

数字式 1000 MW 大型机组监视录波分析诊断系统的研究

丁俊健

(国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 210003)

摘要: 阐述了录波分析系统对于大机组的意义, 同时针对当前国内外机组录波的现状, 提出了基于组件式 CPU 设计的分散式录波分析系统的软硬件架构。对该架构的硬件组成和数据流程做了详细描述, 重点对其中的数据同步、起动方式、起动机制、数据存储、通信机制、传感器设计、故障诊断、机组试验等关键技术问题进行了分析并提出了相关的解决方案。

关键词: 录波分析系统; 大机组; 组件式; 分散式; 起动

Research on the digital monitoring-recording-analyzing-diagnosing system for 1000 MW large generator unit

DING Jun-jian

(Guodian Nanjing Automation Co., Ltd, Nanjing 210003, China)

Abstract: The effect of the monitoring-recording-analyzing system for large generator units is described. By analyzing the current application situation of domestic and overseas fault recorders, the software and hardware architectures of distributed monitoring-recording-analyzing system based on the design of CPU component are presented. The hardware construction and data flow of the architecture are described in detail. Emphasis is laid on the data synchronization, starting criteria, starting mechanism, data storage, data communication, sensor design, fault diagnosis, generator experiment, etc.

Key words: monitoring-recording-analyzing system; large generator units; component; distributed; start-up

中图分类号: TM774 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)15-0079-04

0 引言

随着电力系统规模的不断发展, 总装机容量在进一步增大, 到 2020 年将达到 9 亿千瓦, 其中西电东送 1 亿千瓦。电力系统正朝着“大机组、超高压、大电网”的方向发展, 这体现了我国电力工业发展的步伐, 也适应了发展的需求。同时, 大机组的广泛投入使用, 也对机组的保护测控提出了更高的要求, 这是由其自身特点决定的。大机组机电和电磁特性复杂, 内部故障诊断困难; 短路电流大, 衰减时间常数长, 容易引起 CT 饱和; 多为所在电网内的主力机组, 与系统联系愈加紧密, 容易失稳或发生振荡, 这些都是在大机组保护测控领域需要研究的新课题。这些课题研究的展开, 首先就依赖于现场的一手资料。因此, 大机组录波系统的研制, 就显得尤为重要和迫切。它在监视机组运行数据、励磁系统状态、判断保护动作行为、保护新原理研究、确定热工保护和电气保护的顺序等方面都将发挥巨大作用, 对于大机组的安全稳定运行具有重要意义。

然而, 目前现场装设的国内机组录波装置大多为上世纪 90 年代的产品, 普遍在性能上存在较多缺陷, 如硬件配置不合理、缺乏扩展性、系统容量小、数据记录完整性差、数据不同步、共享分析难、数据传输慢而不及及时、死机、误起动、拒起动等已经成为严重问题; 同时重数据采集、轻数据分析是当前机组录波装置的共同缺陷, 无法很好地满足大机组安全稳定运行与故障分析的要求。而进口机组录波装置可选余地也非常有限, 如 ABB、Siemens 等公司大都也没有专门配备机组录波装置, 而且由于受价格高, 售后服务能力差, 界面汉化不完善, 专用分析模块需收费提供, 信息交互不方便等影响, 在国内机组上使用不多。

目前, 新的行业标准也规范了机组录波的性能指标和市场秩序, 要求机组录波装置能全面记录反映机组运行的交流、直流和非工频电量; 起动判据要能全面可靠地反应机组异常运行工况; 数据记录方式要合理; 要提供全面的故障分析功能; 要求集中管理, 数据共享。

基于此, 论文开展了数字式 1 000 MW 大型机

单元和从数据采集控制单元。装置运行时，主单元上的定时计数器负责产生采样脉冲，经高速光耦隔离后触发其他各数据采集控制单元的采样中断，这样就保证了各数据采集控制单元所采数据在时间轴上的一致性。

同时，为了能合并各数据采集控制单元通过内部以太网上传到管理单元的数据，在系统中采用同步秒脉冲和绝对时钟报文来统一各数据采集控制单元的绝对时钟和录波数据同步时标的建立。绝对时钟报文由管理单元接收 GPS 绝对时钟报文，经过内部以太网网络下达到各数据采集控制单元；同步秒脉冲由主数据采集控制单元接收 GPS 秒脉冲，经高速光耦隔离后发送到各数据采集控制单元和管理单元。为了进一步增强系统的容错能力，装置同时支持管理单元自产绝对时钟报文，主数据采集控制单元自产秒脉冲经硬件切换逻辑输出的机制，确保现场 GPS 对时装置不具备或故障时的录波数据严格同步。

2.2 起动方式设置

监录系统的起动方式以发变组保护理论为基础设置，除了传统的突变量、越限、序量起动方式外，还专门设置差流、转子接地故障、失磁、过激磁、逆功率等起动方式，全面反应机组各种故障状态。

2.3 协调起动机制

对于分散式的监录系统，当一个或几个数据采集控制单元起动后，由于故障数据分析的需要，也会要求其它不满足起动条件的数据采集控制单元进行录波。因此，在该架构中设计了用硬件实现多单元协调起动录波：当某个数据采集控制单元满足录波起动条件后，立刻发出一个起动脉冲信号，该脉冲信号经高速光耦隔离后，在各个数据采集控制单元之间形成一个起动脉冲环，循环被其它数据采集控制单元接收，触发中断，作为起动录波的信号。各个数据采集控制单元在起动录波的同时，关闭该中断，不再响应任何起动脉冲信号，直至一次录波结束。由于脉冲信号在各数据采集控制单元之间的传递采用高速光耦（10Mbit/s）隔离，其造成的各单元起动不同步性可以忽略不计。

2.4 数据分散二级存储机制

对于大型发电机组，其电厂主接线复杂，通道容量众多，模拟电气量、电厂热工信号、继电保护动作信号等，都要接入到录波系统中。加之录波装置一般都采用很高的采样率（普遍在 2.4 kHz 以上），一旦起动录波，庞大的数据量将对系统的存储空间和网络传输速度造成巨大的压力，往往是旧的数据还没有处理完毕，新的故障数据又来了，从而造成

旧的录波数据被覆盖的危险。因此，本系统独创性的采用了数据分散二级存储机制，在装置各数据采集控制单元设置就地掉电不丢失存储介质（如 CF 卡），在整个系统起动录波后首先由各个数据采集控制单元将数据进行就地存储，录波结束后再通过以太网上传到管理单元的录波数据硬盘中。通过这种数据分散二级存储机制，将原本庞大的录波数据分散到各个数据采集控制单元，确保了连续故障时录波数据不被覆盖。

2.5 点对点通信机制

录波系统的数据传输量巨大，尤其是在起动录波之后，更需要一个高速传输的通道。因此，在装置中考虑如图 3 所示的信息传输结构：各个数据采集控制单元和管理单元之间都通过 100 M 以太网交换机来实现信息的交互，任意两个单元之间都是点对点通讯，不存在冲突，从而构成一个数据传输的高速通道。

整个监录系统基于 IP 编址，每个数据采集控制单元和管理单元都分配唯一的 IP 地址，数据采集控制单元的 IP 地址固化在程序内，管理单元内部 IP 地址固化，外部 IP 地址由工程配置确定。通过高速以太网络，系统可以方便地实现远程维护，硬件开放性强，易于扩充，方便接入主干网。

2.6 录波用传感器设计

1000 MW 大型发电机组回路外部故障时衰减时间常数大，短路电流中含有非周期暂态分量且衰减缓慢，将严重引起 CT 铁心饱和；同时，大机组的出现，使得工频短路电流倍数增大，加深了 CT 的饱和，这些都将恶化 CT 的传变性能。

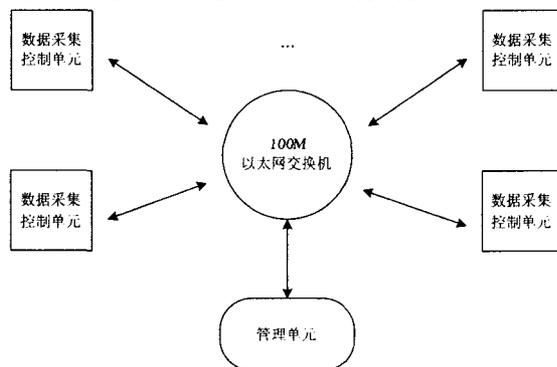


图 3 基于 100 M 以太网交换机的点对点传输结构

Fig.3 Point-to-point transmission structure based on the 100M Ethernet switch

因此，在监录系统中设计 CT、PT 时要保证有超宽的线性测量范围，不仅考虑正常运行情况，还将考虑短路时大电流情况下，能真实可靠地传变波

形, 暂态情况下对非周期分量和高次谐波的传变尽量保持不失真。

2.7 系统故障诊断和机组内部短路分析模块

由于大型发电机组运行工况及机电和电磁特性复杂, 发电机绕组内部故障属于内部电气不对称故障, 主要有解析计算法、试验研究法和数字仿真法等。解析计算法形式简洁, 计算工作量小, 但对模型做了很大的简化和近似, 在此基础上得到的分析结果会有较大的误差。试验研究法通过动模机组进行故障的动态模拟试验研究, 代价较高, 周期较长, 并且难以模拟全部的故障, 无法代表真正的工业机组, 可以作为理论研究的一种有益补充。数字仿真法利用计算机作为工具对实际系统的数学模型进行求解分析, 经济安全灵活方便, 近年来发展很快, 其关键在于数学模型的建立。目前, 基于多回路分析法, 在全面的内部故障仿真计算的基础上进行量化分析, 目前已得到了一定的工程应用。

在录波系统中, 结合录波装置的现场试验数据和故障数据, 采用多回路分析法, 可以较为准确地获得绕组故障后的内部电磁关系和绕组电流分布, 从而调整优化仿真数学模型, 使之更加符合实际机组, 在内部故障仿真计算的基础上, 为进一步验证和优化发电机主保护配置方案提供帮助。同时, 根据录波数据结合保护上使用的一些故障判据, 分析判断出是何种系统故障或短路故障, 故障点在发电机内部还是在变压器内部, 故障分析能定位到确定的相或确定的设备上。

2.8 机组试验模块

在录波系统中, 结合现场大机组试验要求, 开发针对发电机、变压器、励磁系统等的试验记录和分析模块, 为现场机组投运提供方便, 提高工作效率。

3 结论

随着 DL/T873-2004《微型型发电机变压器组动态记录装置技术条件》新标准的建立, 录波装置的国家标准也在积极制定中, 同时, 国家电网公司也发文要求 200 MW 及以上容量发电机变压器组应配置专用故障录波装置。因此, 大型机组尤其是 1 000 MW 大型机组装设录波系统已经成为共识。目前, 我公司正积极致力于数字式 1 000 MW 大型机组监视录波分析诊断系统的研制, 随着新一代机组录波装置的推出, 必将以其卓越的性能赢得用户的广泛好评, 占有更大的市场份额, 国内外大量发电机组都有可能直接得益于该装置的优良性能。

参考文献

- [1] DL/T873-2004, 微型型发电机变压器组动态记录装置技术条件[S].
- [2] 王维俊. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.

收稿日期: 2008-09-16; 修回日期: 2008-10-07

作者简介:

丁俊健(1976-), 男, 工学硕士, 工程师, 主要从事电力系统继电保护和录波装置的研究与开发工作; E-mail: ly-djj@sac-china.com

(上接第 78 页 continued from page 78)

- [8] 张黎, 丘水生. 滑模控制逆变器的分析与实验研究[J]. 中国电机工程学报, 2006,26(3):59-63.
ZHANG Li, QIU Shui-sheng. Analysis and Experimental Study of Sliding Mode Control Inverter[J]. Proceedings of the CSEE, 2006,26(3):59-63.
- [9] Utkin V I. Variable Structure Systems with Sliding Modes[J]. IEEE Trans on Automatic Control, 1977,22(2): 212-222.
- [10] Jezernik K, Zdravec D. Sliding Mode Controller for a Single Phase Inverter[A]. in: Proceeding of APEC' 90[C]. Los Angeles:1990.
- [11] 刘金坤. 滑模变结构控制MATLAB仿真[M]北京: 清华大学出版社, 2005.
LIU Jin-kun. MATLAB Simulation for Sliding Mode

Control[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.

- [12] Calais M, Myrzik J, Spooner T, Et al. Inverters for Single-phase Grid Connected Photovoltaic Systems-an Review[A]. in: IEEE 33rd Annual Power Electronics Specialists Conference[C]. Australia:2002.

收稿日期: 2009-01-20; 修回日期: 2009-02-25

作者简介:

黄悦华(1972-), 男, 副教授, 主要从事电机及其控制、计算机应用、电网运行、调试及检测技术等方面的教学与研究;

朱杰(1983-), 男, 硕士研究生, 主要从事分布式条件下电力系统保护与控制、电网运行、电力电子等方面的研究。E-mail:riso0513@163.com