

区域性多风电场数据采集与远程集控系统^①

梁 涛^{②*} 孙天一^{③*} 姜 文^{**} 李永强^{**}

(* 河北工业大学人工智能与数据科学学院 天津 300130)

(** 河北建投能源投资股份有限公司 石家庄 050000)

摘 要 为了实现区域性多风电场集控中心对风机的统一运行维护与协调管理,设计了区域性多风电场数据采集与远程集中监控系统,该系统采用用于过程控制的对象连接与嵌入(OPC)技术对多个风电场中风电机组等设备数据进行采集,并完成 OPC 与 104 协议转换,借用电力调度数据网实现风电场数据到集控中心安全快速上传,实现对风电场的实时监控;突破风电机组传统意义上的风电机组信息无法与电力系统资源实现整合,不同风机厂家无法实现统一监控等关键技术,从真正意义上实现了风电场的优化运行,并为风电场节约了投资,实现了风电场效益的最大化。

关键词 风电场, 实时监控, 数据采集与监控(SCADA), 用于过程控制的对象连接与嵌入(OPC)

0 引 言

近年来,在全球能源危机和经济危机情况下,风能以其蕴藏巨大、可以再生、分布广泛、无污染等优势被大规模开发利用,我国乃至世界各国风力发电行业迅猛发展^[1,2],但同时也出现了一系列问题:在风电场扩建过程中,选用多厂家多机型的情况日益增多,不同风机厂家提供配套的监控系统和选用的协议与技术互不兼容,影响风电公司对其管辖区内风场的统一管理;同时风电场风机设备老化造成风机故障率增长,维修人力成本逐年增加,最终导致风机运行与维护成本大幅度提高。目前,对风机实时在线远程集中监控和基于大数据的远程故障诊断是解决上述问题的重要手段。这些都依赖于远程集控系统对风场数据信息的实时采集、全面监测与控制。随着“智能电网”概念的提出,如何将风电调度由被动接入转变为主动接纳,实现风电场智能化,优化风

电场运行,实现少人值守,甚至无人值班的高度自动化模式,成为各风电企业改革发展探索的主要方向。国外风电行业起步较早,实用化水平较高,大型风力发电公司如 Vestas、埃纳康、GE、歌美飒都开发了和自己公司相配套的数据采集与监控(supervisory control and data acquisition, SCADA)系统。如 Vestas 的 Vestas Online,能够完成最基本的数据采集、分析等基本功能,但通用性差,相互之间数据交换存在困难,也无法实现与电力系统资源的统一整合^[3,4]。为了改变此状况,很多公司均致力于第三方 SCADA 系统的研发,例如英国 Garrad Hassan 公司的 GH SCADA 系统、NS2000W(国电南瑞)等,除了具备基础功能外,还集成了风电场故障诊断、风电场安全控制等高级技术应用。相对而言,国内风电行业起步较晚,监控系统的开发较为落后,设计研发并实际投入运营的远程集中监控系统有限,并存在数据精准度不高、无法统一不同型号风机设备的运行状态等问题^[5,6]。因此,数据采集与传输仍然是

① 河北省科技计划(16214510D,17214304D)和石家庄科技局重点研发(181060481A)资助项目。

② 男,1975 年生,博士,教授;研究方向:新能源及其大数据分析; E-mail: liangtao@hebut.edu.cn

③ 通信作者, E-mail: 940901359@qq.com

(收稿日期:2018-03-31)

现场层(即风电场子站),安装有风电场综合通信管理终端,本系统中使用数据转发与规约转换软件对风机数据(风机、升压站集控系统信息、有功功率和无功电压控制、功率预测数据等)进行采集,并以此完成集控主站对风机设备的控制任务。本文主要涉及风电场中风电机组数据的采集,涉及到遥测、遥信等实时数据。

线路传输层主要是用来进行现场层和集控中心层的通信,使各种数据能够安全快速地从现场到达集控中心,这也是实现远程监控系统最基本的要求。本系统借用电力数据调度网,通过对数据加密的方式进行传输,涉及带宽为 $N \times 2M$,采用双通道互为备用的方式,有效地保证了数据的传输要求。

集控中心层主要实现对现场层各种设备数据的监控。集控中心主站包括功率预测子系统、能量综合管理子系统等多个功能模块,负责对接收到的风电场子站实时信息进行分析处理,将整个风电场群的功率预测结果以及实时和历史信息上传给电力调度中心 SCADA/EMS。集控中心侧负责对风电场设备进行集中集控、调度管理、生产管理、集中报警、风机故障预警,向调度端可靠通讯,上传调度端所需信息数据,并执行调度端下达的控制指令。系统以工业实时、历史数据库、SCADA 系统平台为基础,遵循

集约化、流程化、规范化、标准化理念,按照国内领先水平的区域化集中管理的思想进行方案设计,通过系统采集风电场设备的信息,完成对接入风电场的集中监视与控制。

1.3 系统通信标准

用于过程控制的对象连接与嵌入(object linking and embedding for process control, OPC)服务器和客户端的通信方式(见图 2)。OPC 技术提供的标准接口规范可以简单高效地实现不同系统间无缝连接^[9,10]。该技术采取客户端/服务器模式,两者之间的通信链接主要通过组件对象模型(component object model,COM)与分布式 COM(distributed component object model,DCOM)技术实现^[11-13]。COM 的核心就是接口的定义,只要接口不发生变化就可以自由更换组件,这使得 OPC 具有极强的可操作性。OPC 规范了接口函数,现场设备通过通信模块将数据传入 OPC 服务器,实现了系统的开放性,可以屏蔽不同厂家监控技术差异,解决了风电场种类繁多的风机信息获取问题,为工业信息数据的交换提供了极大的方便。

OPC 数据访问方式分为 3 种:同步读取、异步读取及订阅读取^[14]。同步读取指当 OPC 客户端发出读指令时,应用程序一直等待至读完为止;异步读

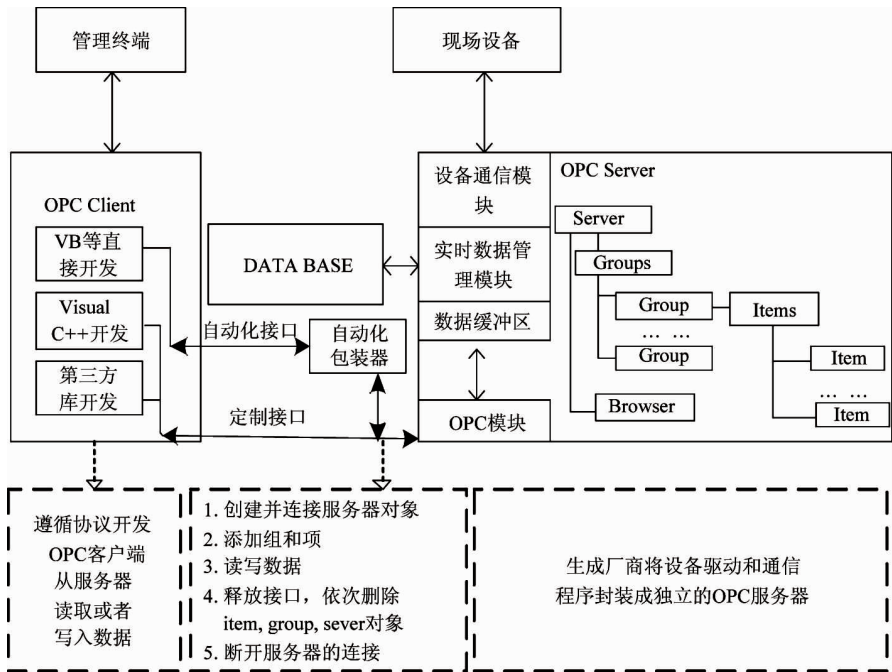


图 2 OPC 服务器和客户端通信方式

取指应用程序发出读指令时要求立即返回;订阅的方式指服务器定时检查数据变化,一旦数据变化超出规定幅度,立即更新数据缓冲器并通知客户端^[15]。当风电场采用 OPC 协议进行数据传输时,由于测量点数较多,风电机组及测风塔数据量巨大,且仅当数据发生变化时上传的数据才具备一定价值;然而由于风速等环境因素的影响,使得风电场数据变化并不遵循某种规律,故在风电场工程中采用订阅的方式最为合理。

2 风电场风机数据采集与转发

2.1 风电机组数据信息

本系统中,结合 OPC 的技术特点,将风电场所所有数据集中到 OPC 服务器内,封装成一个整体。由于数据量巨大,本文只列举了风电机组的部分遥测、遥控数据信息。如表 1、表 2 所示,风机遥测信息代表远方测量信息,往往又分为重要遥测、次要遥测、一般遥测和总加遥测等;将被监控厂站的主要参数量远距离传送给调度中心,包括厂站端变压器的有功和无功功率、母线电压和线路电流、风机设备各组成部件温度、压力和其他模拟信号测量值。遥信信息代表远方状态信号,将被监视厂站的设备状态信号远距离传给调度,例如开关位置信号、保护装置的动作信号、通讯设备的运行状态信号、装置主电源停电信号、事故总信号等。

表 1 遥测信息

遥测							
序号	名称	序号	名称	序号	名称	序号	名称
1	有功功率	17	1 s 内风偏差	33	机验温度	49	轴 3 控制柜温度
2	塔架偏转	18	叶片 2 角度实际值	34	发电机冷却空气温度	50	轴 3 电池柜温度
3	功率因数	19	叶片 3 角度实际值	35	主轴温度	51	轮毂温度
4	无功功率	20	叶片 1 角度设定值	36	齿轮箱高速轴温度	52	总电量
5	A_N 电压	21	叶片 2 角度设定值	37	风机不加热的风速	53	截止上月电量
6	B_N 电压	22	叶片 3 角度设定值	38	电网频率	54	截止上月系统正常时间
7	C_N 电压	23	n-1 设置 1	39	断路器开断次数	55	截止上月维护时间
8	A 相电流	24	n-1 设置 2	40	塔筒加速度	56	风机状态
9	B 相电流	25	风机扭矩设定值	41	液压站压力	57	截止上月运行时间
10	C 相电流	26	风机 10 s 内风偏差	42	主控柜温度	58	截止上月停机时间
11	发电机非驱动端转速	27	发电机绕组温度 1	43	顶控柜温度	59	年度可利用率
12	主轴转速	28	发电机绕组温度 2	44	轮毂中控柜温度	60	塔筒轴向振动
13	叶片 1 角度实际值	29	发电机前轴承温度	45	轴 1 控制柜温度	61	塔筒横向振动
14	风速	30	发电机后轴承温度	46	轴 1 电池柜温度	62	风机运行状态
15	机舱位置	31	齿轮箱油温	47	轴 2 控制柜温度	63	风机状态和故障
16	发电机驱动端转速	32	环境温度	48	轴 2 电池柜温度	64	风机状态颜色码

表 2 遥信信息

遥号							
序号	名称	序号	名称	序号	名称	序号	名称
1	风机程序启动 PLC	26	振动检测器故障	51	风机齿轮箱油温过低	76	变桨控制器故障汇集
2	风机无错误	27	偏航旋转方向错误	52	二级制动器的刹车片磨损	77	变桨超程 0 度
3	风机手动停止	28	液压泵时间太长	53	风机重启时间延时	78	风机变桨超程 90 度
4	风机系统正常	29	液压泵时间太短	54	风机多个超温开关关闭	79	发电机速度不合理
5	风机暴风停机	30	风机服务开关液压顶部机柜	55	齿轮箱滤油器较脏警告	80	发电机电源开关
6	电网过电压	31	液压油位过低	56	发电机低阶下齿轮箱热身运行	81	叶片 2 制动时间过长

(续表 2)

7	电网欠电压	32	齿轮箱油位过低	57	发电机冷却器超温	82	转子叶片 3 制动时间过长
8	不对称发电机电流	33	齿轮箱油位过低	58	风机齿轮箱轴承超温	83	转子叶片驱动器蓄电池充电
9	发电机超速	34	风机风标损坏	59	风机发电机过热 1	84	蓄电池充电电压故障
10	转子超速	35	风机风速计故障	60	发电机过热 2	85	蓄电池测试
11	转子侧速度探测器故障	36	转子脉冲传感器故障	61	风机顶部机柜的电机保护	86	0 度限位开关损坏
12	风机最大电机功率	37	发电机脉冲传感器故障	62	风机电机防护保险丝	87	90 度限位开关损坏
13	电缆向右缠绕	38	发电机与转子速度不成比例	63	发电机侧变频器电流故障	88	变桨电机温度警告
14	电缆向左缠绕	39	风机外部设备请求停止	64	发电机侧变频器电流故障	89	变桨电机过热
15	偏航驱动终端位置	40	风机振动开关	65	转子锁闭	90	变桨电机的电机保护
16	过功率峰值	41	偏航限位开关激活	66	塔筒谐振范围内的速度	91	发电机侧变频器的其他故障
17	主要制动时间太长	42	风机安全链断开	67	风机变频器的反馈信息	92	风机电网侧变频器的其他故障
18	主制动为降低速度	43	风机主开关释放	68	电网侧变频器电压故障	93	转子监控器脉冲传感器损坏
19	二级制动时间太长	44	齿轮箱油温超高	69	电网侧变频器电流故障	94	叶片角度不对称
20	风机二级制动未降低速度	45	发电机轴承 A 过热	70	电网侧变频器温度故障	95	叶片角度控制偏差
21	风机超时偏航转速计器	46	发电机轴承 B 过热	71	风机电网电压故障	96	由于无风导致风机停机
22	制动器未释放的二级制动器	47	齿轮箱油温过热	72	电网频率故障	97	风机负载关闭
23	紧急停止塔基	48	风机外部温度过低	73	紧急停止机舱或轮毂	98	发电机风扇服务开关
24	制动风机后的转速	49	风机轴承过热	74	风机变桨控制器通讯故障	99	变桨控制轴 2 故障
25	二级制动器测试	50	风机偏航电机过热	75	变桨控制器轴 1 故障	100	变桨控制轴 3 故障

2.2 风机数据传输过程

风电场需要采集的风电设备数据包括风电机组、升压站、箱变、电量计量、风功率预测及风机振动在线监测等,其中在风电场侧升压站、箱变、自动发电控制(automatic generation control, AGC)以及自动电压控制(automatic voltage control, AVC)的数据可通过远动装置进行采集,但采集数量有限,大约在 2 000 个点左右。风机采集的数据包括遥测量和遥信量近 10 万个,若使用远动进行采集,在经济效益方面很不划算,这就需要设计合理的采集方式。风电场内设备数据种类众多,数据量大,由不同厂家提供,若直接通过读取硬件设备驱动程序的方式进行读取,则需要安装超大的规约库,通过规约转换后读取数据。本系统中运用 C 语言编写风机数据转发平台软件,基于 OPC 标准与 OPC 服务器通信,集控主站将不需考虑适用所有不同厂家的规约,直接依据 OPC 协议完成数据读取。该数据转发软件具备数据采集、规约转换、数据转发三大功能。从风电场 OPC 服务器读取风机数据,并将读取的数据转换为 104 协议数据,通过纵向加密装置将数据进行加密后安全地送入电力数据调度网,当数据传送至集控中心时经过集控中心的加密装置进行解密后将数据传入集控中心的前置服务器,并同步至实时、历史数据库中,实现集控中心对数据的读取、数据监控及分

析。

采集过程如图 3 所示。采集步骤如下:(1)判断客户端是否与服务器连接成功;(2)规定采取订阅方式读取数据;(3)OPC 通道打开,上传 OPC 数据;(4)对服务器中的数据进行读取;(5)将读取的 OPC 数据转换为 104 协议数据;(6)通过纵向加密装置将数据进行加密送入电力数据调度网;(7)由电力数据调度网将数据传入集控中心的前置服务器,实现集控中心对数据的读取,同时将数据上传至实时数据库并通过界面显示出来。

2.2.1 客户端配置

当风电场中 OPC 服务器数据和远动装置数据都转换为 104 协议数据经由电力数据调度网上传数据到集控中心时,数据首先会被接收到前置服务器中。本系统中,集控中心的前置机作为接收数据的客户端,需要对连接通道、端口、客户端地址等进行配置,为数据采集做准备。

rtuitem useflag 置 1 说明此通道打开;listenport 为端口号,只有此端口号与接收数据的主站保持一致,才可以进行数据的传输;rtuaddr 为 RTU 地址,需要和集控中系统对应才可以进行数据的传输;后面依次规定了所采集数据的遥测、遥信、遥控的最大个数,这些都可以通过程序进行更改。ip0、ip1、ip2、ip3 可以使 4 个客户端对服务器进行数据采集。cycle

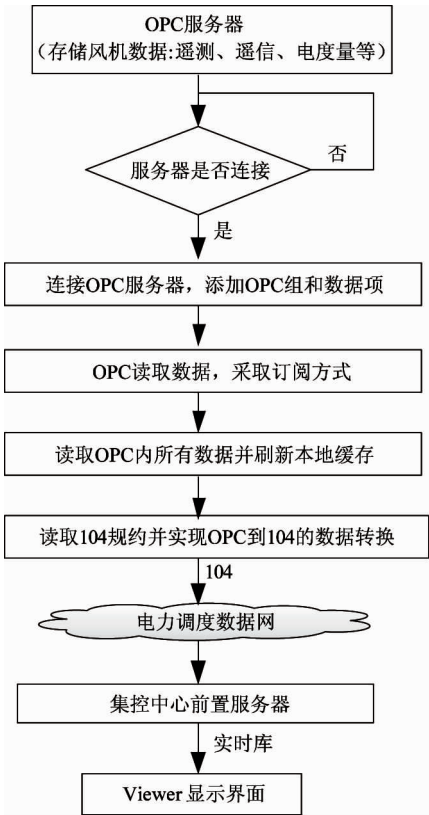


图 3 OPC 系统数据采集流程

为刷新时间,在此设置的是每隔 10 s 进行一次刷新。客户端的扩展性标识语言(extensible markup language, XML)配置如下:

```
<? xml version = "1.0" encoding = "gb2312"
standalone = "yes" ? >
<config>
  <rtupara>
    <rtuitem useflag = "1" listenport = "2404"
rtuaddr = "1" ycnum = "1100" yxnum = "2200" yk-
num = "400" cycle = "10" ip0 = 192. 168. 1. 127
" ip1 = "ip2 = "ip3 = "/>
```

2.2.2 服务端配置

完成客户端设置后,如需实现客户端和服务器的连接,需要配置好 OPC 服务器的相关信息,包括所连接 OPC 服务器的 IP 和服务器的名称,以实现和 OPC 服务器的连接。服务端的 XML 配置如下:

```
</rtupara>
<opcserver ip = "192. 168. 1. 110" opcserver-
```

```
name = "Matrikon. OPC. Simulation. 1" >
```

2.2.3 风机点表配置

OPC 客户端读取 OPC 服务器中的数据时, OPC 客户端需要与 OPC 服务器中风电场待转发的数据点表相对应,为读取与转发数据做准备。配置过程如下:item opcitem 表示的是采集遥测量、遥信量名称,rtuno 表示的是风场中数据上传所对应通道,当出现多个 opcserver 的地址时,所对应的 rtuno 都是同一个值时,那么它所表示的含义是这些数据都通过同一通道进行数据上传。ycno、yxno 表示的是遥测、遥信点号,当 rtuno 一致时,点号一般是按照顺序往下排;当 rtuno 产生变化时点号值可以进行重新的排列。风机遥信和遥测点表的 XML 配置如下:

```
<yx describe = "对应关系项">

  <item opcitem = "lj. _a1 _000Bh" rtuno = "0"
ycno = "0" scale = "1" />
  <item opcitem = "lj. _a1 _001Bh" rtuno = "0"
ycno = "1" scale = "1" />
  <item opcitem = "lj. _a1 _002Bh" rtuno = "0"
ycno = "2" scale = "1" />
  ...
<yc describe = "对应关系项">
  <item opcitem = "lj. _a1 _000P" rtuno = "0"
ycno = "0" scale = "1" />
  <item opcitem = "lj. _a1 _001Yc" rtuno = "0"
ycno = "1" scale = "1" />
  <item opcitem = "lj. _a1 _002Cs" rtuno = "0"
ycno = "2" scale = "1" />
  ...
```

2.3 数据采集过程监控

启动数据采集进程,快速读取风机数据并转换为 104 协议数据。通过 OPC 的监控界面可以显示出获取数据的过程。本软件的编写实现了利用 OPC 技术对不同风电场、不同风机厂家、不同型号的风电机组数据的采集过程的监控,如图 4 所示, OPC 界面显示转发的风机数据项以及当前值;规约界面显示规约转换进程中产生的报文。

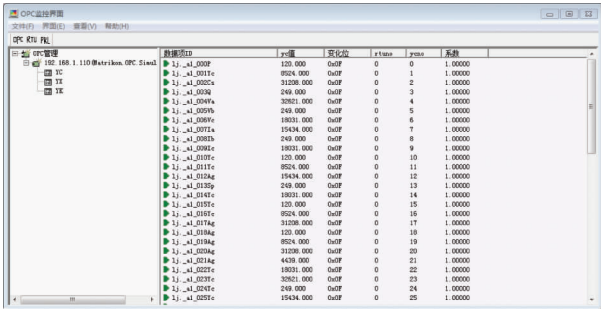


图 4 数据采集监视界面

3 风电场数据集中监控的实现

集控主站前置服务器与风电场子站数据采集及转发设备进行通信,风机采集的数据首先被上传至监控系统的前置服务器中,实现对风机数据的读取。前置机是调度自动化系统与电力系统的直接接口,承接 RTU 上行数据提供给系统的实时数据库,解释规约并组织下行数据实现对远方站的调控功能,校准厂站和后台时钟,实现主备通道及主备前置机的自动切换,统计通道误码率、监测遥测及遥信实时数据、向调度系统进行数据转发。在监控系统中需要配置 RTU、通道地址,以实现数据的上传。图 5 为通道运行状态下,风机数据传输报文显示。一旦出现通道停止运行或者数据传输错误或故障,将会在通讯报文中立刻显现,工作人员可立刻进行检查维护,从而能够保证数据采集与传输的实效性与可靠性。本文中设计系统结合实际工程项目数据经过了试验验证,监控系统接收到数据与风场实际发送数据进行对比,其可靠性得到了保证。



图 5 通讯报文

风电场 SCADA 监控中心实时数据库将接收前置服务器上传的数据,完成监控中心的数据采集,并通过将数据实时地显示在监控界面,实现集控中心

对风电场的风电机组和测风塔等设备运行情况的掌握,根据界面显示实时掌握风电机组运行情况,对风电机组进行启停操作。同时将数据传送至关系数据库和历史数据库,实现数据关联以及历史存储。系统中完成的实时数据上传如图 6 所示。可根据需要查看不同风场不同风机设备的实时遥测、遥信等数据。图 7 是单个风机的监控画面,主要用于显示风机运行数据以及电网的相关数据,同时可以看到个别数据的运行曲线,以及风机故障的告警提示。监控界面可以帮助工作人员更加简便、直观地观察风机的运行状况,并根据数据曲线分析判断故障原因,为风机维修工作提供重要的依据以及帮助。

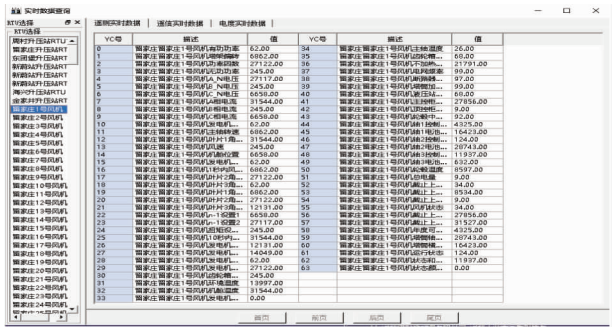


图 6 实时数据接收画面

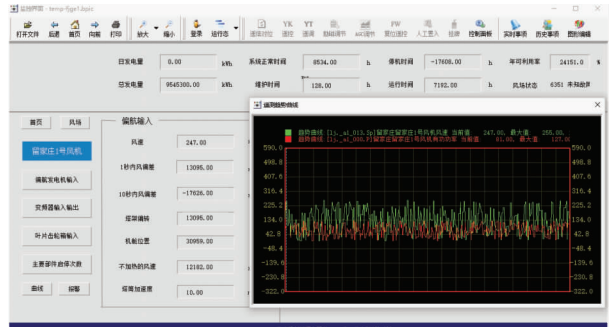


图 7 风机监控图

以上过程实现了数据的采集传输和在界面中的实时显示,为该系统设计方案提供了可靠的可行性依据,成功地实现了对风电场数据的采集并与集控中心之间的通信,为实现风电机组集群管理及运行优化打下了坚实的基础。

4 结 论

风电场规模不断扩大以及风力发电技术快速发

展的同时,也伴随着多种风机运行维护问题的出现。通过建立的风场数据采集与远程集中监控系统,运用 OPC 技术实现了对风电场数据的统一采集,解决了不同设备厂家不同监控系统间“信息孤岛”问题,并实现了远程集中监视与控制、科学调度与管理、信息集成共享、逐步实现智能化区域管理的管理模式,规范了风场的日常事务管理,提高了人员的利用率以及管理效率。将电站管理逐步向集中数字化、集中控制模式转变,有效整合资源,实现了对多个风场设备运行的管控一体化。本系统的研究与设计对风电产业的发展具有重要意义。

参考文献

[1] 张明峰,邓凯,陈波,等. 中国风电产业现状与发展[J]. 机电工程,2010,27(1):1-3

[2] 任东明.“十三五”可再生能源发展展望[J]. 科技导报,2016,34(1):133-138

[3] 杨文华. 风电场监控系统现状和发展趋势综述[J]. 宁夏电力,2011(4): 51-56

[4] 王涛. 数据共享与数据集交换系统的设计与实现[D]. 大连:大连理工大学软件工程学院,2015. 7-8

[5] 谢菲. 大爬山风电场远程集中监控系统研究与设计[D]. 北京:华北电力大学电气与电子工程学院,2016. 2-5

[6] 梁涛,袁正彬,梅春晓,等. 风电场群远程集中监控系统设计及智能化管理[J]. 自动化与仪表,2015,12(11)50-53

[7] 许昌,杨建川,李辰奇,等. 复杂地形风电场微观选址优化[J]. 中国电机工程学报,2013,33(31):58-64

[8] 万黎升,曹洋,闫照云. 风电场群远程集中监控与生产管理系统设计[J]. 江西电力,2016,18(6):13-17

[9] 王立苹. 基于 OPC 标准的数据存取客户端应用开发[J]. 机床与液压,2015,43(4):171-173

[10] 王帅,郭安,张腾飞,等. 基于 OPC 技术实现西门子数控系统的数据采集[J]. 组合机床与自动化加工技术,2016(4):69-71

[11] 何斌,周华民,毛霆,等. 基于 OPC 的注塑机群数据采集系统设计[J]. 自动化技术与应用,2016,35(3):119-124

[12] 孙淳. 基于 OPC 技术的组态软件与 SQL Server 数据库的通信研究[J]. 实验技术与管理,2012,29(5):143-146

[13] 富宽,张弢甲,刘胜楠,等. 基于 OPC 标准的实时数据库客户端实现[J]. 信息通信,2016(8):188-190

[14] 牛硕丰,任惠,孔屹刚,等. 基于 IEC 61400-25 标准的风电场通信映射方式[J]. 华东电力,2011,39(7):1066-1072

[15] 黄锦花. 核电站激励式仿真系统 OPC 通讯软件的开发[D]. 北京:华北电力大学控制与计算机工程学院,2013. 20-35

Design of a data collection and remote centralized monitoring system for regional multi-wind farms

Liang Tao *, Sun Tianyi *, Jiang Wen **, Li Yongqiang **

(* College of Artificial Intelligence and Data Science, Hebei University of Technology, Tianjin 300130)

(** Jointo Energy Investment Co. Ltd. Hebei, Shijiazhuang 050000)

Abstract

To make a regional centralized multi-wind farm control center realize its wind turbine generators’ unified operation and maintenance as well as coordinated management, a data collection and remote centralized monitoring system for regional multi-wind farms is designed. The system uses the object linking and embedding for process control (OPC) technology to collect wind turbines data of a wind farm, and converts OPC protocol data to 104 protocol data. The data of a wind farm is uploaded quickly and safely to the control center by the electric power dispatching data network, so the real-time monitoring of the wind farm is realized. It solves some key technologies. For example, it breaks the traditional concept of a wind turbine unit that the wind turbine information can not be integrated with the power system resources, and different fan manufacturers can not achieve unified monitoring and so on. It achieves the optimal operation of the wind farm in a real sense. And at the same time, it saves the investment and makes the maximum benefit of wind farms.

Key words: wind farm, real-time monitoring, supervisory control and data acquisition (SCADA), object linking and embedding for process control (OPC)