

[发电机组]

通过发电机组状态监测实现海上油田电网安全经济运行

文/中海石油（中国）有限公司蓬勃作业公司 程晓阳

针对发电机组各项参数数据自动连续采集，进行实时监控，同时将发电机组一些关键性能指标植入系统中，通过故障诊断分析当前运行模式下各个发电机组的状态，可准确掌握设备状态，系统给出合理的运行方式和维修策略建议，现场人员结合实际，及时进行处理，从而减少大型发电机故障跳车的概率，实现海上油田电力系统安全经济运行。

大型化、高速化、自动化和智能化的发电机组在海上油气田电力系统中应用越来越广泛，而油田发电机组与生产过程紧密相连，若发电机组出现任何问题或故障，轻则影响生产效率，重则导致生产中断，引起重大经济损失，甚至会出现恶性生产事故，危及财产安全，造成极其严重的后果。通过状态监测与故障诊断可以对设备出现的故障进行早期预警，在故障的早期及时发现潜在故障，从而采取相应措施进行缓解或及时采取必要的维护保养，改善设备的运行状态，在设备出现严重故障之前进行预警、维护和维修，因此可以有效避免设备事故的发生，减少事故的危害程度。

某海上油田是由8台发电机组组成的一个电网，总装机容量200 MW，日常正常运行时负荷100 MW左右，基本需要5台机组并网运行，热备容量在30 MW左右，其他机组轮流倒运检修。整个油田电网是否可靠，基本都取决于机组的可靠性，任何机组故障跳车，都会对电网造成不小的冲击，严重时会导致电网解列，全油田生产关停，造成严重的经济损失，在严控桶油成本和产量需求增加的背景下，对电网的安全经济运行意义显得日益重要，所以基于状态监测分析的系统

化诊断分析和经济运行管理的系统被引用到油田电网运行管理中。

发电机组状态监测系统

1. 当前状况

现场的发电机组都已经加装振动检测探头和配置BN3500或BN1701系统保护应装置、温度探头和铁屑探头等检测装置，但这些监测保护系统仅仅实现了上位机的就地显示和报警关断，未涉及故障分析诊断。

2. 实施范围

为了避免机组故障跳车造成电网波动，充分利用现有的检测和保护装置，加以改造升级，配上专业的故障分析和诊断系统，可以实现该油田发电机在线检测诊断，对发电机组进行故障预警，及时实施缓解措施和进行预防性维修，避免故障跳车和提高电网的可靠性。具体实施机组如下表所示。

表 实施状态监测机组清单

设施名称	发电机组名称	设备类型	数量
生产单元1	GE汽轮发电机A/B	大型汽轮机组	2
生产单元2	GE汽轮发电机A/B	大型汽轮机组	2
生产单元3	SOLAR汽轮发电机	大型汽轮机组	1
生产单元4	汽轮A/B/C	大型汽轮机组	3

3. 系统结构

按照流行做法的系统进行分层设计,即分为现场数据采集仪表、现场数据处理和保护、现场服务器与防火墙和远程工程师专家诊断系统4个层级。如图1所示。

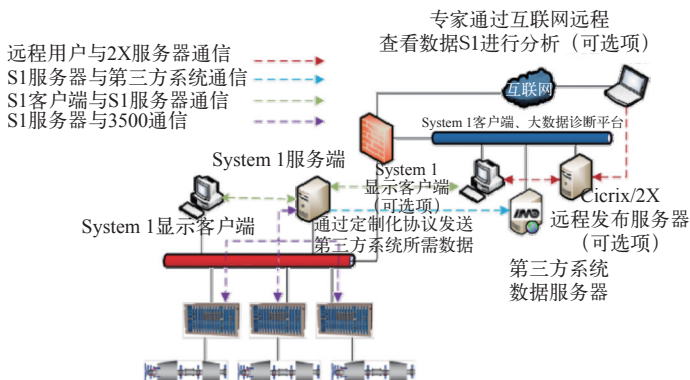


图1 系统基本架构图

4. 硬件构成

海上4个生产单元汽轮发电机组BN3500/1701监测模块中增加或升级相应的通信卡件,直接通过网线将数据发送至平台局域网。由于生产单元1有和陆地联络的基站和相关网络,所以将生产单元1状态监测的现场服务器部署在生产单元1的设备间,通过局域网,所有数据发送至服务器进行监测和存储。同时,服务器处理后的数据从陆地远程登录浏览,进行远程监测诊断。

(1) 现场服务器

现场服务器采用DELL公司生产的机架式服务器,16核2.8 GB处理器,64 GB内存,2.4 TB硬盘,RAID5,Windows server 2016 64位英文标准版,服务器装配专业诊断分析处理软件。

(2) 网络传输设备

网络传输系统由光纤网络交换机、光电转换器、光纤、网络传输线路和微波系统,实现现场数据和陆地数据的传输。

(3) 生产单元1汽轮发电机组振动信号采集与通信

将本特利3500框架表中原有3500/20 TDI卡件升级替换为3500/22 TDI卡件,与M系列监测器(3500/40M、3500/42M等)配合使用,并通过以太网将数据传送到主计算机软件。3500框架表如图2所示。

(4) 生产单元3汽轮发电机组振动信号采集与通信

生产单元3平台Solar汽轮发电机组原有本

特利FiledMonior 1701监测模块对机组振动进行数据采集和保护,利用1701/22卡件进行数据传送功能,通过以太网将数据接入到油田局域网,进而传送至System 1服务器。其中1701模块共计3套,其中2套位于汽轮驱动机一侧,另有1套位于发电机一侧。如图3所示。



图2 现场硬件照片

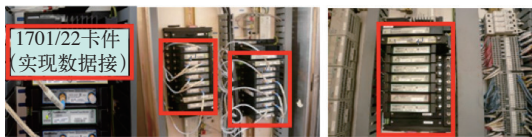


图3 现场硬件与接线

在生产单元3平台配备2台专用监控工作站,对汽轮机组数据进行监测和查看,一台放在中控,以便实时监测索拉振动数据,另一台可以在solar MCC间或者索拉EB辅机盘,或者维修办公室使用,便于数据监测,同时在Tcom Lan交换机处新增一台交换机,方便监控工作站数据接入。

(5) 生产单元4汽轮发电机组振动信号采集与通信

生产单元4有3台汽轮发电机,3台机组均自带本特利3500监测系统对机组振动进行监控,在原有系统上新增3500/22 TDI卡件,TDI运行在3500框架的RIM插槽中,与M系列监测器(3500/40M、3500/42M等)配合使用,并通过以太网将数据传送到主计算机软件。

在生产单元4配备1台专用监控工作站,对汽轮机组数据进行监测和查看,具体位置可选择汽轮控制室或中控。

(6) 生产单元2汽轮发电机组振动信号采集与通信

将本特利3500框架表中原有3500/20 TDI卡件升级替换为3500/22 TDI卡件,与M系列监测器(3500/40M、3500/42M等)配合使用,并通过以太网将数据传送到主计算机软件。

5. 网络架构

通过在BN3500框架中加装3500/22M瞬态数据接口(TDI)模块,将BN3500系统采集的振动数据传输至一台部署有本特利System1 Evolution监测诊断平台的服务器,实现数据存储、故障预警与

远程诊断，具体架构示意如图4所示。

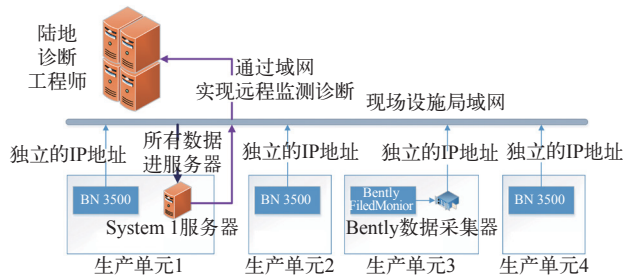


图4 系统网络机构图

6. 软件组成

System 1 Evolution是GE本特利内华达的最新状态监测和故障诊断智能软件平台。System1 Evolution作为本次状态监测故障分析的主要软件，结合实际开发一些适合本油田电网的安全经济运行的管理软件。

7. 系统功能

(1) 数据采集

系统通过本特利现场速度探头、加速度探头、位移探头、温度探头和发电机转速传感器，对汽轮发电机组轴承振动数据、各节点温度、原动机和发电机实际转速进行采集；另外还通过现场已有的控制系统收集汽轮发电机组各种状态参数，例如：环境温度、汽轮机组的效率、各个机构的实际状态、发电机输出电压、电流和功率等数据。

(2) 在线监测

汽轮机组本特利3500数据采集模块，将轴承位置已安装振动传感器数据收集转换成数字信号，并通过通信卡件与服务器进行通信连接，将数据传至后台监测和诊断系统。现场操作人员可以直接登录现场服务器，观察设备各测点的振动总值和振动趋势，浏览所有设备的数据。

(3) 在线诊断

利用现场采集的各类数据，建立完备的现场数据库，并通过专门的工程师专家诊断系统，将各类数据以趋势图、极坐标图、波形图、频谱图、轴心轨迹图、全频瀑布图、轴心位置图、伯德图和级联图方式显示，供现场人员和专业工程师参考和分析，同时系统根据预设好的专家诊断系统数据，对现场实际数据进行比较和分析，诊断分析汽轮机组各类机械故障，如不平衡（渐变/突变）、不对中（内部安装/标高/膨胀等不同因素）、流体激振（油膜涡动/油膜振荡/旋转失速/喘振等）、碰摩（各种因素诱发引起）、跳动（机械/电气/热

弯）、裂纹、齿轮故障（磨损/断齿等）、电动机故障（偏心/绕组短路/松动等）、轴瓦本身的安装问题（间隙/紧力等）和静电释放等，另外，由于System1与3500共享信息，各种仪表故障也能及时发现和诊断。

现场操作人员可以通过客户端软件或远程访问，观察设备各测点的振动总值和振动趋势，根据设备状态采取相应的措施，避免设备出现严重故障；其他用户以及陆地专业诊断人员也可以通过客户端软件到System1服务器，进行数据浏览和远程故障分析诊断。诊断和分析如图5所示。

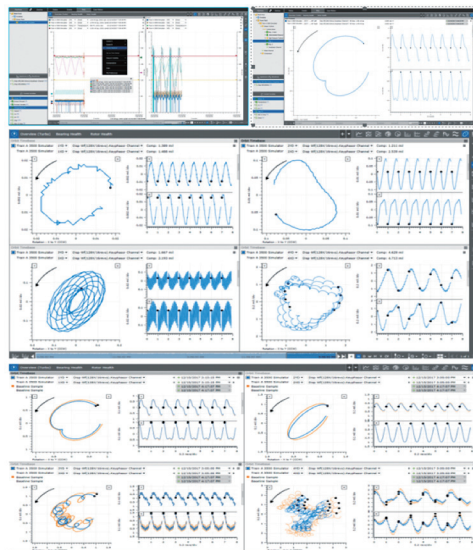


图5 关键数据故障诊断和分析

(4) 数据存储和显示

每个过程测点的高分辨率数据被连续高速缓存在报警缓冲器中。存储在报警缓冲器中的存储数据将由某个定义的报警触发。过程测点也可以被分组，从而在组内某个测点发生报警状态时可以按组采集测点的高分辨率数据。报警数据的采集和存档改进了故障诊断和根本原因分析功能。存储趋势数据和存储报警数据的历史数据库空间相互独立。

1) 实时数据如图6所示。

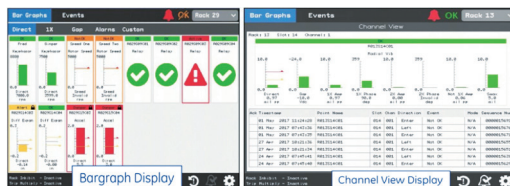


图6 实时数据显示

2) 历史数据。历史数据趋势显示是System 1 Evo的诊断功能之一。任何数据库中的数据都可以

进行显示,与其他过程参数进行比较和趋势图显示。System 1 Evo可采用拖拽操作方式进行趋势图组态,简化了浏览查询过程和数据相关性的查找。当查看图谱时,用户只需要在设备树上找目标测量值,将其拖至趋势图上。测点将自动被组态并与其他参数一起在趋势图上显示。System 1 Evo趋势显示和存储不仅仅包括静态数据,还包括波形频谱数据,报警数据和起停机数据。

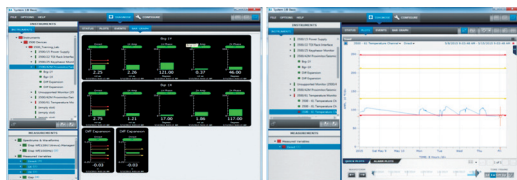


图7 历史数据显示

(5) 图谱与报告

System 1 Evo 提供多种形式的图形显示和分析功能,如图8所示,允许用户对运行资产进行运行状态评估。用户可利用图谱生成特定设备的历史图形。这些信息还可以进行存储以备日后进行查询或利用Microsoft Word或其他第三方应用生成报告。

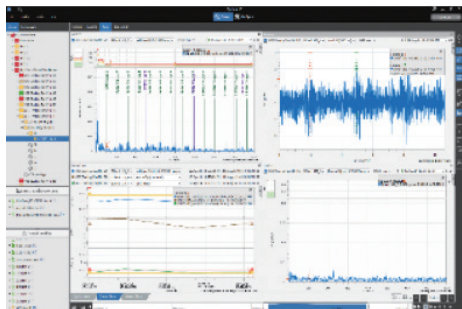


图8 部分显示图形

(6) 报警与系统事件管理

System 1 Evo可以为每个过程测点组态多个报警,包括上限报警设置点,下限报警设置点以及区间内外报警等,如图9所示。还可为所组态的每个报警选择一个严重级别。

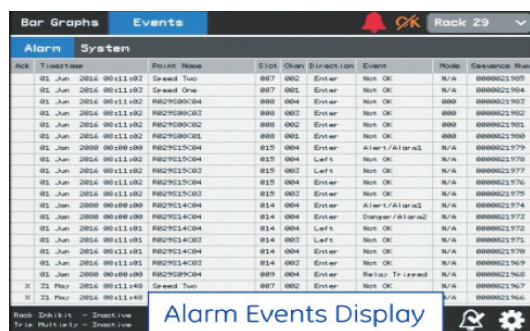


图9 报警界面

(7) 汽轮机组效率管理

汽轮机组的效率与环境温度、机组实际工况和实际输出功率是一定的函数关系,对应的函数为

$$\eta = f(t_1, t_2, k, P)$$

式中, η 为汽轮机组的整体效率; t_1 为汽轮机组空气吸入口温度; t_2 为汽轮机组现场环境温度; k 为汽轮机组工况系数; P 为汽轮机组输出功率。

汽轮机组本体控制系统,按照上面的函数进行实时计算,给出机组当前最大出功能力,通过以太网把汽轮机组计算出汽轮机组效率读到诊断分析系统,结合当前电网运行模式和各发电机组实际状态,向现场运维人员提出新运行和维修计划,包括电网的运行方式、哪些机组上网运行、各机组上网运行时输出功率、哪些机组下线维修或备机。通过整体考虑,不仅可以避免机组故障跳车而引发的一系列问题,而且还可以保证机组在最经济模式下运行,节约燃气或燃油的消耗,从而降低生产成本的目的。

实际效果

该项目于2016年安装调试投入运行,经过持续更新优化,成效日益凸显出来,机组故障跳车次数和引发油田关停次数明显减少,详情如图10所示,经过2017和2018年初步统计分析,发同等电量燃气消耗量2018全年较2017全年降低1.22%,总体达到了油田发电机组安全经济运行。

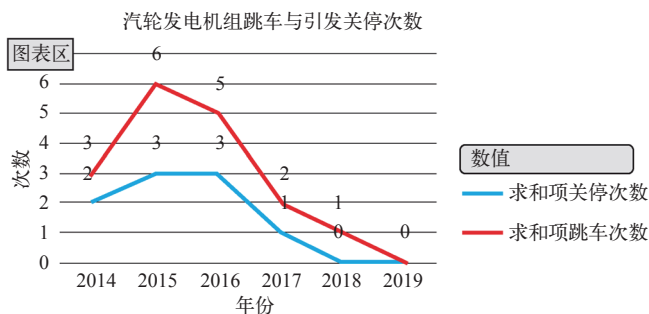


图10 机组跳车和引发关停走势图

结束语

本次实施汽轮发电机组状态监测和故障诊断系统,主要是想解决油田电网稳定性能,降低能耗等因素出发,从系统设计开始就充分考虑了各种需求,克服实际种种困难,经过持续不断优化,逐步实现设计目标。本文提出的一些拙见供大家参考,不足之处也望得到批评指正。EA

(收稿日期: 2019.04.03)

(编辑: 朱金凤)