，能够实现远程访问。

Matlab/Simulink是由美国MathWorks公司开发的数学计算、分析和仿真平台。在Simulink仿真环境中，能够进行图形化建模，可以实现对连续系统、离散系统以及混合系统的仿真。Simulink集成了具有多种功能的工具包，功能强大，能在单一环境下实现多物理域系统的建模仿真。

SIT（Simulation Interface Toolkit）是NI公司和MathWorks公司合作推出的工具包，能够实现LabVIEW与Simulink之间的实时通信，实现两个软件之间的混合仿真。

2．技术支持

（1）LabVIEW与SImulink混合仿真

SIT工具包能够使LabVIEW与Simulink之间实现无缝连接，实时交换数据，进行混合仿真。LabVIEW与Simulink混合仿真工作原理如图2所示。

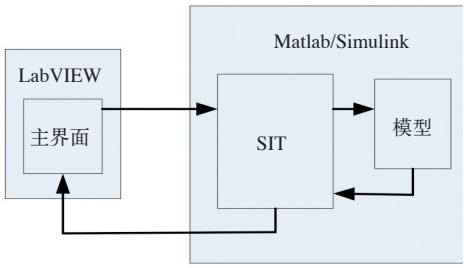


图2　LabVIEW与Simulink通信原理图

（3）网络通信

利用LabVIEW实现网络通信的方式有四种：网络协议通信、Datasoeket技术通信、共享变量通信、远程访问通信，但要实现用户界面之间的相互操作，需要采用远程访问的方式。在LabVIEW中实现远程访问的方式有两种：远程面板控制和客户端浏览器访问。

（3）Simulink建模

Simulink软件功能强大，集成了多种功能的工具包，可以对风电场各个系统进行建模。

1）Simpowersystem。该工具包能够对风力发电机组的电力电子系统和电网进行仿真。

2）Simscape。该工具包能够在单一仿真环境中基于物理原理对多物理域系统（机械、液压、电气、热能等系统）建模仿真，并且能与Simulink无缝连接，便于对风力发电机组进行全仿真。

3）Stateflow。该工具包是一种图形化的设计开发工具，是有限状态机的图形实现工具，主要用于Simulink中控制和检测逻辑关系的表示。利用该工具包，可以图形化设计风力发电机组工作状态转移的逻辑关系，实现风机不同控制策略之间的有序切换。

3．功能实现

（1）仿真支撑平台

本文利用Simulink作为仿真支撑平台，为模型开发人员提供图形化建模环境，模型设计和数据分析处理功能强大，提高模型开发效率。同时，利用LabVIEW与Simulink之间进行实时通信，能够对仿真模型的参数进行在线修改和调试。

（2）仿真模型软件

在Simulink图形化建模环境下，利用集成的各种工具对风力发电机组的各个系统进行建模并将模块统一管理，便于以后调用。

（3）风电场监控软件

风电场监控软件作为风电场仿真系统对仿真模型的监视和控制界面，通过SIT使LabVIEW实时监视和控制Simulink中仿真模型的运行。同时，LabVIEW人机界面之间可以通过远程访问对仿真模型实现远程监视和控制。

（4）网络通信软件

LabVIEW人机界面之间通过软件参数配置，实现主计算机与每台微机之间的远程通信。

4．硬件系统配置

为了保证系统的安全和稳定，主计算机的操作系统选用Windows 2003server，配置性能优越的处理器，满足仿真系统对数据运算、网络管理、模块处理速度等的要求。在主计算机上同时安装 LabVIEW和Matlab/Simulink两种软件，其中LabVIEW负责从外界读取数据、实时监测仿真模型运行、在线修改模型控制参数、与网络进行连接等；Matlab/Simulink负责风电场仿真模型的运行。

仿真系统配备的微机均借助于快速以太网，通过交换机与主计算机相连，保证数据传输的实时性，满足仿真要求。

各台微机的操作系统可以是Windows XP，易于用户使用。在每台微机上安装LabVIEW软件，利用LabVIEW软件建立友好的人机界面，然后通过远程访问的方式，与主计算机中LabVIEW界面相连，实时交换数据，监控仿真模型运行。微机和主计算机之间可以进行远程操作。

功能验证

基于上述仿真系统平台的功能，本节设计了一个简单的仿真实例，用以验证上述方法的可行性。

首先在Matlab/Simulink仿真环境下，搭建简单模型，如图3所示。

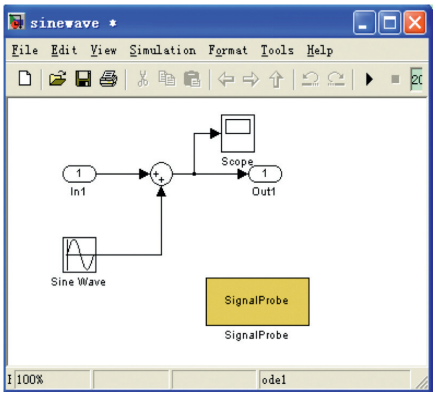


图3　正弦波仿真模型

该仿真模型能够输出正弦波。配置仿真模型的参数：仿真步长设为定值，仿真终止时间设为20 s。图中SignalProbe模块用以探测仿真模型的数据信号，实现Simulink数据与LabVIEW控件的一一对应。

其次在LabVIEW仿真环境下建立人机交互界面，如图4所示。

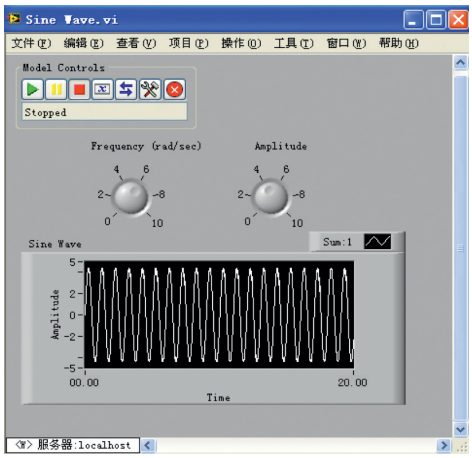


图4　LabVIEW人机交互界面

配置人机交互界面与仿真模型的相应数据信号的对应关系。图4中两个旋钮控件分别控制正弦波的幅值和频率，波形控件能够显示正弦波的输出波形。

最后利用LabVIEW自带的Web发布工具将建立的人机界面作为Web服务器，分配访问地址，从浏览器按照规定的地址进行访问。访问界面如图5所示。

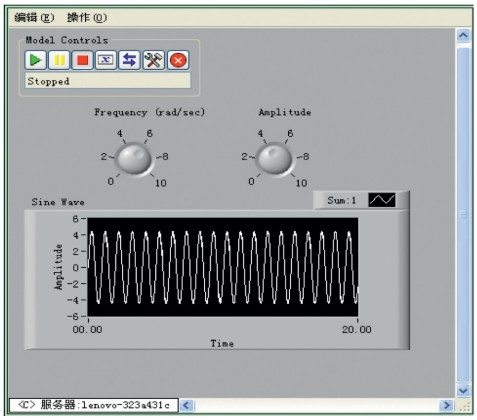
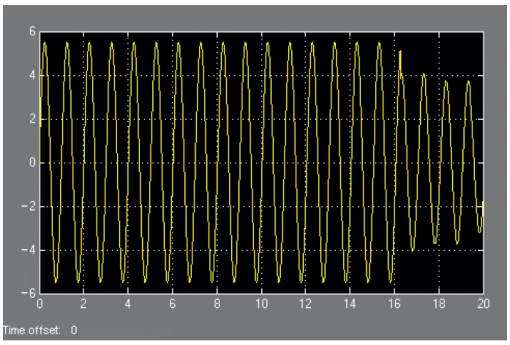


图5　远程访问界面

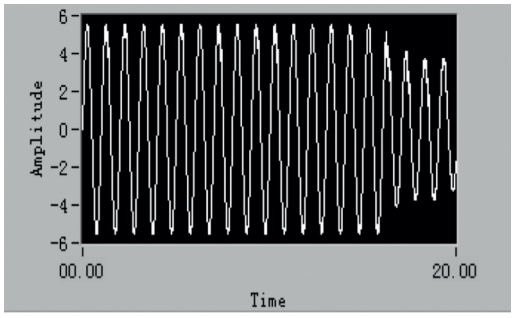
在浏览器远程访问界面中可以请求VI控制权，申请成功后即可对LabVIEW主界面进行远程操作；LabVIEW主界面在任意时刻都可将VI控制权收回并锁定控制，是远程VI只能显示而不能进行操作。

在仿真过程中改变正弦波形的幅值，Simulink、

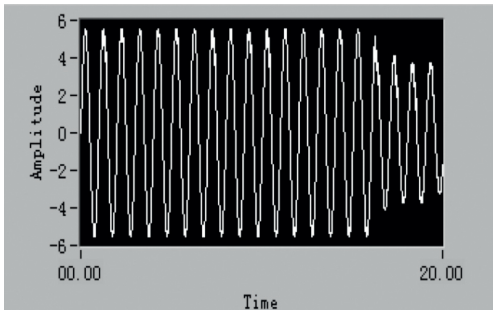
LabVIEW人机界面以及浏览器远程访问界面的输出波形如图6所示。



（a）Simulink仿真波形



（b）LabVIEW人机界面仿真波形



（c）Web浏览器仿真波形

图6　仿真波形对比

由图6可知，LabVIEW与Simulink能够实现仿真模型数据的实时传输，同时还能对Simulink模型的参数进行在线修改。LabVIEW人机界面通过Web服务器实现了界面之间的远程访问，控制具有实时性。

结束语

通过仿真验证，本文的设计方法能够较好地实现风电场仿真系统的功能，为风电场仿真系统后续的研究奠定了良好的基础。**EA**

（收稿日期：2015.06.05）

（编辑：杨得润）

（上接第91页）

控制功能，充分利用全站信息，避免设备重复投资；第二层为区域层，若干变电站构成一个区域，区域决策主站设置在其中的一个变电站，其他变电站作为区域执行单元，区域决策主站面向区域电网实现跨变电站的后备保护性能优化以及区域电网的稳定控制和供电恢复控制；第三层为广域层，即设置一个广域智能决策单元用于处理收集到的各区域主站上送的信息，面向广域的空间尺度实现紧急控制、大扰动控制和恢复控制。对于继电保护功能采用IED节点的分散布置方式，就地采集、分布计算、分布决策，提高了继电保护功能的可靠性，避免了通信负荷增大而可能产生的延时；对于安全自动控制功能采用IED节点的集中式布置方式，分为站域、区域、广域三个层级，层级之内以及层级之间建立通信联系，每个层级关注不同的问题、达成不同的保护控制目标。远期还应与调度监控系统之间形成交互（如广域控制主站与EMS，站域保护设备与变电站监控计算机或智能远动机），实现在线调整整定值，在线选择保护控制方案以及在线投退保护控制功能。基于上述方案的区域保护控制系统已在广州某区域电网投入了运行，目前该系统运行良好，显示出良好的工程实用性，并为以后向广域保护控制系统的扩展积累了经验。

结束语

广域继电保护系统利用多点信息，面向电网的系统级层面进行保护控制，将继电保护系统与安全自动控制装置相结合，是保障互联大电网安全与稳定的有效手段。随着我国电网互联趋势的发展，广域继电保护将具有越来越重大的意义。相信随着国家智能电网战略的推进，各项支持技术的升级，广域继电保护将会有越来越完备的工程化和实用化应用。**EA**

（收稿日期：2015.07.13）

（编辑：杨得润）