

WGL-3 大型发变组 微机故障录波及监视分析系统

李再华¹, 鄢长春², 王国玉³

(1. 中国电力科学研究院, 北京 100085; 2. 北京许继电气有限公司, 北京 100085;

3. 许昌继电器研究所, 河南 许昌 461000)

摘要: 介绍了新型 WGL-3 大型发电机-变压器组(简称发变组)微机故障录波及监视分析系统的硬件、软件结构及功能。该系统用于在线监视大型发变组的运行状态, 前置机能够有效检测发变组运行中的各种故障及异常运行工况, 并能灵敏地启动录波; 后台监控主站软件对故障前、后的数据进行分析。硬件采用数字信号处理器(DSP)高速数据采样, 多台发变组微机故障录波装置通过 TCP/IP 协议组成故障录波局域网络, 采用 IEEE 标准电力系统暂态数据交换通用格式(COMTRADE)和 Huffman 压缩, 可以实现数据无失真远传。该系统已在三峡电厂等现场投运 40 多套, 实践证明该装置具有良好的抗干扰能力和实用功能。

关键词: 故障录波; 系统监视与分析; 自动装置; Huffman 压缩

中图分类号: TM 712

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)10-0074-04

0 引言^[1-15]

WGL-3 发电机-变压器组(简称发变组)微机故障录波及监视分析系统用于在线监视大型发变组的运行状态, 前置工业控制计算机(简称前置工控机)能够全面有效地检测机组运行各种故障及异常运行工况, 并能灵敏地启动录波, 后台监控主站具有全面的故障数据分析软件, 可以对故障录波文件进行分析处理。

该系统能够及时记录发变组正常运行的稳态数据, 以及发生故障或异常工况时的各个电气量及非电气量的暂态变化过程, 事后将该过程再现, 可作为分析继电保护的動作行为、分析故障和异常运行的重要依据, 为寻找故障点提供了依据和量化指导。根据故障波形图可判断故障性质并形成报表, 能大幅减轻继保工程师现场工作量, 录波数据和分析结果能为厂站维护工程师以及上级调度员提供具有短时(15 min 以内)参考价值的决策依据。该系统还可以用于校核电力系统中的一些计算、分析和仿真程序及其所用模型和给定参数的正确性, 从而为深入了解电力系统的实际运行特征, 为系统程序的正确应用提供有重要价值的背景资料。长期运行可以积累运行经验, 提高系统安全运行和在线分析水平。根据各录波量的统计分析, 对故障情况、故障概率统计积累科学依据。

1 硬件结构

WGL-3 大型发变组微机故障录波及监视分析

系统由 1 台监控主站计算机完成系统状态监视、故障录波数据分析及故障数据压缩远传功能; 由多个前置工控机完成各种电气及热工信号的采样及故障录波功能, 每台前置工控机用于监视 1 套或多套发变组的运行, 多台前置工控机及监控主站机均通过以太网卡组成故障录波局域网(见图 1)。

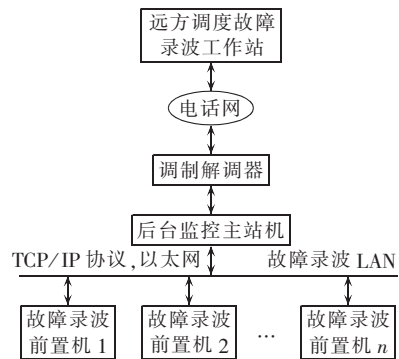


图 1 系统硬件总体结构图

Fig.1 Structure of system hardware

前置系统由信号变换输入及输出部分、DSP 数据采样系统、GPS 卫星对时系统、前置工控机组成(见图 2)。信号变换输入部分将各路模拟量采样信号经过交流变换插件变为 5 V 弱电信号, 各路开关量采样信号经过光电耦合隔离变换为高低电平。信号变换输出部分为前置工控机向 DSP 数据采样系统发送装置运行状态信息, DSP 数据采样系统驱动开关量输出板以发光二极管、继电器信号等方式显示装置运行状态信息。该部分硬件结构包括直流量输入变换插件、交流量输入变换插件、模拟量输入转接板、开关量输出变换板及装置稳压电源插件。

DSP 数据采样系统完成各路模拟量及开关量输

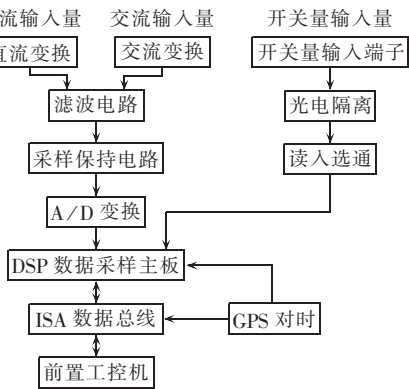


图 2 故障录波前置机结构图

Fig.2 Structure of fault-recording front-end computer

入信号的采集,并将采集数据通过ISA总线传送到前置工控机。该部分硬件结构包括模拟量信号采集及A/D变换板、开关量光电隔离、契比雪夫(Chebyshev)滤波电路及读入选通板、DSP采样主板。

GPS卫星对时系统用于对各台前置工控机进行时间校准,它通过RS-232串口线与前置工控机相连,并向DSP数据采样系统发送秒脉冲信号,整个对时系统可以精确到毫秒级。

前置工控机主要完成DSP数据采样系统中的实时采样数据读取、故障录波和数据分析、数据压缩、与监控主站机的数据通信等功能。前置工控机软件以实时中断方式读取DSP采样数据,每次中断时间为20ms,并以实时中断方式读取GPS对时信息。

监控主站机主要完成对各套发变组运行状态监视、故障录波数据分析及故障数据压缩远传功能。

远方调度故障录波工作站主要用于接收重要的故障录波数据信息及故障录波数据分析功能。

2 软件结构

系统软件总体结构如图3所示,各前置工控机用于在线监测发变组的运行状态及故障录波,后台工控机对各前置工控机进行在线管理、控制与维护,并对故障录波文件进行分析、打印及将故障数据远传至上级调度。该体系结构的优点是将故障录波装置的实时与非实时功能分开,将各任务均衡分配于前、后台机,大幅提高了系统运行的稳定性、可靠性。

控机用于完成在线监视及故障录波等功能,实时性要求较高,而基于MS-DOS操作系统的应用程序,可对计算机硬件直接控制,实时性好、防病毒性能强,因此开发平台为MS-DOS操作系统,开发工具选用Borland C++ 3.1。

2.1.1 DSP数据采样

DSP数据采样系统的硬件采样频率为4800Hz,每台前置工控机读取DSP采样数据的每次实时中断时间为20ms,每次包括64路模拟量和128路开关量在1个电气周期内的实时信息,其特点是采样频率高、数据容量大、硬件结构简单可靠,其性能指标在国内处于领先水平。

2.1.2 故障分析算法

对读取的实时数据进行分析计算,以判定发变组系统是否存在各种短路、接地故障或异常工况,若存在则对故障前、后一段时间内的采样数据进行故障录波。WGL-3型发变组故障录波监视分析系统的启动判据种类齐全,涵盖发变组运行时故障计算的各个方面,能够全面有效地检测到发变组运行时的各种短路故障、接地故障或异常工况。这些算法包括:发电机及变压器的基波正序、负序、零序电压及基波正序、负序、零序电流越限,3次谐波电压及电流越限,过负荷,过电流,逆功率,过励磁,频率越限,系统振荡,各路模拟量的突变量越限,发电机及变压器的基波负序电压及电流增量越限等算法,另外还考虑到发变组在启动过程中发生短路或非全相运行时故障检测算法,发电机转子过负荷、低励及失磁、转子接地时的故障检测算法,各种温度量越限启动,各路开关量变位启动及手动启动录波等算法。其中,手动启动录波算法为人工启动故障录波前置机,用于检查装置运行状况或监测发变组正常运行状况时或启动过程中的各路电气量或非电气量的波形。

2.1.3 故障录波(故障数据缓存及故障文件存盘)

当故障分析算法检测到发变组系统发生故障或出现异常工况时,前置工控机将故障前、后一段时间的各采样量数据进行故障录波。下面对其基本原理分几个方面叙述。

a. 故障录波启动的判据。经故障分析算法若发现发变组系统的运行状态越限时,为了防止装置误启动录波,装置的故障录波启动标志并不是立刻置1,而是继续向后连续观察2~4个周期,若发现这2~4个周期均不在整定范围内时,装置的故障录波启动标志才置1,即判定系统发生故障或出现异常工况。

b. 故障数据缓存原理。当判定系统发生故障或出现异常工况后,前置工控机将故障数据输入到缓存区,即将故障前、后一段时间的实时采样数据按A~E5个时刻共4阶段的方式暂存在缓存区,该缓存区容量达10MByte,采用变采样速率记录方式,故障记录最长时间可达60min,正常记录最长时间可达72h以上。录波方式按规定的录波长度录波后即自动停止,或者所有的启动方式均不满足,自动停止录波。

c. 故障结束判据。经故障分析算法计算若发现

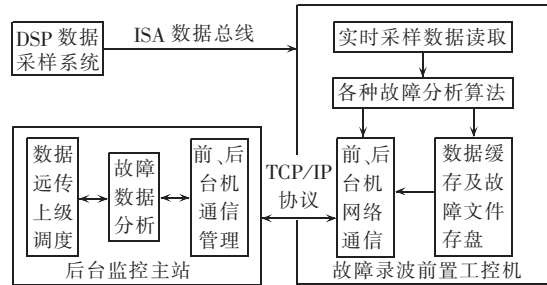


图 3 系统软件总体结构图

Fig.3 Structure of system software

2.1 前置工控机

前置工控机开发环境及开发工具:由于前台工

发变组系统的运行状态返回整定范围之内,或故障缓存达到缓存区最大容量时,装置的故障结束标志置 1,即判定故障结束。之后,前置工控机开始把暂存在缓存区上的故障数据存入前置工控机的硬盘上。

2.1.4 前、后台机通信

前、后台机通信的任务是实现后台监控主站对前置工控机进行在线管理、控制与维护及各采样量的实时监视、统计。它包括以下功能:

a. 前置工控机将实时采样数据定时发送至后台监控主站,以供后台监控主站进行实时数据管理、画面监视,同时形成发变组系统运行数据的历史数据库;

b. 前置工控机将故障数据文件传至后台监控主站保存,以供后台监控主站进行波形的分析、打印及数据远传至调度;

c. 后台监控主站在线查看及修改前置工控机各故障分析算法的整定值以及停止前置工控机应用程序的运行;

d. 后台监控主站在线查看及删除前置工控机硬盘上保存的过时故障数据文件,实现对前置工控机硬盘的不停机维护;

e. 根据 GPS 对时系统,完成各个前、后台机的时间校准,GPS 对时系统的精度可达毫秒级,在 GPS 对时系统不正常时,装置报警并根据内部网络时钟进行对时,其累积误差每 24 h 不大于 1 s;

f. 后台监控主站向前置机发送手动录波命令以检查每台装置的工作状况或监测机组正常运行状况或机组启动过程时的波形。

2.2 后台监控主站

后台监控主站的开发环境及开发工具:后台监控主站用于对前置工控机进行在线管理、控制与维护,并对故障录波文件进行分析、打印及数据远传至调度,采用具有抢占式多任务特点的微软 Win NT 或 Win 2000 操作系统作为开发平台;后台监控主站软件为用户提供友好的人机交互界面,选用具有面向对象的可视化开发工具 Delphi 5.0。后台监控主站软件包括几个部分。

a. 画面编辑子系统提供一个组件窗口,列出了用户在绘制实时监视图时可能用到的所有组件,用户可以根据所要监视的设备选择合适的组件,绘制电气主接线图及其他图形表格等,并且保存为后缀名为 res 的文件,以备实时监视子系统调用。

b. 实时监视子系统。其通过保存在后台监控主站特定目录下的监视画面,对系统各采样电气量及非电气量的运行状况进行实时监视。

c. 通信子系统,即同前置工控机部分的“前、后台机通信部分”。

d. 密码管理子系统。其设置了严密的密码管理系统用来防止无关人员非法操作该装置,“画面编辑”栏、“通信”栏、“密码管理”栏和“关闭系统”栏这

几项与装置安全运行有关,因此,这些都有相应的密码管理限制,而“密码管理”子系统的功能就是对系统中用到的所有密码进行统一管理,包括各项密码设置的创建、修改和删除等操作。

e. 波形分析子系统。主要用来查看各个故障数据文件,将录波数据转化为可视化波形曲线,实现对稳态数据、暂态数据的波形分析及查找故障原因。该系统可以实现波形的组合显示、比较、打印、分析等功能。对各种电气量的分析与计算包括:各次谐波分析、序分量、有功及无功功率、阻抗、功角、差流、瞬时值及有效值分析以及开关量变位时序分析等。

f. 运行数据报表管理子系统。其具有完整的报表统计功能,包括报表生成、预览和打印等。该处生成的报表包括各模拟输入量的年报表、月报表、日报表。报表生成器可定制各种类型的年、月、日报表。

g. 故障录波事件追忆子系统。其用于追忆查询每次故障发生的相关信息。它列出了每次故障发生的时间、故障类型、故障设备、故障文件相关属性等信息,并支持打印功能。

h. 通道信息子系统包括显示各个开关量所占用的通道号及投停等通道信息;显示各个模拟量所占用的通道号模拟量等相关信息,以供用户查询。

i. 数据远传子系统。当上级调度需要故障录波文件及相关信息时,可通过调制解调器经电话线将指定的文件从后台监控主站传送至上级调度端。其中,故障录波文件采用 IEEE 标准电力系统暂态数据交换通用格式(COMTRADE),在远传之前采用 Huffman 压缩算法压缩数据,压缩率约为 55%~65%。

3 系统性能特点

WGL-3 大型发变组微机故障录波及监视分析系统为分布式计算机结构,各台前置工控机与后台监控主站通过 TCP/IP 协议组成故障录波局域网,将实时与非实时任务分布于各个前、后台机,保证装置更稳定、更可靠运行。

DSP 高速数据采样硬件结构使得各路输入信号的采样速率均为 4 800 Hz,其性能在国内同类产品处于领先地位。

前置工控机采用 PC ISA 总线结构,具有高抗干扰能力,高数据传输率,满足现场长期运行的要求。

录波输入信号路数多,每台故障录波前置机可以接入模拟量 64 路、开关量 128 路。装置还提供 DC/DC 变换插件用于录取转子及励磁机的各直流量,以及温度量,满足大型发变组故障录波的要求。

前置工控机具有完善的软、硬件自检功能,两级 Watchdog 电路具有很高的可靠性,具有图形、发光二极管及音响报警功能。故障录波数据自动存入前置工控机硬盘内,可连续录波 5 000 次以上,并在后台监控主站自动备份,可随时查阅和打印输出。

故障分析算法种类齐全(近30种),能全面有效地检测到发变组的各种短路、接地故障或异常工况,并能灵敏地启动录波。

后台监控主站的软件工作环境为 Win NT 或 Win 2000,界面全为中文,并且附有在线帮助,使得操作更为简便。后台监控主站可以在线控制、管理、维护前置工控机,实现在线修改各种故障分析算法的整定值,在线整理维护前置工控机硬盘,在线控制前置工控机停运等功能。

后台监控主站故障数据分析软件功能强大,它不仅可以作出微机保护动作行为是否正确的依据,而且可以提供比微机保护更加全面详细的各种故障电气信息。

后台监控主站能提供在发电机正常运行时的运行参数,实现实时测量监视功能。

后台监控主站可以通过调制解调器将故障数据文件及相关信息远传至上级调度。

4 结语

WGL-3 大型发变组微机故障录波及监视分析系统样机自 1999 年研制成功后,在中国电力科学研究院对全国同类型装置的历次动模试验中,该装置性能良好,超过其他同类型装置,至今已在三峡电厂、丰满电厂、马头电厂、广西玉林等多个发电厂及变电站现场投运 40 多套,为监视发变组及相关微机保护的长期运行积累了丰富的运行记录,准确、可靠地记录各种故障及异常工况过程,为事后分析提供了有力的证据,提高了电力系统主设备运行的可靠性,产生了良好的经济效益及社会效益。

参考文献:

[1] 国家技术监督局. GB14285-93 继电保护和安全自动装置技术

规程[S]. 北京:中国标准出版社,1996.

- [2] 中国电力科学研究院. DL/T 553-94 220~500 kV 电力装置的接地设计规范[S]. 北京:水利电力出版社,1994.
- [3] 中国电力科学研究院. DB-50065 交流电气装置的接地设计规范[S]. 北京:水利电力出版社,1994.
- [4] 国家经济贸易委员会. DB 478-92 静态继电保护及安全自动装置通用技术条件[S]. 北京:中国电力出版社,1994.
- [5] 中国电力科学研究院. DL/T 663-1999 220~500 kV 电力系统故障动态记录检验标准[S]. 北京:中国电力出版社,1999.
- [6] 国家电力调度通信中心. DL/T 667-1999 远动设备及系统第 5 部分传输规约第 103 篇继电保护设备信息接口配套标准[S]. 北京:中国电力出版社,1999.
- [7] 中国电力科学研究院. SD 268-88 线路继电保护产品动模实验技术条件[S]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [8] 电力部科技司. DL/T-553-94 电力系统动态记录技术准则[S]. 北京:中国电力出版社,1994.
- [9] 中国电力科学研究院. DL/T 873-2004 微机型发电机变压器组动态记录装置技术条件[S]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [10] 吕凤军. 数字图像处理编程入门[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [11] 能源部科技司. DL 400-91 继电保护和安全装置技术规程[S]. 北京:水利电力出版社,1991.
- [12] 国家电力调度通信中心. NDGT 8-89 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规定[S]. 北京:水利电力出版社,1999.
- [13] 吕凤军. 数字图像处理编程入门 [M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [14] 全国电工电子产品环境条件与环境试验标准化技术委员会. GB/T 2423 电子电工产品基本环境实验规程[S]. 北京:中国电力出版社,1993.
- [15] 中华人民共和国水利电力部. SDJ 9-87 电测量仪表装置设计技术规程[S]. 北京:水利电力出版社,1997.

(责任编辑:康鲁豫)

作者简介:

李再华(1974-),男,湖南邵阳人,博士,从事电力系统调度自动化、电力系统稳定的研究及软件开发工作(E-mail: lizaihua@epri.ac.cn);

鄢长春(1973-),男,湖北黄冈人,硕士,从事电力系统自动装置、电能计量系统研究及软件开发工作。

WGL-3 generator-transformer unit fault recording and supervisory analysis system

LI Zai-hua¹, YAN Chang-chun², WANG Guo-yu³

(1. China Electrical Power Research Institute, Beijing 100085, China;

2. Beijing Xuji Electrical Co., Ltd., Beijing 100085, China;

3. Xuchang Relay Research of Institute, Xuchang 461000, China)

Abstract: WGL-3 high power GTU (Generator-Transformer Unit) fault recording and supervisory analysis system is introduced, including the structure, function and performance of its hardware and software. The system is used to online monitor operation states of high power GTU, the front-end computer detects different abnormal or fault conditions effectively and starts recording sensitively, and the supervisory station has fault analysis software. With high speed data sampling based on DSP (Digital Signal Processor), multiple WGL-3 GTU fault recorders are interconnected as a fault-recording LAN (Local Area Network) through TCP/IP protocols, and the fault data compressed by Huffman arithmetic are losslessly and remotely transmitted with IEEE COMTRADE (COMMON format for TRANSIENT DATA EXCHANGE) standard data-format. More than 40 systems have run on site, such as the Three Gorges hydro plant and site operation proves its better anti-noise ability and practical functions.

Key words: fault recording; system monitoring and analysis; automatic equipment; Huffman compress