

EEC-2008net 电磁/超声网络智能 检测系统的研制

林俊明,林发炳,林春景,余兴增,张开良

(爱德森(厦门)电子有限公司,厦门 361004)

摘要:随着工业检测技术的发展,功能单一的无损检测设备已不能满足现场检测的要求。结合多种无损检测方法,提供更多更全面的信息已成为无损检测发展的重要方向之一。EEC-2008net 检测系统将涡流、超声和磁记忆检测技术集成于同一台仪器中。该系统在实际检测中可以降低缺陷的误检与漏检,而且不同的检测方法之间切换快捷,节省了人力与物力,大大提高了现场检测效率。该设备还可以与计算机网络技术相结合,基于以太网结构拓展成检测网络,实现多通道检测与检测数据的多方共享。

关键词:电磁;超声;集成检测技术;网络传输

中图分类号:TG115.28 文献标志码:A 文章编号:1000-6656(2010)08-0637-04

The Research and Development of EEC-2008net Electromagnetic / Ultrasonic Testing System

LIN Jun-Ming, LIN Fa-Bing, LIN Chun-Jing, YU Xing-Zeng, ZHANG Kai-Liang

(Eddysun (Xiamen) Electronic Co Ltd, Xiamen 361004, China)

Abstract: With the development of industry inspection technology, one single function of testing equipment cannot meet the requirements, and it is necessary to combine the advantages of various NDT methods to provide more reliable information. A new system EEC-2008net based on computer network was developed with eddy current, ultrasonic and metal magnetic memory testing technique and conformed to the developing trend of non-destructive testing equipments. The device could reduce false and missed defects, and the switching between different methods was very fast, saved resource and improved the efficiency. The device could also be expanded to be a detection network based on the Ethernet to realize multi-channel detection and sharing the test data with others.

Keywords: Electromagnetic; Ultrasonic; Integrated testing technique; Network transformation

电磁检测和超声检测是两种最为常用无损检测方法。不同的无损检测方法具有互补性。电磁检测(包括涡流、磁记忆和漏磁等)技术检测速度快,但只限于导电材料的表面和近表面检测;超声检测技术可对金属、非金属和复合材料等多种材料进行检测,但对被检工件表面状况要求较高。很多场合下,需要应用电磁检测和超声检测相结合的手段来评价检测对象的缺陷程度。如果根据不同检测方法的特点,利用它们的互补关系,在一台设备中融合多种无

损检测技术,对于无损检测设备来说是一种很大的进步^[1-5]。

笔者设计了一套电磁/超声网络智能检测系统 EEC-2008net。该系统不仅成功地实现了多种无损检测方法(常规超声、常规涡流、声阻抗、远场涡流、阵列涡流、磁记忆和漏磁等)的集成化、系统化,而且具备网络拓展的功能,为多种无损检测技术的综合应用和多信息融合搭建了技术平台,实现了远程的无损检测和故障诊断,有效地完善了对检测数据的融合、處理及管理,提高了无损检测的效率及准确性。

1 工作原理

对于不同检测方法的检测设备来说,虽然其检

收稿日期:2009-06-22

作者简介:林俊明(1956—),男,全国无损检测学会常务理事、电磁(涡流)专委会主任。

测原理不同,但是某些功能模块在软件或者硬件方面又有其相似之处,例如信号的放大、采集,显示信息的处理以及数据存取等,如果将功能模块相似的单元作为公共部分,再结合不同检测方法对应的独有的功能模块,即可实现将多种检测方法集于一体。

超声检测仪器的主要模块包括:信号发生器、驱动电路、超声探头、前置放大器、信号调理电路、ADC、信号处理单元和数据管理等。电磁检测(涡流、漏磁和磁记忆等)仪器的主要模块包括:信号发生器、驱动电路、涡流(漏磁)探头、前置放大器、相敏检波电路、可调增益放大器、ADC、信号处理单元和数据管理等。通过分析可知,对于超声检测与电磁检测来说,具有部分功能相同的模块,如信号滤波与放大、AD 采集、数据管理以及显示界面等。设计的系统将不同检测方法对应的独有的模块与具有功能相同的公共模块组合在一起,其基本原理框图如图 1 所示。

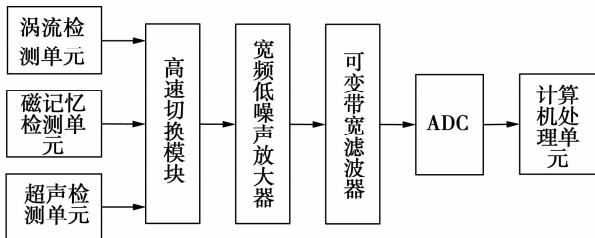


图 1 系统原理框图

设计的系统基于负反馈技术设计出宽频放大器,该放大器具有增益高、增益平坦度优以及噪声系数小等特点。可变带宽滤波器通过 DSP 芯片控制频带宽度可变滤波电路来实现。带通滤波电路由可编程高通滤波器与低通滤波器组成,其截止频率由处理器对滤波器写命令进行控制。因为高、低通滤波器的截止频率可变,所以,带通滤波器的通带宽度可由程控来实现。高速切换模块基于 FPGA 技术,由 FPGA 产生多路控制信号,对模拟开关进行控制。当需要某一检测单元进行工作时,使用 FPGA 控制模拟开关切换至相应的通道,再经过宽频低噪声放大器与可变带宽滤波器,最后通过 ADC 转换为数字信号进行处理。

网络无损检测系统的网络结构如图 2 所示。每台检测仪器都配有网络接口,通过网口与服务器进行通讯,所以只需将多个检测主机设置为不同的 IP 地址,通过路由器与服务器相连,便可以轻松地扩展成检测网络。并且该网络可以通过交换机或者路由器接入因特网,这样监控主机既可以是局域网内的

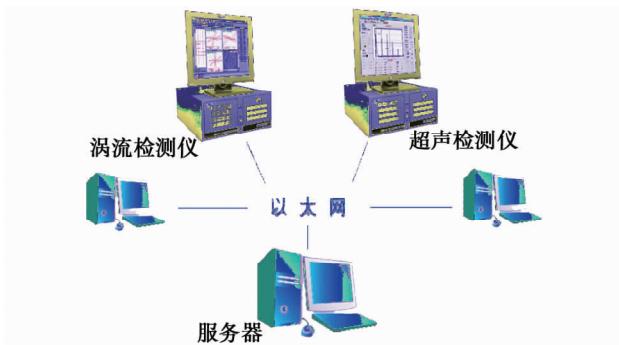


图 2 NDT 集成网络模式图

一台机器,也可以是接入互联网的一台远程主机,而局域网既作为无损检测仪器的线控总线,又是互联网的一个子网。

2 系统组成

EEC-2008net 检测系统以电磁检测和超声检测方法为基础,配合无损检测网络系统软件和服务器,将成套的数字化电磁网络无损检测系统和超声网络无损检测系统有效地融为一体。各系统模块之间通过以太网连接,主要实现了检测现场的网络化控制和管理。EEC-2008net 检测系统主要由以下几部分组成:EEC-81 电磁/超声一体化检测主机、EM net 电磁网络检测软件、UT net 超声网络检测软件以及 EEC-2008net 网络检测服务器。

EEC-81 为系统的检测主机(图 3),它具有常规涡流检测、远场涡流检测、阵列涡流检测、磁记忆检测、漏磁检测以及超声检测、声阻抗检测等功能。进行电磁检测时,检测主机可直接适配 32 通道的阵列探头,同屏显示 32 通道的阻抗平面和涡流扫描三维成像图。进行超声或声阻抗检测时,可支持单通道通用型和多通道专用型超声检测,每一通道均兼有强发射高穿透力和弱发射高分辨率的特点,并可与涡流实现同屏检测显示,如图 4 所示。EEC-2008net 检测系统功能强大,整个系统基于 WIN-



图 3 EEC-81 检测主机

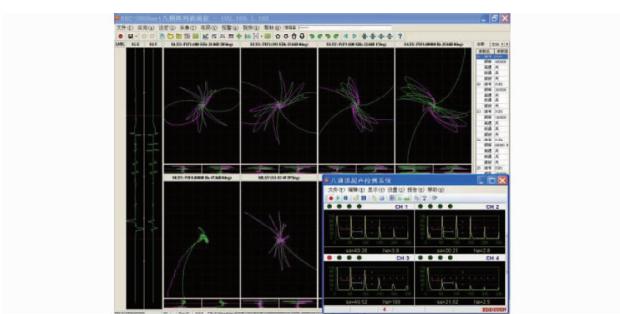


图 4 涡流与超声检测同屏显示

DOWS XP 操作平台,包括了数据库管理子系统、数据采集子系统、数据分析子系统、信号传输分配子系统、管板图制作子系统、检测计划报告子系统及各种配套软件。主要软件 EEC-2008net(包括 EM net 与

UT net)是在 EEC-2001net 的基础上推出的一套以数据库、管板图制作、检测计划编制为核心,与智能多频多通道涡流检测系统和超声检测系统配套使用的系统软件,它实现了对涡流/超声检测全过程的数字化、网络化信息管理。通过以太网系统,可在任一工作站上处理现场检测采集的数据,并对检测数据进行存储、处理和调用等归档处理,其软件界面如图 5~11 所示。

EEC-2008net 网络检测服务器是为网络用户提供共享资源的计算机,它作为中央服务器储存所有数据、资料文件等,这些存储在其硬盘上的文件均能被所有检测仪器和分析仪器调用,因而对其稳定性、可靠性和处理速度都有较高的要求。



图 5 UT net 软件系统

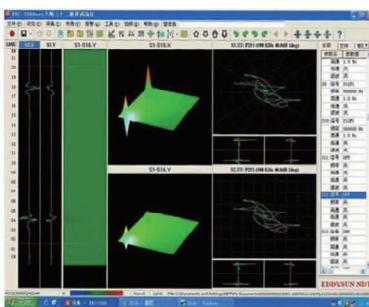


图 6 EM net 软件系统

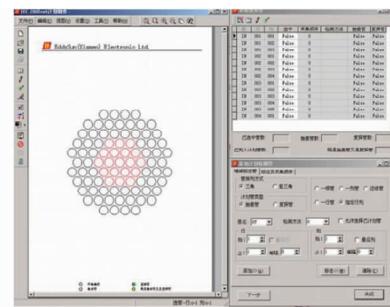


图 7 EDB 监测数据库管理软件

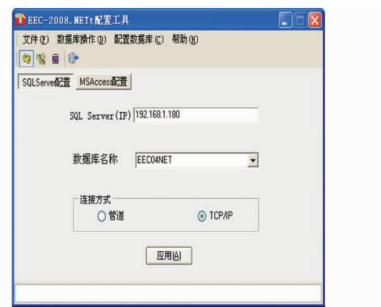
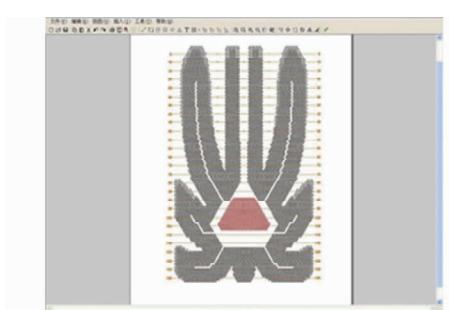
图 8 EPLAN 检测计划
编制软件图 9 ETOOLS 数据库配置
软件界面 1图 10 ETOOLS 数据库配置
软件界面 2

图 11 EDRAW 管板制作软件

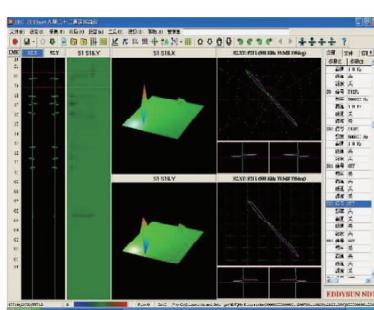


图 12 管道阵列涡流检测成像

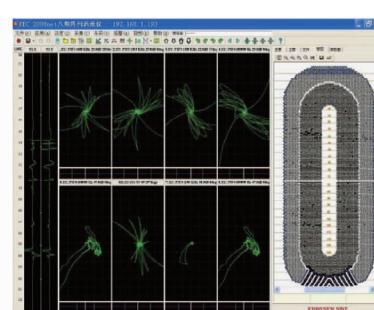


图 13 涡流检测与管板图同屏显示

3 试验结果

EEC-2008net 检测系统目前已经在大亚湾核电站的在役管道检修中使用。系统以涡流检测和超声检测方法为基础,各个系统模块通过工业以太网连接起来,配合无损检测网络系统软件和服务器,可以在检测现场实现网络化管理。图 12 为检测某段管道时的界面显示图,图 13 为涡流检测与管板图同屏显示图。

在实际检测使用中发现,基于计算机网络的 NDT 集成技术可以实现数据采集、分析等多平台同时运作;软、硬件及数据资源等的共享;原始数据、应用分析软件、文件档案资料等的实时远距离快速传递(如使用 GPRS 或 3G 无线联网传输等);可以及时对仪器设备进行网上软件更新升级换代;可通过网络开展探伤技术人员的远距离培训、技术支持和现场应用的安装调试等。由此可见网络与 NDT 的结合具有巨大的潜力和发展优势。

4 结论

EEC-2008net 检测系统跟踪世界科技发展的新

(上接第 636 页)

后的强度与声波的应力平方成比例,因此声波在玻璃中的传播图像显示为明暗相间的条纹。

图 5 为 4 个晶片辐射的超声聚焦波束在玻璃中进行声束扫查时的屏幕截图。图 5(a)~(d)四幅图像分别为声束扫查进行到不同时刻的截图($T_1 < T_2 < T_3 < T_4$)。图中焦点扫查路径由操作者自定义,采用动态预览方式后,聚焦波束的焦点会沿扫查路径移动,模拟相控阵聚焦声波的声束扫查过程。波束焦点由入射纵波聚焦产生,图中明暗条纹显著区即为焦点位置。除主纵波外,声场中还有晶片沿径向振动产生的横波,由于横波的传播速度慢,故在传播过程中会落后于纵波。在 4 张截图中,A~D 分别表示 4 个晶片在声束扫查过程中产生的横波波前。

图 6 为超声波在传播过程中遇圆柱形空气界面时的反射声场。从图中可以看出,聚焦声波生成的反射波明暗条纹显著,声波强度更大。在实际探伤中,聚焦声波更有利小缺陷的检出。

4 结语

设计了一种观察多阵元超声聚焦声波在固体中

动向,以先进的网络技术和多信息融合技术为支撑,解决了电磁、声学等多种无损检测技术集成中的信号调理、电路相容等关键技术难题,组建了一个基于网络技术的多种无损检测方法集成的网络化、远程检测系统。该系统已在压力容器、核电等相关设施的无损检测中收到了良好的效果。不仅提高了检测效率,还降低了检测过程中的误检与漏检。实践证明,该系统在机械制造、航空航天、交通运输、石油化工、冶金及国防等诸多工业领域具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 任吉林. 涡流检测技术近 20 年的进展[J]. 无损检测, 1998(5):121—125.
- [2] 李家伟, 陈积懋. 无损检测手册[M]. 北京机械工业出版社, 2002:155.
- [3] 林俊明. 电磁检测技术在中国[J]. 无损检测, 2008(5): 261—266.
- [4] 林俊明, 林春景. 基于以太网的涡流测试系统[J]. 无损检测, 2005, 27(12):624—627.
- [5] 林俊明. NDT 集成新技术时代的到来[J]. 无损检测, 2008(4):624—625,660.

传播规律的多通道动态光弹系统,实现了超声波的可视化,声波在透明固体中的传播过程能够以图像方式直观地显示在计算机屏幕上。通过模拟相控阵工作原理,系统可激励出可调向的超声聚焦波束,并能够模拟相控阵聚焦声束的扫查过程。聚焦声束的扫查路径可以由操作者自己定义,从而可以模拟相控阵技术的各种声束扫查方式。此系统还可为阵列式换能器的设计提供试验参考。利用与工业中常用的钢铁等金属材料的声速接近的玻璃作为试验样品,可以模拟声波在一些不透明材料(金属和非金属等)中的声传播行为,为超声探伤提供试验依据,并能够验证已有的声学理论,对超声无损检测具有重要的指导意义。

参考文献:

- [1] 应崇福, 张守玉, 沈建中. 超声在固体中的散射[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994:32—33,36—37.
- [2] 李衍. 管道环焊缝相控阵超声检测[J]. 无损检测, 2008, 30(8):523.