

AE95-AT 声发射仪的研制

李邦宪, 沈功田, 段庆儒, 刘其志, 刘时风

(国家质量技术监督局锅炉压力容器检测研究中心, 北京 100013)

摘要: 介绍声发射仪的设计思想、结构、原理和测试结果, 结果表明, 仪器被测参数的误差达到国外同类产品水平。

关键词: 声发射检验; 声发射检测装置; 软件; 硬件

中图分类号: TG115.28; TB52

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2001)08-0327-03

DEVELOPMENT OF AE95-AT ACOUSTIC EMISSION SYSTEM

LI Bang-xian, SHEN Gong-tian, DUAN Qing-ru, LIU Qi-zhi, LIU Shi-feng

(Center of Boiler and Pressure Vessel Inspection and Research, Beijing 100013, China)

Abstract: The design idea, structure, principle and testing results of acoustic emission instrument were described. The results showed that the error of the parameters of the instrument tested was as same as that of the foreign one.

Keywords: Acoustic emission testing; Acoustic emission testing instrument; Software; Hardware

近几年来,随着计算机产业的进步,声发射仪引进了微电子技术,从而使得声发射技术不仅仅在试验室里使用,而且发展成为一项前景广阔的应用技术。为了提高我国声发射技术发展应用,开发研制我们自己的声发射仪器,从1992年开始,在国家“八五”攻关课题基金的支持下开始了声发射仪器的研制工作。经多年努力,已研制出 AE95-AT 型 8 通道(可扩充到 32 通道)声发射仪产品的样机。测试结果表明,该仪器达到了目前国外同类产品的水平。

1 AE95-AT 声发射仪系统的设计思想^[1]

目前世界上各厂家生产的声发射仪主要有两种模式,即模拟式声发射仪和数字式声发射仪。两种模式的声发射仪区别在于实现最终声发射参数上的不同,前者在声发射参数的实现上是通过模拟电路输出模拟参量,然后通过后续电路的 A/D 或计数器转换成为数字参量,即硬件实现方法,而后者声发射参数的实现是靠 DSP 信号处理技术,利用 DSP 软件计算得到的,即软件实现的方法。我们在最初系统设计时,对这两种模式进行了较全面的对比和

调查,考虑到我国的国情、现有的技术水平和开发能力等诸多因素,在完成了两种模式试验板研制的基础上,取得了一些成果,最后确定以模拟式声发射仪为主要研制目标。

1.1 实现系统的性能价格比

为了确保优良的性能价格比,在硬件的设计上基本采用通用型元器件,数据处理和数据传送由微机来完成。前端采集部分由单片机对信号进行初级处理,这样在开发系统和芯片的硬件成本上较之 Z80 系统在性能上优越,费用低。为了得到良好的性能价格比,在软件上也作了些考虑。在基于 WINDOWS 操作平台上,采用前台和后台的方式完成数据采集和后处理,优先保证完成信号采集、输送和存储等功能,在 CPU 空闲时再去完成显示作图等功能,以最大限度地利用 CPU 的资源。

1.2 系统的技术水平和升级能力

在 AE95-AT 声发射仪设计上,考虑到将来的升级能力,尽量采用当今先进技术。由于微机技术在微电子领域中发展最快,明智的仪器制造厂商在最初产品设计中都考虑了微机发展因素。因此,我们在声发射仪的设计上也充分考虑了这一点。采集

部分和上位机之间的通讯联络在 PC AT 总线上直接进行,不再另设仪器外部接口作为与上位机的联络方式(如 IEEE 488 接口的联络方式)。希望能在微机升级的同时,部分改善仪器的功能,即使影响到硬件的某一部分,也仅限于进行部分修改,在软件上也不会因为微机的升级,发生不兼容的情况。对于数字式声发射仪,由于 DSP 技术在同一产品不同型号之间兼容性很差,要完成一项升级工作,实质上就是推倒重来,重新设计,这对整个系统影响很大。

2 AE95-AT 声发射仪的系统结构和原理

2.1 AE95-AT 声发射仪的系统结构

2.1.1 软件系统

软件部分采用结构化设计方法,使软件的开发具有良好的、清晰的结构。软件总体结构包括两个互为独立的子系统,一个是单片机的底层软件系统;一个是上位机软件系统,两个子系统之间靠两者的接口完成参数的传送和信息交流。底层软件负责数据采集、数据采集前的控制及采集后的数据处理。上位机软件的作用由各个功能块来完成,各功能块在设计上有自己相对独立的目标,用户可根据确立的目标去实现各项功能。

2.1.2 硬件系统

系统(图 1)的硬件包括① PC AT 总线计算机部分。② AE 数据采集部分,包括模拟板和数字板,一组 AE 采集部分包含两个 AE 采集通道。③ AE 采集的系统控制部分。④ AE 采集系统的电源。⑤ AE 采集系统的前面板。⑥ AE 采集系统的后面板。⑦ AE 采集外接参数。⑧ AE 全波形采集。

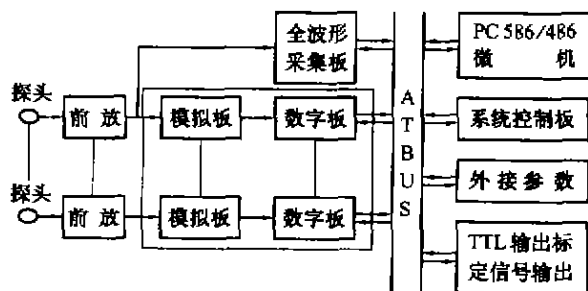


图 1 系统框图

2.2 工作原理

声发射仪器系统的核心是数据采集部分。采集部分完成信号的采集、处理和输出声发射数字参数。其简单原理框图见图 2。

声发射 AE 信号被前置放大器输出后,首先进入一个阻抗匹配放大电路完成信号的阻抗匹配,接

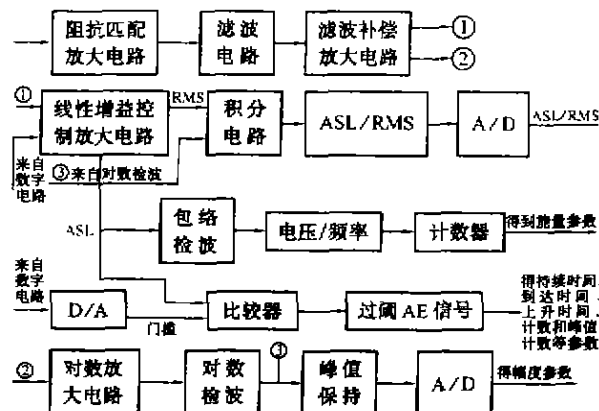


图 2 原理框图

下来进入滤波电路完成滤波。由于滤波对 AE 信号有一定的衰减作用,因此在完成滤波以后,再对 AE 信号进行一次衰减后的补偿放大。

进行上述处理后,AE 信号被分成两路输出。一路输出到线性增益放大电路(即主放大器);一路输出到对数增益放大电路。输出到线性增益放大电路的 AE 信号经过预先设定的放大以后,再次被分解成两路输出,一路直接输到积分电路进行积分处理,产生模拟参量 RMS(方均根电压值),再经 A/D 转换成数字参量。从而得到 RMS 声发射参数。

另一路 AE 信号被送到包络检波电路进行检波,检波以后的 AE 信号在压频转换电路完成信号压频转换,其作用是使不同的电压信号映射出不同的频率脉冲方波,后续的计数器再对这些脉冲进行计数,最后得到能量声发射参数。

从线性增益放大电路输出的还有一路 AE 信号被送到一个比较器中,每个被送到比较器中的 AE 参量都需与从 D/A 转换过来的阈值设定值进行比较,通过者在后续的电路中产生上升时间、持续时间、到达时间、计数和计数到峰值等 AE 参数。

前面提到的 AE 信号在滤波之后,一路到线性增益控制放大电路,而另一路到对数增益放大电路进行对数放大和检波,检波以后 AE 信号输入到峰值保持电路中,产生最大幅值保持模拟参量。数字电路中的 A/D 转换器对该模拟参量进行转换,最后产生数字参量幅度值。

3 测试结果^[2,3]

我们采用了对比测试的方法。在相同的标准信号下,测量 SPARTAN AT 和 AE95-AT 的采集板的声发射参数,根据测得的参数进行对比。表 1 给出了 SPARTAN AT 两个通道采集板的计数、上升

时间和持续时间参数实际测量值。表 2 是 AE95-AE 两个通道采集板的计数、上升时间和持续时间参数测量值。从表 1 和表 2 所列数据对比结果可见,两种采集板的这三个参数基本相同。表 3 为 SPARTAN AT 两通道的幅度声发射参数值,表 4 为 AE95-AT 两通道的幅度声发射参数值。能量参数的对比数据如表 5 和表 6 所示。表 7 和表 8 是时差精度的实际测量结果。

现将 SPARTAN AT 和 AE95-AT 实测到的声发射参数加权平均后列于表 9,并与给出的标准值进行比较。

表 1 SPARTAN AT 时间参数

时间			通道	上升时间 μs	计数	能量	持续时间 μs	幅度 dB
min	s	ms						
00	04	623	1	88	29	291	197	89
00	09	886	1	88	29	290	196	89
00	14	017	1	89	29	291	197	88
01	01	234	2	89	29	290	196	89
01	05	643	2	83	29	289	197	88

表 2 AE95-AT 时间参数

时间			通道	上升时间 μs	计数	能量	持续时间 μs	幅度 dB
min	s	ms						
00	33	183	31	95	30	323	207	89
00	38	573	31	88	31	323	205	89
00	43	014	31	96	30	322	207	88
01	22	557	32	88	31	324	207	87
01	26	598	32	89	31	325	212	87

表 3 SPARTAN AT 幅度参数

时间			通道	上升时间 μs	计数	能量	持续时间 μs	幅度 dB
min	s	ms						
00	38	520	2	48	10	97	65	90
00	40	291	2	44	10	98	66	91
00	49	003	2	42	10	98	66	91
01	03	944	1	41	10	96	66	90
01	05	705	1	41	10	96	65	90

表 4 AE95-AT 幅度参数

时间			通道	上升时间 μs	计数	能量	持续时间 μs	幅度 dB
min	s	ms						
00	03	138	32	51	12	101	78	89
00	07	005	32	55	12	100	79	89
00	22	944	31	47	12	100	79	90
00	27	671	31	51	12	101	78	90

表 5 SPARTAN AT 能量参数

时间			通道	上升时间 μs	计数	能量	持续时间 μs	幅度 dB
min	s	ms						
00	08	543	1	6 000	733	7 538	6 032	95
00	09	656	1	5 999	734	7 541	6 031	95
00	10	897	1	5 999	734	7 540	6 031	95
00	22	665	2	6 002	796	7 412	6 027	96
00	23	910	2	6 001	799	7 415	6 028	96

表 6 AE95-AT 能量参数

时间			通道	上升时间 μs	计数	能量	持续时间 μs	幅度 dB
min	s	ms						
00	33	280	31	6 002	731	8 126	6 026	96
00	34	363	31	6 004	731	8 122	6 024	96
00	46	528	32	5 999	645	7 998	6 027	94
00	47	775	32	6 003	644	8 000	6 027	94

表 7 SPARTAN AT 时差

时间			通道	上升时间 μs	计数	能量	持续时间 μs	幅度 dB
min	s	ms						
00	02	890	1	88	21	157	157	81
00	05	774	1	88	21	159	156	82
00	09	161	1	82	21	151	154	80
00	09	161	2	83	20	148	152	82

表 8 AE95-AT 时差

时间			通道	上升时间 μs	计数	能量	持续时间 μs	幅度 dB
min	s	ms						
00	02	907	31	92	24	174	163	85
00	05	685	31	87	22	174	162	83
00	08	816	31	93	23	176	165	85
00	08	816	32	92	22	171	161	84

表 9 声发射参数测试结果统计表(两个通道的统计)

仪器	时差 精度 μs	平均 幅度 dB	平均 能量	平均 计数	平均 持续时间 μs	平均 上升 时间 μs
SPARTAN AT	0	90.5	7 540	28	197	90
AE95-AT	0	89.5	8 100	30	205	90
标准值	—	90 ± 1	$8 000 \pm 5\%$	28~32	200	$100 \pm 5\%$

4 结论

从表 9 的比较结果可见,我们研制的仪器所有
(下转第 366 页)

两岸四地无损检测科技工作者携手合作、挑战未来

——21 世纪华人无损检测技术论坛在珠海召开

在全球加速经济一体化、中国即将加入 WTO 之际,为紧密两岸四地无损检测的联络纽带,携手合作,挑战未来,一次以共同探讨无损检测可持续发展战略、全面展示两岸四地近期成果和新产品,特别是就华人无损检测界的团队交流、协调和整合为主旨的技术论坛,于 2001 年 7 月 16 日在珠海宾馆国际会议中心隆重召开。

论坛开幕式由华侨大学何秀堂教授和来自台湾的谢文雄高级检验师共同主持。郭成彬教授代表主办单位珠海市科学技术协会和北京高科技工程师协会致开幕词。中国无损检测学会理事长耿荣生教授、中山大学副校长杨晓光教授、香港国际材料与评价协会主席吴永康先生分别致词,珠海市主要领导出席开幕式并讲话。

中科院院士、原中国无损检测学会理事长应崇福教授,北京高科技工程师协会理事长、原中科院声学研究所所长关定华教授,香港特别行政区立法会议员何钟泰博士,澳门国际公开大学校长庄善裕教授,香港理工大学副校长梁天培教授和原国立华侨大学校长陈觉万教授为论坛题词。

论坛收到海内外论文近 90 篇,台、港、澳近 60 名代表和大陆的近 100 名代表参加了这一规模空前的世纪学术盛会,论坛还特别邀请庄善裕教授和作家胡其云先生以科技与法律、企业与文化为题发表专题演讲。论坛期间还举办了无损检测仪器设备展览会、两岸四地无损检测恳谈会和闽台无损检测研讨班开班十周年纪念会。

根据代表的提议,对未来全方位合作取得共识,拟设置协调机构和华人无损检测技术研究机构共同推动两岸四地的交流和合作,并决定于 2003 年在香港举办第二届 21 世纪华人无损检测技术论坛。

论坛的召开引起海内外新闻媒体的极大关注,香港大公报、澳门日报和大陆的新华社、中央人民广播电台、珠海特区报和珠海电视台等都派记者采访论坛、跟踪报道。

由何秀堂教授主编、郭成彬和耿荣生教授主审的《21 世纪华人无损检测技术论坛论文集》已由知识产权出版社出版,需要者请与珠海南欧检测技术系统工程有限公司联系(电话 0756-3356011,联系人 王泓)。(欧阳可成供稿)

(上接第 329 页)

六项被测参数误差值与国外同类型产品相比基本相同。我们希望通过应用不断发展提高,让国产化产品在实际中得到信任,打掉怀疑态度,与声发射界同行共同努力,向更高的技术水平进军。

参考文献:

- [1] American Society for Nondestructive Testing. Acoustic Emission Testing of Nondestructive Testing Handbook (Vol. V) [M]. Second Edition, USA: American Society for Nondestructive Testing, 1987, 20—22.
- [2] Physical Acoustic Corporation. Spartan AT Technical Manual (Chapter 11) [M]. New Jersey: Physical Acoustic Corporation, 1989.
- [3] 沈功田,等. 声发射仪的校准 [A]. 第六届声发射会议论文集 [C]. 北京: 1995, 15—17.

(上接第 341 页)

图 4 所示即为实验结果,从图中可看出,无表面缺陷轴承滚子的模拟图与滚子基圆重合,频谱中无三次以上谐波;有表面缺陷轴承滚子的模拟图表现了较大的波动性,频谱中谐波成分很丰富。这表明被测工件表面缺陷的信息明显地被提取出来了,从而验证了该系统的正确性。

参考文献:

- [1] 洪迈生. 应用误差分离技术同时测量和分离机床主轴的径向误差运动和工件的形状误差 [J]. 振动与动态测试, 1983, (5): 1—8.
- [2] 潘德豫,等. 两点法误差分离技术及其在测量中的应用 [J]. 磨床与磨削, 1985, (2): 65—70.
- [3] 贾莲凤,等. 单液液压支柱油缸与活柱体的计算机实时测量系统 [J]. 煤炭科学技术, 1994, 23(9): 30—32.