

# 基于 B/S 结构的分布式风电监控系统设计

肖东裕, 胡立坤, 吕智林, 李 捷

(广西大学 电气工程学院, 南宁 530004)

**摘要:**为解决风力发电系统分布不集中, 各品牌的风力发电系统的监控设备不统一的问题, 开发了一种基于 B/S 结构的风力发电监控系统; 系统采用三层 B/S 软件架构思想, 由客户端浏览器、Web 服务器端以及数据库服务器组成; 利用 ASP.NET 技术实现对风电现场的实时监控和利用小波神经网络实现对风机的故障诊断等功能; 该监控系统具备跨平台运行能力, 降低了监控系统对客户端的要求, 对不同风电现场具有整合监控能力, 同时该监控系统诊断功能能提高风机维护针对性, 有效的减少维护时间。

**关键词:** 风力发电; B/S 结构; ASP.NET; 小波神经网络; 故障诊断

## Design of Distributed Wind Power Monitoring System Based on B/S Structure

Xiao Dongyu, Hu Likun, Lyu Zhilin, Li Jie

(College of Electrical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

**Abstract:** In order to solve the dispersion of distribution and the monitoring equipments of different brands is not uniformed for the wind power generation system, this paper develops a monitoring system for wind power generation system based on B/S structure. Three-tier software framework needs to be adopted in this system, which is constituted by the client browser, web servers and database servers, while using ASP.NET technology to achieve the real-time monitoring for wind power system and using wavelet neural network to achieve fault diagnosis of wind turbine. The monitoring system includes a cross-platform capability, which reduces the monitoring system to the client's request, and the monitoring system has the integrated capabilities for different wind sites. Moreover, fans maintenance can be improved using the fault diagnosis function of the monitoring system, which reduces the maintenance time effectively.

**Keywords:** wind power; B/S structure; ASP.NET; wavelet neural network; fault diagnosis

## 0 引言

随着国家对绿色能源的进一步推广, 风力发电装机容量逐年攀升。全国各地正在建设或已经建设了由各式各样的分布式风力发电系统组成的风电场。但风力发电场一般都建设在人烟稀少, 野外空旷或者近海地区, 人力现场监控并不现实。

目前风电监控系统的结构模式大多为 C/S 模式, 该模式把大部分业务置于客户端处理, 加大了对客户端设备的要求, 不能跨平台运行, 具有一定的局限性<sup>[1]</sup>。且又由于每一种风力发电系统的机型以及控制系统均不一样, 都有一套独立的中央监控软硬件设备<sup>[2]</sup>。这就要求分布式风电监控系统具有对不同型号风电系统整合监控能力。同时, 风电系统作为一个复杂的系统会实时传回大量系统信息, 要求监控系统能利用先进智能的算法对海量数据进行处理的能力。因此本文设计了一种基于 B/S 结构带有智能故障诊断功能的风电实时监控系统的实现上述设计需求。

## 1 系统整体结构设计

分布式风力发电系统如图 1, 由前端风力传动部分、发电机、并网逆变器、各种传感器和嵌入式控制系统组成。系统主要监控发电机、并网逆变器这两个关键部分。通过发电现场监测到发电机组转速、发电机输出端电压电流、整流逆变器温度、整流逆变器输出端电压电流等数据对风力发电系统运行状态进行评估, 以便监控人员能够快速而正确对其做出决策。

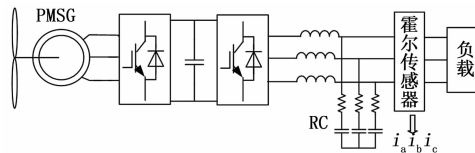


图 1 风力发电系统原理图

### 1.1 系统组成部署

设计的监控系统由客户端、服务器端（包含 Web 服务器和数据库服务器）以及现场数据采集端组成, 主要采用 C# 语言开发设计。具体结构图如图 2 所示, 系统采用 B/S 三层结构包括显示层、业务逻辑层、数据访问层。显示层是软件的用户界面, 该界面用于人机交互, 通过用户计算机浏览器显示界面。业务逻辑层主要用于分析和处理数据, 包含有一系列的逻辑组件负责处理显示层的请求并输出分析结果, 还有通过标准化通讯接口从数据层获取数据。数据访问层负责与发电现场通信并获取数据和向业务逻辑层 Web 应用提供数据。

系统的 B/S 三层架构能很好地匹配风电的高速扩张性,

收稿日期:2015-06-25; 修回日期:2015-09-07。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61364027)。

作者简介:肖东裕(1990-),男,广东湛江人,硕士研究生,主要从事能源监控与管理,系统优化方向的研究。

胡立坤(1977-),男,湖北襄阳人,教授,博士,硕士生导师,主要从事工业测控网络,非线性系统动力学与控制,可再生能源变换系统与应用方向的研究。

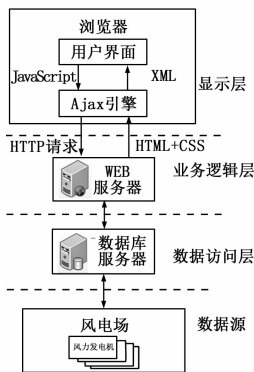


图 2 系统结构图

使新投产的风电机组只要能够连接 Web 服务器就能快速地添加入监控系统中。本监控系统只要求客户端的设备带有连接网络的浏览器，这样就满足了该监控系统在用户使用上的快速部署以及降低对客户端设备的要求。随着智能手机、掌上电脑的发展，很大一部分的移动设备也满足本系统的接入要求；使得该系统也满足移动办公灵活监控的需求。

还有风电系统在不间断的监控下需要存储大量的现场数据<sup>[3]</sup>。这样把数据存储任务放在服务器端的数据服务器避免了在客户端购买昂贵的数据存储设备，同时又减少了不必要的存储设备维护成本。并且此结构在云计算时代焕发了新的活力，即服务器存储容量越来越大，价格越来越便宜。

## 1.2 系统功能结构

系统功能分为面向客户和面向管理员两部分，各功能模块如图 3 所示。

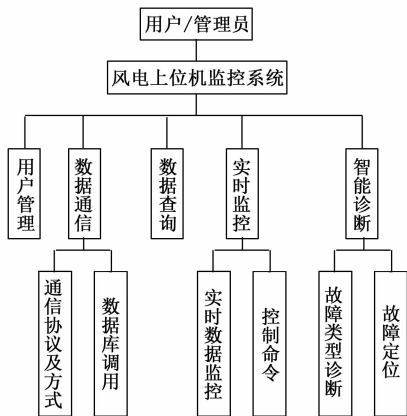


图 3 系统功能结构

其中面向用户的是风电监控系统的前台功能，主要包括有：

- 1) 用户管理功能：包括用户对账号的登陆、注册、修改、删除等。
- 2) 数据通信功能：用户可以选择通信监控的设备。
- 3) 数据查询和实时监控功能：实现对实时和历史监控信息进行查询和对现场系统发送简单的指令。
- 4) 智能诊断功能：让用户可以在系统异常的情况下进行快速诊断出风力发电机系统故障类型与故障位置，以便迅速做出处理。

而管理员除了具备用户所能使用的功能外，还负责后台的

用户权限管理以及网站的更新维护，网站的维护包括：根据客户需求修改监控界面，与风电现场的通信建立，数据库的维护。

## 1.3 通信和数据库

本节的通信指在风电场与数据服务器端的通信，其模式主要由风电场原来的网络通信协议或通信模块决定。风电发电现场以串口组网或通过网线以 TCP/IP 协议组网都可以通过系统管理员选择通信模式和修改通信参数后接入到本系统，以满足与不同的风电现场通信的需求。其中的通信参数主要指串口通信的串口号和波特率、TCP/IP 通信的 IP 地址和其端口号。

现场与数据服务器端通信成功后把数据存入数据库服务器以供用户调用。系统在数据库服务器端部署 SQL Server 2008，使用 ADO.NET 技术调用数据库。用户可以检索在监视时段内的任何数据来满足各种监控需求。此外数据库定期删除数据清理存储空间，以减少数据库服务器负担。

## 2 界面显示设计

界面显示主要以 Chart 图和表单显示，而 ASP.NET 提供了 Chart 和 Form 控件可以快速根据客户需求建设网站的数据显示模块。Chart 和 Form 控件可以绑定数据库中的数据，使其中电流，电压数据以动态的 Chart 图显示，其他如风机状态（运行、停运、故障等），风速、风向，累计发电量等状态数据以 Form 表以数字或文字的形式显示。各个实时监控量都设置有安全报警值。当实时监控量超过安全报警值时，系统将弹出报警框提醒用户。而且为确保警告传达给用户，警告框上设置确认功能，即用户没有确认警告框不会消失。

利用 ASP.NET AJAX 技术实现对网页中数据显示部分动态刷新，达到对监控对象状况的实时监控的同时，避免了不必要的重复刷新导致的网页部分占用资源和网页频繁出现的“白屏”现象，使得界面更可能友好。具体实现过程为在 ASP.NET 页面加入 ScriptManager 和 UpdatePanel 控件，再将需要动态更新数据的 Chart 或 Form 控件放入 UpdatePanel 控件即可实现。其中的 ScriptManager 控件用来处理页面上的所有组件以及页面局部更新，生成相关的客户端代理脚本以便能够在 JavaScript 中访问 Web 服务器，而 UpdatePanel 控件用以指定了局部更新的区域。

## 3 智能故障诊断

本节介绍系统中的智能故障诊断功能，它是基于人工神经网络的智能状态诊断，能够整合和处理传感器传回存储在数据库服务器中的数据以诊断出发电机系统故障状态，包括故障类型与故障位置。

具体如图 4 所示，用户可以根据需求向服务器提出对风电系统诊断请求，在数据库服务器端的风电系统运行数据会被输入 Web 服务器中训练好的神经网络模型中，经过计算后对用户返回诊断结果。再根据用户对该功能使用的反馈的诊断效果情况决定对训练的小波 BP 网络模型的更新。

该智能诊断功能主要应用小波 BP 诊断法，它以风电系统输出的三相相电流为输入，对系统的运行情况进行诊断分析，包括故障类型和故障位置。如图 1 当永磁同步发电系统的三相相电流通过霍尔传感器采集处理存入数据库服务器后，故障诊断功能将其从数据库服务器调用出来。具体运算过程如下图 5 所示三相相电流为了减少运算量先进行归一化，然后对它们小

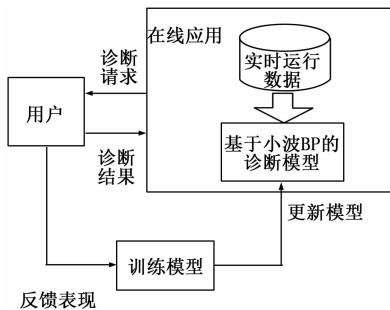


图 4 智能诊断示意图

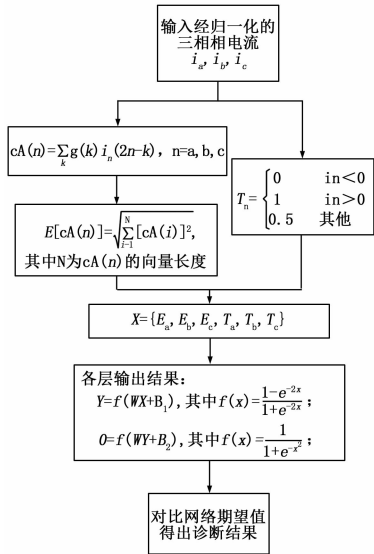


图 5 小波 BP 网络诊断流程图

波分解得到反映信号基本特征的低频系数  $cA$ ，在对低频系数提取小波低频能量值  $E_n$ ，在加入附加特征值  $T_n$  后输入利用 MATLAB 神经网络工具箱训练好的三层 BP 神经网络计算出输出值，在与训练时的期望值比对后得出诊断结果。

#### 4 系统测试分析

测试监控系统运行的 PC 机使用 Windows7 系统，利用 Microsoft Visual Studio 2013 内嵌的 ASP. NET Development Server 在 PC 端建立 ASP 网络开发服务器作为系统的 Web 服务器，利用 Microsoft SQL Server 2008 建立数据库服务器。

如图 6 浏览器在 3 秒内成功连接服务器监控，系统监控数据显示功能正常，点击诊断键进入故障诊断界面，在此之前输

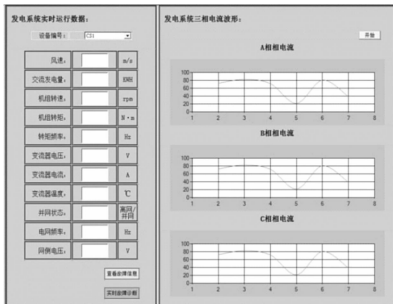


图 6 数据监测图

入一组由 MATLAB/Simulink 仿真的风电系统背靠背并网变流器三相逆变桥中 A 相上桥臂开关管  $T_1$  断路故障的三相电流数据到数据库服务器作为测试数据。在点击开始诊断键后，系统成功在 1 秒内响应并诊断出系统故障位置为逆变器 A 相上桥臂开关管  $T_1$ ，故障类型为断路故障，如图 7 所示。实验结果表明监控界面与小波 BP 诊断法符合 Web 服务器的运行环境的要求，并且有较快的响应速度，其在 B/S 结构的应用是现实可行的。



图 7 故障诊断应用的实现

#### 5 结束语

本文针对分布式风力发电系统目前面临的问题，设计了基于 B/S 结构的分布式风电监控系统，以此系统为平台实现对风电场中发电系统的远程监控。经实际运行表明，系统实现了数据通信功能、数据查询、实时监控和智能诊断功能。系统有利于服务器端与客户端的部署，减少了升级维护的工作量，而智能诊断功能的成功应用能让风机维护人员尽早地发现故障的位置与原因及时修复，减少风电系统由于故障而停机带来的一系列经济损失。另外，此风力发电监控系统为风/光/蓄/柴混合发电微网系统预留了有力的数据与接口支持与实验室中已完成的使用同一框架的光伏发电系统整合为一体，为让微电网得到安全、可靠的监控奠定了基础。

#### 参考文献：

- [1] 朱小峰. 基于以太网和  $\mu C/OS-II$  的微电网 WEB 监控系统的研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2013.
- [2] 孙屹刚. 风力发电技术及其 MATLAB 与 Bladed 仿真 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [3] Cao L, Luo J, Peng Y. B/S structure research of real-time process control and monitoring system based on AJAX [A]. Control and Automation (ICCA), 2010 8th IEEE International Conference on [C]. IEEE, 2010: 563-567.
- [4] Nguyen T H, Prinz A, Friis T, et al. A framework for data integration of offshore wind farms [J]. Renewable Energy, 2013, 60 (4): 150-161.
- [5] Freire N M A, Estima J O, Marques Cardoso A J. Open-Circuit Fault Diagnosis in PMSG Drives for Wind Turbine Applications [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2012, 60 (9): 3957-3967.
- [6] 张洪涛, 安 庆. 基于小波变换和神经网络的逆变电路故障诊断方法 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (6): 1273-1276.
- [7] 刘亚军. 基于小波分析和神经网络的电机故障诊断研究 [D]. 太原: 中北大学, 2009.