

火电机组运行分析与专家支持系统

周原冰 刘国 (山东电力科学研究院 250021)

摘要:介绍了笔者所在课题组针对大中型火力发电机组开发的在线运行分析与专家支持系统,结合应用实例,阐述了该系统的开发背景、结构、功能、技术特点和推广应用情况。

关键词:火电机组 运行 经济分析 异常诊断 操作指导 专家系统

一、系统的结构与组成

1. 系统的硬件结构

运行分析与专家支持系统,主要包括 Sun 工作站、大屏幕显示器、操作员专用键盘及彩色打印机各一台,其中大屏幕显示器放在主控室,工作站位于机房内,通过高速串口或局域网与外部通信设备(数据采集系统、振动监测系统)相连,以获取现场实时数据,同时也把有关数据信息送往电厂生产管理网和远程监测诊断中心,其结构如图 1 所示:

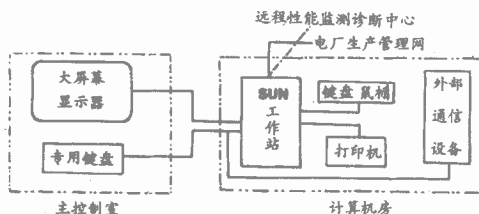


图 1 系统的硬件结构框图

2. 系统软件的构成

运行分析与专家支持系统的软件主要由操作系统、中文窗口支撑环境、C 语言编译系统和应用软件几大部分组成,考虑到对操作系统稳定可靠性和实时性等方面的要求,本系统选用了 UNIX 操作系统家族中的 Solaris 2.x 分布式实时多任务操作系统,版本是 Sun OS 5.2,并配备了华胜计算机公司的 CLEEX 中文支撑系统编译软件环境,采用 C3.0.1,编译器遵从 ANSI X3.19-1989 标准和相应的 ISO9899 标准。应用软件是本系统的核心,全部采用 C 语言编译而成,根据不同的功能要求又分为六大程序模块。应用软件的简化结构如图 2

所示:

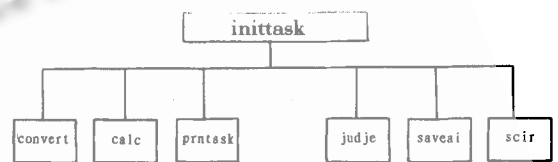


图 2 应用软件的简化结构框图

·初始化模块:读点主文件将系统所需要的公共数据结构及所需要的信息初始化到公共数据区。此任务是所有任务运行的基础。

·通信与预处理模块:负责与外部数据源通信及参数测点的有效性判断等任务

·计算模块分两大部分:(1)快速计算主要包括数据的基准值,重要参数的变化量、变化率、波动量、最值、差值计算,设备的特征数值或性能系数等。(2)管理计算包括 A:机组主辅设备的性能指标,如锅炉效率、汽机效率、高中低压缸内效率、辅机电率等。B:运行目标工况的计算,包括最佳运行方式,能够达到的最佳运行参数和性能指标。C:运行能损分析,包括所有可控与不可控项目的运行偏差定量分析。

·打印管理模块:定时进行班报、日报、月报的存储,接受键盘召唤打印报表,管理屏幕拷贝。

·异常预报及诊断和指导模块:(1)带解析异常故障诊断及指导。(2)无解析异常故障报警提示。

·历史数据存储模块:存储 24 小时间隔 10 秒的模拟量历史数据,存储重要运行特性数据 1 年间隔 1 小时的历史数据。

·人机交互模块:包括键盘及屏幕操作显示任务。

二、系统的主要功能

数据通信:实现本系统与数据采集监测系统、电厂生产管理信息网以及省局远程性能监测诊断中心之间的数据传输。

外部参数输入:可通过电厂生产管理信息网或操作员专用键盘获得系统需要的非在线数据,如煤质特性数据,煤价,飞灰及炉渣可燃物等。

安全监测:可通过趋势、一览、成组、流程图等形式显示各种实时数据和历史数据。同时还可显示主要参数的变化量、变化率、波动量、重要特征量(蒸汽过热度、加热器端差温升、凝汽器传热系数、清洁度、计算出的循环水流量等)等内容。

运行经济性分析与实时操作指导:提供实时的技术经济指标和其他综合参数,以指导运行人员调整运行方式,优化操作,达到减少能量损失,提高运行效益的目的,主要包括煤耗、热耗、厂用电率、机炉效率、发供电燃料成本、辅机的性能系数、电耗等指标。同时对包括汽温、汽压、给水温度、真空、排烟温度、飞灰可燃物、过剩氧量、煤质、汽水损失、给水调门差压、加热器上下端差、疏水泵停运、加热器停运、制粉系统电耗等项目进行实时的偏差计算和定量分析,找出各种损失产生的地点原因,并准确地确定出各个偏差因素对运行指标的影响程度。在CRT上以直观的棒型图显示每个监控项目的运行实际值、目标值、偏差量及它对供电煤耗的影响,帮助指明提高经济性到所能达到的最佳水平的可行途径,并让运行和管理人员能在此及时地看到操作调整的效果(以煤量和人民币形式表示)。

参数真实性诊断与报警:根据各过程参数自身的发展变化规律、相互之间的内在关系和目标参数库中的基准数据来核对实际参数,当实际值超过了预定的以基准数据为中心的可能分布范围或发展变化失常(如温度、氧量的突变等),即认为数据采集与传输的某个环节出现了错误或异常,随即用基准数据代替实际值放入实时数据库中,连判几次后如果该点恢复正常则将实际值重新放入实时数据库中,如果仍然异常则发出报警,提示运行维护人员确认和处理。

运行最优化:实时确定汽轮机定滑压运行方式;确定最佳运行参数;确定各工况合适的润滑油温度,合适的煤粉细度,合理的循环水泵运行方式等。

运行异常诊断与处理支持:将运行过程中的异常和故障情况具体分为两类内容,对那些较重要且相关信息

较完备,能及时作出肯定性的结论并能进一步推理、分析的内容。实施了“带解析报警提示”,而对那些属于操作调整不当、轻微异常或没有相关信息不能作出肯定性判断的问题实施了“无解析报警提示”。

“带解析报警提示”主要包括:负荷突变、高加系统运行异常、给水泵汽化、汽机通流部分异常、汽缸进冷汽水、真空异常下降、蒸汽参数异常、制粉系统异常、锅炉承压部件爆漏、汽水流量严重不平衡等项目。这些报警提示内容在运行过程中出现后值班人员可以同时看到详细的解析、说明和指导信息,内容包括:异常描述、发生时间、原因或结论、推断依据、处理建议与注意事项。

“无解析报警提示”主要包括:监视段压力的突变、烟温的异常变化、主变油温、轴承温度的异常升高、液位的异常变化、设备系统运行式不当、可控参数的实际值与目标值偏差过大等项目。这些异常情况出现后系统仅推出包含发生时间、简要描述的预告和提示性信息。

操作预测:用于运行人员在进行某项操作之前,模拟该操作造成的有关参数和性能的变化。目前主要是为实现循环水系统的实时调度而设置的。它根据运行过程中每一时刻的系统状况(真空严密性、铜管清洁度)、负荷、环境温度,实时计算预测增开或停运循环水泵对真空的影响,对发电机出力的影响以及对运行经济性的综合影响。该方法比以往的任何离线分析计算方法都更真实更客观,运行人员根据预测的情况进行操作后可以立即检验预测计算的准确程度。

基准工况参照:根据机组当前的机械状态、负荷、转速、环境条件实时模拟计算出监视段压力、温度,加热器参数,凝汽器参数,轴封压力、主汽流量、给水流量、凝结水流量等重要参数的基准数据,一方面系统内部作为判断设备运行状态正常与否的依据,另一方面也提供给运行人员,用以对照实际参数,帮助其进行判断和调整。

机组性能趋势分析:将反映机组性能的主要性能指标(包括供电煤耗、汽机热耗、锅炉效率和辅机电率等15项)的实时值每小时存档一次,记录其在一年内的变化趋势,可在CRT上以月为单位,显示各个指标的具体数值及变化曲线,一方面可以监视分析机组性能的变化情况,另一方面也可以分析这些指标与负荷及季节变化的关系。

运行监督报告:包括技术经济分析班、日、月报告,用于运行监督管理、开展班组之间的劳动竞赛以及为计划管理部门制定煤耗及各项小指标定额提供科学依据。

三、系统的主要特点

1. 基于高性能、高可靠性的计算机和操作系统,在线运行分析与专家支持系统功能复杂、规模庞大,对计算机系统的处理能力、联网能力、实时性和可靠性等都有较高的要求,普通的计算机和操作系统很难满足要求。本系统选用了先进的 Sun 工作站和 Solaris 分布式实时多任务操作系统,配备了 CLEEX 中文环境,并解决了该中文环境在连续运行过程中不稳定的问题,保证了各种复杂运算分析功能得以顺利实现,使系统具有功能先进、性能稳定、界面友好、使用方便的特点。

2. 该系统将专家系统知识工程方法和模糊逻辑、趋势分析、过程建模及优化技术引入火电厂监控分析领域,与火电厂运行控制理论、试验研究成果和现场生产经验紧密结合起来,对生产过程进行全面的综合性分析、预测和支持,不仅能及时发现和纠正不适当的运行方式、指出存在的缺陷、异常和事故隐患,而且能准确地进行相关性分析评价,提供支持和帮助信息,最大限度地减少事故发生和扩大,提高设备运行的经济性和可靠性。课题组在深入了解运行规律、充分总结运行经验的基础上,建立了对象机组的经济运行指导和异常分析指导知识库,根据机组不同功率、转速、机械状态和环境条件建立了全过程的动态目标数据库作为工况分析的基础,在经济性分析模型的建立采用了以“等效焓降”与试验成果相结合的方法,并充分考虑了现场的各种实际因素。在异常诊断方面,对异常、故障的检测和确认采用趋势分析技术与基准值参照技术相结合进行综合评判,对其进一步的分离和评价则将“逻辑树”分析方法与模糊识别方法结合起来,提高了分析诊断内容的实时性和准确性。

3. 针对数据采集传输部分系统复杂,影响因素多的情况,采用专门的输入信息检验模块,保证系统对失常数据具有容错性。该系统根据各种参数的变化规律和内在关系分别采用“相关参数分析法”“最大增量法”等“软件冗余”技术,消除失常信号对系统计算分析功能的影响,从而保证了系统的全部功能长期可靠地投入运行。

4. 本系统在研制中充分注意了系统的先进性与实用性、完整性与灵活性的结合,使其既能作为一个完整的系统独立于计算机监控系统而存在,又能够充分利用现有软硬件环境和资源嵌入到 DAS 或 DCS 系统中,融合成为一个有机的整体,是一项投资少收益大的项目,

对国产大中型机组效益尤其显著。

四、系统应用情况

运行分析与专家支持系统于 1996 年 3 月首先应用于山东邹县发电厂 #2 机组,96 年 6 月又在山东潍坊发电厂 #1 机组上投入运行。在现场投运后,电厂生产、经营和试验人员一致认为该系统智能化程度高、面向生产实际、具有较高的实用价值,一方面能随时掌握机组的运行状况及存在的问题,能有的放矢地指导运行和设备的检修改造。同时也使运行值班人员进一步明确了本岗位的效益和责任,促使其改进运行方式,优化操作调整,提高运行经济性。从现场情况看,系统投运后,单是从运行维护角度就可挖掘出 3-5 克煤的节能潜力,如果再能针对某些问题采取进一步的措施则效益会更加显著。另一方面,系统的智能化异常预防和故障处理指导功能大大提高了运行监测控制水平,在防止运行人员误判漏判、更早地确定非正常状态、防止故障扩大化方面发挥了有效的作用。

五、结束语

火电机组运行分析与专家支持系统把电站运行理论、现代监控理论、试验研究成果及现场生产经验与先进的计算机和人工智能技术紧密结合起来,对火电机组实时进行全面的智能分析和运行指导,提高了运行机组的运行水平,同时为决策管理人员提供了科学的依据,丰富深化了火电厂优化运行的理论和实践,运行分析与专家支持系统是电厂生产过程监测向智能化、专业化方向发展的结果,是适应电厂生产管理现代化需要的产物,它是多学科知识和技术的综合,需要各相关专业和计算机专业的技术人员共同努力和密切配合,才能在应用的深度和广度上不断取得突破。

参考文献

- [1] 高饒年,《火力发电厂单元机组集控运行》,北京科学技术出版社 1991
- [2] 林万超,《火电厂热系统定量分析》,西安交通大学出版社,1985
- [3] 叶春,忻建华,陈汉平,钟芳源,大型电站汽轮机组在线监测与故障诊断,《上海交通大学学报》,1993 年第 2 期

(来稿时间:1997 年 2 月)