

doi: 10.7690/bgzd.2015.07.012

基于 LabVIEW 的厂级负荷优化分配系统仿真实验平台

李青^{1,2}, 李健², 徐浩³

(1. 华北电力大学工业过程测控新技术与系统北京市重点实验室, 北京 102206; 2. 华北电力大学控制与计算机工程学院, 北京 102206; 3. 北京国电龙源环保工程有限公司, 北京 100039)

摘要: 为验证厂级负荷优化分配系统(load dispatch system, LDS)的研究成果, 基于 LabVIEW 软件开发平台及研华数据采集及处理设备建立了厂级负荷优化分配系统仿真实验平台。该系统以电厂负荷变化特性作为输入变量, 可适应基于不同算法内核的 LDS 调试。详细介绍了平台中仿真模型系统的结构及功能, 并以某火力发电厂为例, 对 LDS 进行充分的调试、修改、优化。分析结果表明, 该系统为厂级负荷优化分配系统的调试和优化提供了运算基础。下一步笔者将在仿真实验平台中加入环保设备的相关程序模块, 并作为输入变量引入到系统模型中, 从而使平台功能更加丰富。

关键词: 厂级负荷优化分配; 仿真实验平台; LabVIEW

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A

Simulation Platform of Plant Optimal Load Dispatch System Based on LabVIEW

Li Qing^{1,2}, Li Jian², Xu Hao³

(1. Beijing Key Laboratory of New Technology & System on Measuring & Control for Industrial Process, North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 2. School of Control & Computer Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 3. Beijing Guodian Longyuan Environmental Engineering CO., LTD, Beijing 100039, China)

Abstract: For test research result of plant optimal load dispatch system (LDS), establish a simulation platform of the load dispatch system (LDS) based on LabVIEW and Advantech data acquisition equipment. The system takes power plant load change feature as input variable, it can be used for LDS debugging based on different algorithm core. The paper introduces structure and function of platform simulation model system in detail, takes thermal power plant as example to debug, modify and optimize LDS. The analysis result shows that the system can make computation foundation for plant optimal load dispatch system debugging and optimization. Furthermore, the writer will add related program module of environment protection equipment in simulation testing platform, introduce input variable into system model to enrich platform functions.

Keywords: plant optimal load dispatch; simulation platform; LabVIEW

0 引言

日前, 国家发改委下发了《煤电节能减排改造与升级行动计划 2014—2020》的通知, 通知中明确指出要通过各种手段大幅降低我国煤电单位发电煤耗和污染物排放, 鼓励有条件的地区实行由“分机组调度”改为“分厂调度”。通过推进机组运行优化, 保证机组在各种负荷区间内保持最佳运行状态, 因此, 厂级负荷优化分配是节能降耗的一项重要措施, 具有广阔的应用前景, 对国民经济可持续发展具有重要意义^[1]。

目前, 厂级负荷优化分配的研究涌现出许多新算法和新模型^[2-3], 这都需要在一个合适的仿真实验平台上得到验证, 通过不断调试、修改、优化, 得到具有充分有效性及安全稳定性的负荷优化分配系统, 再将其应用到电厂中, 避免直接进行现场

测试带来的各种不便与安全隐。因此, 建立合适的负荷优化分配系统仿真实验平台具有重要的实际意义。

1 平台结构

负荷优化分配系统仿真实验平台由 3 大部分构成: 负荷优化分配系统(load dispatch system, LDS)仿真模型系统及通信系统。平台的目的是对 LDS 进行测试, 即通过模拟火电厂的实际运行状况, 尤其是与负荷相关的状态点的运行情况, 检验 LDS 系统的稳定性和有效性^[4]。仿真平台中的负荷优化分配系统(LDS)部分与实际电厂中一致, 文中不对其做具体说明, 主要介绍平台中的仿真模型系统及通信系统。

仿真模型系统位于一台高性能工业控制计算机中, 基于 LabVIEW 软件构建, 利用 LabVIEW 的相

收稿日期: 2015-02-11; 修回日期: 2015-04-05

作者简介: 李青(1987—), 女, 河北人, 硕士, 工程师, 从事控制理论与控制工程研究。

应模块编写程序，实现与硬件通信系统的数据传输功能。通信系统由研华数据采集模块 ADAM5000 及数据采集卡 PCI-1713、PCI-1724、PCI-1735 构成，其中 PCI-1713 及 PCI-1724 用于传输模拟量信号，PCI-1735 用于传输开关量信号。仿真模型系统通过硬件通信系统与厂级负荷优化分配系统 (LDS) 相连，结构图见图 1。

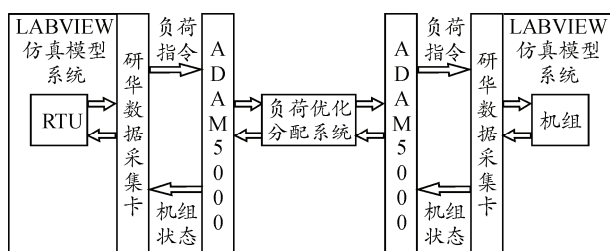


图 1 仿真实验平台结构图

2 仿真模型系统的结构与功能

该仿真模型系统主要由 3 大部分构成：调度主程序 (RTU)，机组设置主程序及计算与传输程序。3 个主程序之间采用全局变量进行数据传递。

2.1 调度主程序

调度主程序的操作界面见图 2，该程序具有多种功能：负荷指令设置，调度方式设置，工作模式设置，电厂信息显示，负荷曲线显示，断点保存与断点读取等。



图 2 调度主程序操作界面

2.1.1 调度方式

本系统模拟了“RTU 调度全厂”及“RTU 调度各机组”2 种负荷调度方式，通过摇杆开关进行调度方式切换。

1) RTU 调度全厂。

RTU 调度全厂模拟电厂接收到全厂负荷指令后，各机组按经由 LDS 优化分配后的负荷指令进行工作的模式。当机组 AGC 全部投入自动时，即“机组存在手动”指示灯未亮，设置全厂负荷指令，并将其传递给 LDS，由 LDS 对各机组进行负荷优化分配，再传递给各机组，使机组按指令进行升降负荷操作。当有机组 AGC 未投入，此时指示灯“机组存在手动”显示高亮，意为机组不允许 RTU 通过 LDS 调度电厂，机组以手动方式运行，按机组设置主程序中设置好的各机组“手动负荷指令”升降负荷。

2) RTU 调度各机组。

此种调度方式时 LDS 不参与平台联合仿真。此时机组信息直接传递给 LDS，RTU 根据机组状态设置负荷指令，并直接下达给机组。此方式的存在意为测试机组的相应能力及测试仿真模型系统本身的功能，与调试 LDS 无关。

2.1.2 工作模式

调度主程序设置了 2 种工作模式：快速模式及其他模式。采用快速模式时，系统的工作目的为快速跟踪负荷指令而不考虑经济性，此时机组以最大负荷速率升降负荷。由于本系统主要目的是测试 LDS，而 LDS 为电厂经济运行服务，故本平台运行中一般选择其他模式。

2.1.3 曲线显示

系统可对全厂及各机组负荷指令及实际负荷曲线进行显示，包括在一个图表中显示所有曲线及通过图表右侧的曲线列表选择只显示某一条曲线两种显示方式。

2.1.4 断点保存与断点读取

该仿真模型系统利用 LabVIEW 与 Excel 的专用接口编写程序，将断点保存与断点读取分别设置成子 VI，通过调度主程序的“断点保存”及“断点读取”按钮来实现。

1) 断点保存。

在系统运行时，用户可随时将当前工作状态保存下来以备将来调用。点击调度主程序上的“断点保存”按钮，根据提示操作，注意应首先选择文件保存位置，即系统设置的特定目录，进而输入文件名称，如需替换已存在的文件，则选择该文件点击确定即可。

2) 断点读取。

该功能通过点击调度主程序上的“断点读取”按钮实现。使系统可根据用户需要按以 Excel 文件格式保存在特定目录下的特定工作状态运行。

2.2 机组设置主程序

该仿真模型系统为多机组运行特性模拟软件，随着机组台数的不同，机组设置主程序的界面也有所不同，但每台机组的信息设置基本相同。

如图 3 所示，每台机组需设置的参数及状态信息包括负荷上下限、负荷响应速率、机组频率、AGC 是否已准备好、AGC 是否已投入、一次调频是否投入、机组是否运行及可调、是否加减闭锁等。此外，需对机组设置手动负荷指令以使机组解除自动运行时仍能稳定工作。机组界面可显示当前负荷指令、实发功率及相应曲线等信息。

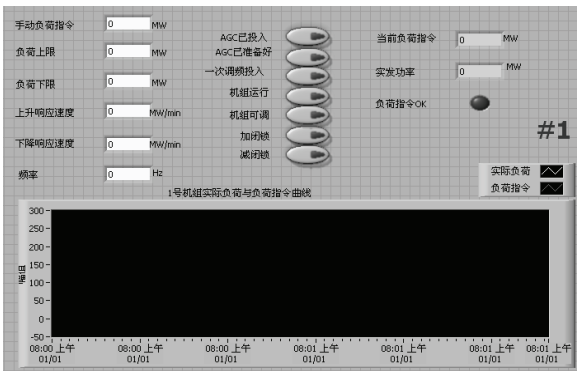


图 3 某台机组的参数设置与显示

当选择“AGC 已投入”时，机组以自动方式运行；否则，以手动方式运行。此外，当系统自动运行时，若机组负荷不符合上下限范围，则机组转为手动运行。机组运行具有手动跟踪自动的功能，可实现手动、自动的无缝切换^[5]。

2.3 计算与传输程序

模型系统位于一台高性能工业控制计算机中，通过硬接线通信系统与负荷优化分配系统(LDS)进行通信。计算与传输程序为仿真模型系统的核心程序，具有包括数据传输模块、负荷模拟运算模块、历史数据库等在内的多种功能模块。

1) 数据传输模块。

数据传输模块具有数据采集及信号输出功能。

系统中采用了全局变量和局部变量在程序中的不同模块间实现数据传递。

数据采集及传输流程如下：

将负荷指令和各机组设置信息，进行数据换算输出给数据采集卡，进而传递给 LDS。数据换算时，

将模拟量转换为 4~20 mA 电流值，传输给研华数据采集卡 PCI-1724，将开关量转换为 0、1 信号通过采集卡 PCI-1735 传输出去。

当通过数据采集卡接收 LDS 传回的数据时，同样需先进行数据换算，再传递给调度主程序和机组设置主程序。换算时，将由采集卡 PCI-1713 接收到的 0~10 V 电压值转换为正常量程的模拟量，将由采集卡 PCI-1735 接收到的 0、1 信号转换为开关量。

2) 负荷模拟运算模块。

机组的负荷模拟运算模块有 4 个：RTU 调度全厂自动运算模块，RTU 调度全厂手动运算模块，RTU 调度机组自动运算模块及 RTU 调度机组手动运算模块。每种模块的负荷运算方式相同，不同之处仅在于机组负荷指令的来源不同。以负荷指令为目标进行负荷加减计算，同时保证运算后的负荷值处于机组上下限范围之内。

3) 历史数据库。

将每一个采样点的工作状态数据以时间为文件名，采用 Excel 格式保存到历史数据文件夹中。此功能的存在，使得系统再启动时可按上次关闭时的状态继续运行。

3 实例说明

以某火力发电厂为例，简要说明系统的组态、调试及工作过程。此火力发电厂有 4 台机组，各机组性能参数如表 1 所示。

表 1 某厂机组性能指标

机组编号	1	2	3	4
负荷上限/MW	300	300	200	200
负荷下限/MW	150	150	160	160
最大上升响应速率/(MW/min)	6	6	6	6
最大下降响应速率/(MW/min)	6	6	6	6
机组频率/Hz	50	50	50	50

3.1 系统组态

系统组态的具体步骤如下：

1) 依据参数建立信号表并确定各个信号的输入输出通道，仿真模型系统中需设置或显示的相关参数有模拟量和开关量 2 大类。

2) 据信号表连接数据采集设备 ADAM5000 及 PCI 采集卡的相关通道并进行测试，确保硬件通信正常。

3) 置数据传输程序。每一个信号的发出与接收，都需要特定的程序，在计算与传输程序的数据

传输模块部分,设置信号对应的采集卡号与通道号。如信号“全厂总实际负荷”的输入程序如图4所示,其中左“4”为卡号,右“4”为通道号,“16”代表数据传输类型为0~10 V电压。

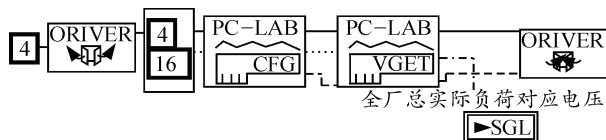


图4 信号“全厂总实际负荷”的输入程序

4) 设置数据换算系数。对模拟值,需设置其与电压或电流之间的换算系数。

5) 根据表1,在机组设置主程序中设置机组参数。根据负荷上下限、采样时间和负荷升降速率,设置好负荷模拟运算模块的系数。

3.2 系统运行

系统运行十分简便,控制面板的布置一目了然,值得注意的是3个主程序需分别开始运行,系统自动按上次关闭时的状态点开始运行。

以RTU调度全厂且自动运行的方式为例,即选择调度方式为“RTU调度全厂”,机组工作模式为“其他模式”。

仿真开始:各机组将其特性参数和状态参数传递给LDS;经过运算,LDS将全厂特性参数及当前状态传递给RTU;RTU接收到全厂信息后,根据全厂当前负荷及负荷上下限、升降负荷速率制定出全厂负荷指令,并将其传递给LDS;LDS根据各机组的特性参数及当前负荷值,对全厂负荷指令进行优化分配给各机组;各机组根据接收到的负荷指令进行负荷升降,直到系统达到稳定运行状态。

在运行过程中,操作员可根据需要保存特定工作点或读取已存工作点。

4 结论与展望

该仿真实验平台可将开发的新算法嵌入到LDS中,从而验证算法的有效性和稳定性,并加以完善。该平台实现了在实验室完成LDS的组态、检查与调试,大大提高了现场的安装、调试速率,避免了因直接进行现场测试带来的各种不便与安全隐患。

当前国家对于火力发电厂的环保要求更加严格,环保设备的运行状态将作为电网调度的重要考虑因素^[6-7]。下一步,笔者将在仿真实验平台中加入环保设备的程序模块,并作为输入变量引入到系统模型中,从而使平台功能更加丰富,使之更好地为我国电力生产贡献力量。

参考文献:

- [1] 马传利,张树成,崔巨擘,等.大型火电机组优化运行技术的研究[J].动力工程,2002,22(4):1875-1878.
- [2] 余廷芳,林中达.部分解约束算法在机组负荷优化组合中的应用[J].中国电机工程学报,2009,29(2):107-112.
- [3] 李蔚,陈坚红,盛德仁,等.机组负荷优化的遗传-禁忌混合算法[J].浙江大学学报:工学版,2007,41(11):1862-1864.
- [4] 陈锡辉,张银鸿.LABVIEW8.20程序设计从入门到精通[M].北京:清华大学出版社,2007:7.
- [5] 陈成法,张哲,王龙,等.基于LabVIEW的再制造发动机磨合过程振动信号监测与采集系统[J].四川兵工学报,2014(2):78-81.
- [6] 刘吉臻,苏凯,牛玉广,等.考虑脱硫补偿电价的厂内负荷优化分配[J].中国电机工程学报,2012,32(8):104-106.
- [7] 王伟,常浩,苏宏业,等.考虑环境成本的火电厂负荷优化分配.热力发电,2014,43(11):97-103.