

基于上位机的先进控制与实时优化系统及其应用

夏伯锴¹ 李重武² 陈玲聪³ 杜殿林³ 袁璞³

1 石油大学(华东)(257061) 2 中国科技大学研究生院(100039) 3 石油大学(北京)(102249)

Abstract

In this paper, the demands of advanced control and real-time optimization system (ACROS) is given, and ACROS architecture is developed based DEC Alpha-TDC3000-PC. The ACROS architecture is applied in the crude oil distillation. The application shows the ACROS architecture is a reliable, convenient and practical software platform.

Keywords: advanced control, real-time optimization, architecture, software-platform

摘要

本文给出了先进控制与实时优化系统的要求,重点介绍了基于DEC Alpha-TDC3000-PC环境的先进控制与实时优化系统体系结构的设计思想与软件开发。最后,给出了该体系结构的应用实例-原油蒸馏装置的先进控制与实时优化系统。实际应用表明,该系统软件为实施先进控制与实时优化技术提供了一个方便实用的平台。

关键词: 先进控制, 实时优化, 体系结构, 软件平台

进入二十世纪九十年代,先进控制与实时优化系统已成为国内外应用软件的开发热点^[1]。目前,企业的经营管理、资源规划、先进控制和实时优化等技术正在形成一个整体^[2],构成了五个层次:①经营管理层;②计划优化和实时调度层;③装置实时优化层;④先进控制层;⑤常规控制层。本文仅涉及装置的实时优化层和先进控制层,从先进控制和实时优化系统(Advanced Control & Real-time Optimization System,即:ACROS)的本身特点和要求出发,研究和开发软件体系结构,并给出了基于ACROS的原油蒸馏装置的先进控制与实时优化应用实例。

1 基于DEC Alpha-TDC3000-PC环境的ACROS

1.1 体系结构的基本要求

(1) 安全可靠

先进控制与实时优化层直接影响生产装置的安全。因此,要求先进控制与实时优化系统(以下简称为系统)能够长周期安全可靠地运行。这就要求系统的体系结构必须具有很好的鲁棒性、自诊断功能和异常情况的处理能力。

(2) 实时性

先进控制与实时优化技术对系统软件有严格地实时性要求。过程的数据采集、先进控制与实时优化的及时运算、系统各进程之间的信息共享与交换、控制信息的及时实施等都与系统的结构体系有关。

(3) 开放性

系统的开放性是度量软件优良性的重要指标,同时也是软件工程化的需要。关于软件系统的开放性概念还在不断发展和完善之中。目前,人们用以下四个特征来描述系统的开放性程度^[3]:

- 可移植性 能够在多种不同软硬件平台上运行;
- 互操作性 系统内、外的应用软件可以直接通过一定的接口互相访问数据;
- 伸缩性 不同厂商、不同操作系统的计算机都可以加入开放系统,实现信息的互传;
- 可用性 系统所依赖的是各种标准化的软硬件和协议。

1.2 系统的运行环境

系统的运行环境为:常规控制运行在TDC-3000 DCS上,其上挂接Alpha工作站作为上位机,运行OpenVMS系统。Alpha通过专用接口CM50S访问DCS。同时,Alpha还通过以太网与PC(Windows98/NT)连接,使用TCP/IP协议。系统的运行硬件、软件环境如图1、图2所示。

1.3 ACROS体系结构

ACROS的体系结构如图3所示。主要实时任务,包括产品质量指标在线观测计算、先进控制器与实时优化器,运行在Alpha工作站上。由工程师界面和操作员界面进行系统的监控、调整和操作。实时数据库是整个体系结构的核心,通过实时数据库实现全系统的数据交换。

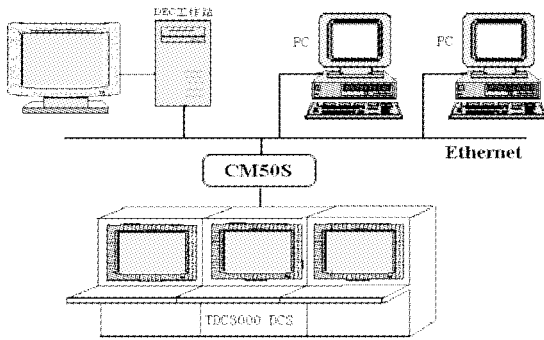


图 1 系统运行硬件环境

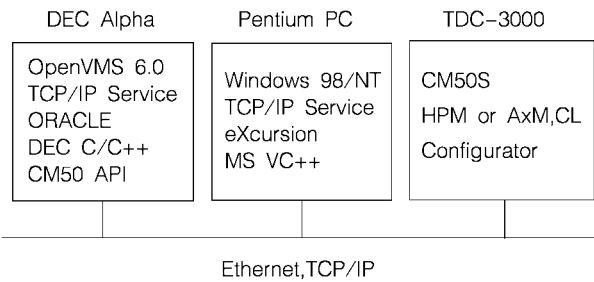


图 2 系统运行软件环境

1.3.1 实时数据库 RTDB(Realtime DataBase)

基于 OpenVMS 系统, 使用 DEC C++ 开发完成 RTDB 系统。程序设计中需要考虑的主要问题包括: 高效的交换机制、访问权限、数据同步一致、完整性管理等。

(1) 实时共享数据区

根据本系统的数据交换量大、实时性强等要求, 应用 Installed common blocks^[4,5]实现任务之间的数据交换和共享。这种数据交换和共享方式的特点是, 对多任务系统可有效的节省机器的资源开支、无磁盘操作因而访问速度快、它一旦建立并安装后便成为由 OpenVMS 系统管理的一块内存区域。由此, 实现实时共享数据区。

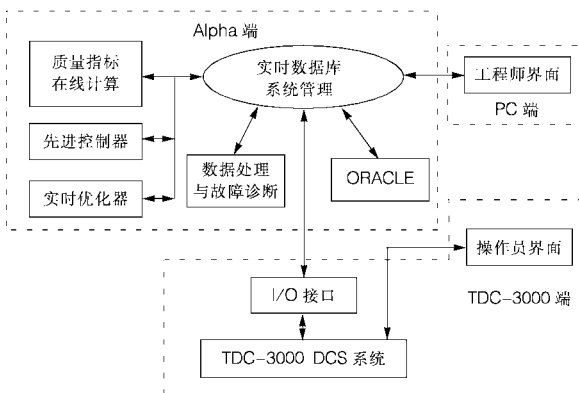


图 3 ACROS 体系结构

(2) RTDB 接口 RDI(Realtime Data Interface)

RDI 实现 RTDB 从 DCS 系统读取数据和向 DCS 写入数据。Honeywell 提供了与 DCS 通讯的专

门接口模块 CM50 系列, 同时提供了基于 C、FORTRAN、PASCAL 等多种高级语言的应用程序设计接口。CM50 系列提供了多种数据传送方式^[6]。本文采用了 Point List Data Transfers 方式。这种方式将数据点组成一个 List。首次通讯时建立该 List 内数据点的有关信息, 其后就可进行数据的批量通讯。该方式速度快、效率高, 特别适宜于 RTDB 的要求。RDI 仅供实时数据库自身使用, 对应用程序来说是透明的。

(3) 应用程序接口 API(Application Programming Interface)

RTDB 需要为应用程序提供应用程序设计接口 API, 其功能就象软插槽。API 的设计原则是使应用程序能够以方便、灵活的方式对 RTDB 进行数据读写。这样, RTDB 就类似于一个提供多个插槽、易于扩展和调整的内核。

(4) Client/Server 网络结构

RTDB 还需建立一个基于 TCP/IP 协议的 Client/Server 机制的 RTDB 接口, 随时响应 Client 端 (通常是 PC 端的应用程序) 发出的请求。根据 ACROS 系统多进程和实时性的要求, 本文采用并发式服务器, 每次可以同时服务多个客户端。服务器进程执行的大致过程如下。①开启一个通讯通道并通知 OpenVMS 所提供服务的通讯端口; ②在通讯端口上持续等待侦听客户端的服务请求; ③客户端请求抵达, 立即派生一个新的进程处理该客户端请求。服务完毕结束此进程。

客户端的进程动作较为简单, 这里不再赘述。

1.3.2 系统管理

ACROS 体系结构提供了实时多任务的管理和调度机制, 对整个系统的所有实时进程进行管理, 主要内容如下。

(1) 系统完整性的监测与维护

从软件系统的鲁棒性和安全性出发, 本文采用陷阱技术 (在结构上, 与下面介绍的通讯监测方法类似), 对各个实时任务运行状态进行监控和异常处理。在各进程内部, 对 OpenVMS 系统发出的与该进程有关的信号进行截获和适当的处理。在 ACROS 系统中, 着重考虑了以下的异常截获和处理。

- 1) 终端中断 SIGINT;
- 2) 根据程序需要产生的异常 SIGALARM、SIGUSER;
- 3) 程序本身产生的异常 SIGILL (Illegal instruction)、SIGTERM (Software terminate)、SIGFPE (Float-point exception)、SIGSYS (System call error)。

(2) RTDB 与 DCS 通讯监测与处理

ACROS 体系结构的主要部分都运行在 Alpha 工作站上,因此 RTDB 与 DCS 通讯就成为系统可靠性的关键因素之一。必须保证一旦 RTDB 与 DCS 通讯异常,DCS 系统中的常规控制系统仍然正常运行并给操作员相应的报警信息。本文基于图 4 所示的 WatchDog 机制实现对 RTDB 与 DCS 通讯的监视。在 DCS 端,当超过设定时间未收到来自上位机的复位信号时,定时器自动触发一个信号,用来启动“系统切换和报警”模块,该模块采用 CL 语言编程实现,其功能是将 DCS 系统中操作员终端的 ACROS 切换为安全状态下的常规控制,并为操作员提供报警信息。

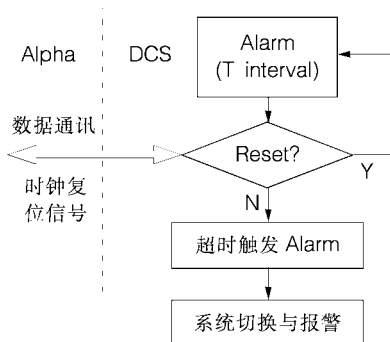


图 4 用于通讯监视的 WatchDog 机制

(3) 进程相位控制

先进控制与实时优化系统是一个定时周期运行的多任务系统。为了满足控制的实时性,多任务的相位必须满足控制的要求。其相位要求是:过程数据采集、数据处理、在线计算变量的计算、产品质量指标的在线计算、先进控制律计算、实时优化计算、计算结果(数据)输出。

针对多进程系统的运行时序问题,本系统采用单时钟管理调度方案,即:整个系统只有管理进程拥有一个定时器,其定时周期为其它进程运行周期的最小公倍数。其它进程所需的定时信息由管理进程通过消息方式发送。这样,管理进程就可以严格控制给各进程发送定时消息的时刻,从而严格控制相位。

1.3.3 数据处理与故障诊断

实时数据库从 DCS 采集的为原始数据,需要根据先进控制与实时优化对数据的要求进行处理,主要包括:数据滤波、单位换算、温压补偿、线性化补偿等。

同时,根据实时数据库中关于过程变量的上下限、速率限、以及数据采集的信息,给出 RTDB 变量的状态:正常;偶然故障;严重故障。

1.3.4 工程师应用软件与操作员应用软件

本文基于 PC 机的 Windows 98/NT 环境,开发出 ACROS 系统的工程师应用软件。基于 RTDB 提供的 Client/Server 网络结构通讯模式,通过 TCP/IP

与 Alpha 工作站进行数据交换。Client/Server 模式的数据接口可以高效地同时为多个本地或远程 Client 服务,从而使本系统更具开放性。工程师应用软件的主要内容包括:ACROS 系统的监控、命令的设置、模型的参数调整、先进控制器的参数在线调整、实时优化器的参数在线调整、被控过程的实时和历史趋势显示、ACROS 系统的设计等。工程师应用软件的界面菜单设计力求做到直观简洁、方便灵活和实用并具有用户在线帮助功能。

操作员应用软件在 DCS 中通过组态实现,主要功能包括:产品质量指标在线计算结果显示、先进控制系统的投运与停运、实时优化系统的投运与停运、工艺操作与调整、报警信息显示等。操作员应用软件的界面菜单设计力求做到与常规控制操作方式风格类似、操作方便和及时。

1.3.5 实时运行应用软件包

实时运行应用软件包主要包括:产品质量指标在线计算应用软件、先进控制系统应用软件和实时优化系统应用软件,它们是先进控制与实时优化技术的核心,其内容很多,将另行文予以介绍。

2 应用

2.1 原油蒸馏装置先进控制与实时优化的要求

2.1.1 工艺流程介绍

基于 ACROS 系统,对某石化公司的原油蒸馏装置实施先进控制与实时优化。该装置目前的年处理能力为 280 万吨原油。主要工艺和设备包括原油预热与脱盐、蒸发(预蒸馏)塔、常压炉、常压塔、减压炉和减压塔。主要产品为重整料、航空煤油、不同标号的柴油、腊油、润滑油料等。

由储油罐来的原油,预热后进行电脱盐、脱水。然后,与常压塔中段回流等单元进行换热至约 230℃,进入蒸发塔进行预分馏。蒸发塔塔压约(表压)、塔顶温度约 100℃、主要用顶冷回流进行塔顶产品质量控制。蒸发塔侧线抽出进常压塔。蒸发塔塔底抽出为拔头原油。

拔头原油经常压炉加热至约 365℃,进入常压塔进行分馏。常压塔塔压约、塔顶温度约 120℃、一线抽出温度约 160℃。主要热平衡手段有顶冷回流、一中、二中回流等。产品出自塔顶和四个侧线。其中,塔顶产品为汽油、一线产品为航空煤油。一线汽提塔采用热虹吸方法进行汽提。常压塔塔底抽出为重油。常塔底抽出的重油,经减压炉加热至约 480℃,进入减压塔进行减压分馏。本文不考虑减压塔系统,故减压流程略。

2.1.2 工艺对控制的具体要求

(1) 平稳装置的操作

实现装置安全、平稳运行,包括提降处理量的过程、在变量不超限的情况下,及时使处理量达到生产调度要求。

(2) 提供以下产品质量指标的实时计算^[7]

蒸发塔:塔顶产品干点;

常压塔:塔顶产品干点;

一线产品初馏点、闪点、冰点和 95%点;

二线产品初馏点、闪点、95%点、凝固点;

三线产品干点。

产品质量指标的实时计算结果达到可替代人工化验作为生产控制的水平,成为操作指导、先进控制和实时优化的基础。

(3) 实施蒸发塔和常压塔的先进控制与实时优化^[8]

实现产品质量控制,使质量指标波动的均方差较常规控制减小,以便达到质量卡边,提高收率的目的;在保证产品质量的同时,使航煤收率提高、使回流取热最大,实现节能降耗。

2.2 运行结果及分析

系统运行部分实时趋势曲线如图 5~7 所示。图中,曲线的纵坐标进行了平移处理、PID 表示常规控制、APC 表示先进控制。

图 5 是蒸发塔顶干点和温度控制实时趋势曲线。比较温度控制运行结果,可知先进控制平稳程度明显优于常规控制。尤其是当调节阀存在较为严重的非线性时,先进控制仍然有令人满意的控制效果。

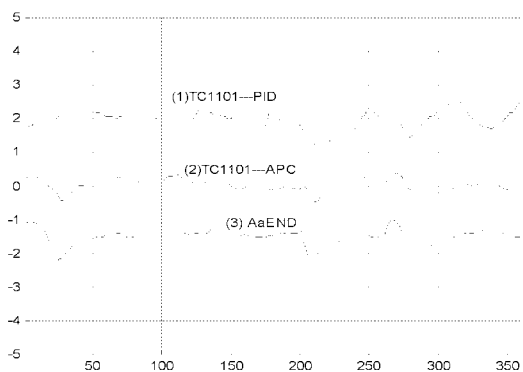


图 5 蒸发塔先进控制实时趋势曲线

图 6 是常压塔一线的温度、闪点、冰点和二线的凝固点控制实时趋势曲线。从图中可以看出,先进控制使整个塔的运行波动明显减小。

图 7 是协调优化运行结果。本系统每隔一调优周期(设置为 10 分钟)将一线抽出流量提高一个调优增量(设置为 0.25M3 /时),经过七次调整,抽出流量由 42 增至 43.75 M3 /时,达到预先设定的目标值而维持不变,以原料油流量为 300 吨/时计,一线产率(对原料)提高约 0.5%。这时,由图 7 可知,随着一线产率

的提高,一线冰点略有上升,但仍在允许的上限以下。在协调优化期间,整个先进控制系统运行平稳。

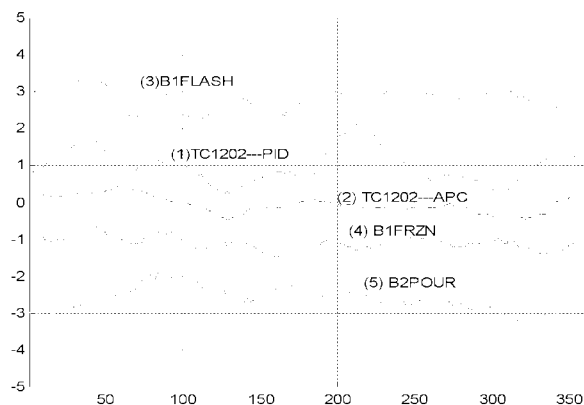


图 6 常压塔先进控制实时趋势曲线

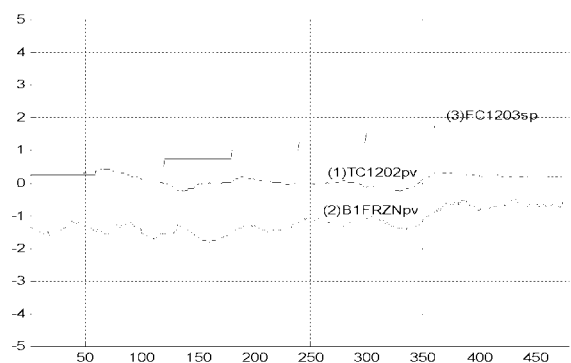


图 7 协调优化实时趋势曲线

3 结束语

本文的“先进控制与实时优化系统体系结构”已在实际中得到了检验,证明其设计合理、具有开放性程度高等特点,初步达到了商品化软件的基本要求。

参考文献

- 1 Hydrocarbon Processing, Advanced Process Control Handbook 1-8(1986-1993)
- 2 王立行.信息技术在石化系统的应用.北京:信息技术在石化、化工企业应用高级研讨会,2000(7)
- 3 白英才,等.计算机集成制造系统 CIMS.清华大学出版社,1997
- 4 Digital OpenVMS Programming Concepts Manual. Digital Equipment Corp. 1994
- 5 Digital OpenVMS Linker Utility Manual. Digital Equipment Corp. 1993
- 6 CM50 User Manual.
- 7 陈玲聪.软测量技术及其在石油分馏塔中的应用.石油大学:[博士论文],2000
- 8 夏伯轲.状态反馈预测控制及其在原油蒸馏装置上应用.石[博士论文]油大学,2001

[收稿日期:2002.1.8]