

减小声呐发射机余振时长的方法研究

王雪平^{1,2}, 邓 镨^{1,2}, 芦 山^{1,2}

(1. 中科院声学研究所海洋声学技术中心, 北京 100190;
2. 北京市海洋声学装备工程技术研究中心, 北京 100190)

摘要: 为了解决目前声呐发射机中余振衰减时间较长的问题, 首先分析了余振产生的原因及可能有效减小余振衰减时间的方法, 并采用实验的方式验证了减少变压器匝数、采用引线电感小的连接线及减小换能器内阻这三种方法的有效性。实验证明这三种方法均可在不同程度上减小声呐发射机的余振时长; 采用减少变压器匝数和减小换能器内阻这两种方法, 发射机的余振时长可明显减小。余振时长直接影响余振盲区, 余振时长的减小为进一步提高多普勒测速仪的性能提供了可能。

关键词: 声呐发射机; 换能器; 变压器; 余振

中图分类号: TB565

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2019)-02-0136-04

DOI 编码: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2019.02.004

Research on reducing residual vibration duration of sonar transmitter

WANG Xue-ping^{1,2}, DENG Kai^{1,2}, LU Shan^{1,2}

(1. Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Ocean Acoustic Technology Center, Beijing 100190, China;
2. Beijing Marine Acoustic Equipment Engineering Technology Research Center, Beijing 100190, China)

Abstract: Aiming at the problem of long residual duration of the existing sonar transmitter, the cause of generating residual vibration and the methods of attenuating the residual vibration time are analyzed, and the effectiveness of these methods is verified by experiments. Starting from the actual demand, three methods to reduce the aftershock duration of sonar transmitter are studied by combing energy attenuation theory and corresponding experiments. The results show that the three methods can all reduce the aftershock duration of sonar transmitter to a certain extent, and provide an effective method to reduce the test blind area of ADCP, so as to further improve the test performance of ADCP.

Key words: sonar transmitter; transducer; transformer; residual vibration

0 引 言

声学多普勒流速仪(Acoustic Doppler Current Profilers, ADCP)越来越广泛地应用于对海洋和河流的开发利用中, 而 ADCP 声呐发射机性能直接影响水声设备的性能。由于声呐发射机在发射信号结束后, 仍有余振信号发出, 使得 ADCP 接收机在发射信号结束后不能立即采集信号。为了避免声呐发射机产生的余振干扰, ADCP 系统设置了余振盲区, 在余振结束之后, 接收机才开始接收信号。余振干扰存在的时间越长, 盲区也就越大^[1]。余振盲区的存在大大影响了 ADCP 的性能, 所以减小余振干扰时长也在一定程度上提高了 ADCP 的性能。本文从

可能减小余振持续时间的角度出发, 采用实验的方式, 验证所采取的措施能否减小余振衰减时间。

1 余振及减小余振时长的方法

声呐发射机中余振存在的根本原因是在发射机停止发射的瞬间, 变压器的初级和次级线圈里存储的能量不能立即释放掉, 而是在换能器负载回路中慢慢振荡衰减, 换能器负载回路示意图如图 1。

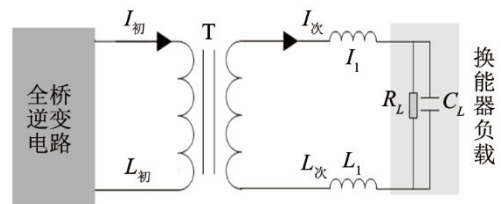


图 1 换能器负载回路示意图
Fig.1 Schematic diagram of transducer load circuit

收稿日期: 2018-01-08; 修回日期: 2018-03-13

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC1403404)、国家重点研发计划(2017YFC0405700-2)

作者简介: 王雪平(1977—), 女, 山东菏泽人, 研究方向为声呐发射机。

通讯作者: 王雪平, E-mail: sky_wxp@126.com

图 1 中 $L_{初}$ 和 $L_{次}$ 分别是变压器 T 的初级和次级电感, L_1 表示变压器连接换能器的引线电感, R_L 和 C_L 为换能器参数(容性换能器)。当线圈 L 中流过电流 I 时, 电感 L 中存储的能量 E 的公式为

$$E = \frac{1}{2} LI^2 \quad (1)$$

在发射机停止发射的瞬间, 变压器初级线圈流过的电流为 $I_{初}$, 次级线圈和引线电感中的电流为 $I_{次}$, 所以在发射机停止发射的瞬间, 变压器初级线圈中的能量 $E_{初}$ 为

$$E_{初} = \frac{1}{2} L_{初} I_{初}^2 \quad (2)$$

变压器次级线圈中的能量 $E_{次}$ 为

$$E_{次} = \frac{1}{2} L_{次} I_{次}^2 \quad (3)$$

引线电感中的能量 E_1 为

$$E_1 = L_1 I_{次}^2 \quad (4)$$

所以总的能量公式 $E_{总}$ 为

$$E_{总} = E_{初} + E_{次} + 2E_1 \quad (5)$$

1.1 减小余振能量的方式

减小余振衰减时间最根本有效的办法是减小需要衰减的能量。在满足输出功率的条件下, 尽量减小变压器初级和次级的储能, 并且尽最大可能减小引线电感的储能, 这些措施将有效减小余振衰减时间。

在逆变电压不变的情况下, 若变压器变比不变, 输出功率不变, 则输出电流也不变。所以有效减小储能的方法有以下两种:

- (1) 减小变压器初级和次级的匝数, 以减小初级和次级的电感;
- (2) 尽可能地减小连接线的引线电感。

根据变压器工作原理, 在输出功率一定时, 变压器的初级电感有最小限值^[2], 而变压器的初、次级电感与匝数的平方成正比, 减少变压器匝数即可减小变压器的初、次级电感, 从而减少余振能量。减小连接线引线电感将直接减少余振能量, 是一种十分有效的缩短余振衰减时间的方法。

1.2 加快余振能量衰减速度的方法

缩短能量衰减时间还有另外一种方法, 就是加快能量的衰减速度。在图 1 中, 消耗这部分余振能量最终由换能器的负载电阻完成, 电阻的阻值越小, 这部分余振能量消耗得越快, 余振持续的时间也就越短。所以加快余振的衰减速度, 也就是缩短余振的持续时间的有效方法。在条件允许的情况下, 换能器的电阻值应尽量小。

2 减小余振时长的实验

针对可能减小 ADCP 声呐发射机余振时长的方法, 设计了相应的实验来验证这些方法的可行性。实验条件如下:

- (1) 在实验 1 和实验 2 中采用的换能器相同, 变压器的匝比为 1:2.5 不变。在实验 3 中, 采用两种容性换能器, 两者电容值接近, 阻值差异较大;
- (2) 为了方便实验前后参数的对比, 实验中声呐发射机的工作频率是单频 1.2 MHz;
- (3) 在实验中, 逆变电压不变, 变压器的匝比不变, 所以变压器输出电压也不变。

2.1 变压器匝数减小对余振时长的影响

在减少变压器初次级的匝数实验中, 变压器采用同一个磁芯, 只是变压器的匝数改变, 变压器 T_1 的变比是 $n_{初}:n_{次}=4:10$, 变压器 T_2 的变比为 $n_{初}:n_{次}=2:5$ 。通过示波器测试各自的余振持续时间, 来验证减少匝数是否能有效减少余振的时长。图 2 为变压器 T_2 的余振时长, 从发射机停止发射开始, 到余振衰减至 1.6 V 为止, 耗时 162 μ s。图 3 为变压器 T_1 的余振时长。从发射机停止发射开始, 到余振衰减至 1.6 V 为止, 耗时 716 μ s。

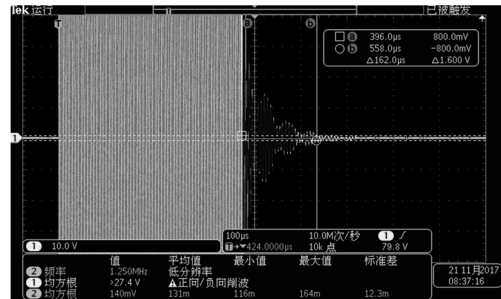


图 2 采用变压器 T_2 的发射机余振时长
Fig.2 Residual vibration duration of the transmitter with transformer T_2

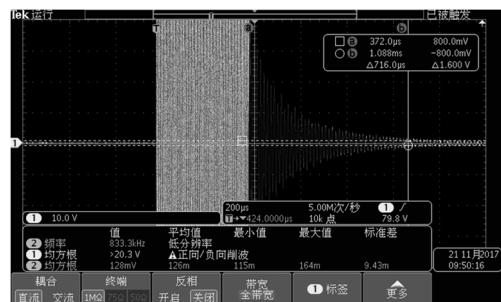


图 3 采用变压器 T_1 的发射机余振时长
Fig.3 Residual vibration duration of the transmitter with transformer T_1

时长,从发射机停止发射开始,到余振衰减至 1.6 V 为止,耗时 162 μs 。对比图 6 和图 7 的余振时长,换能器阻值更小时可以加快余振的衰减速度。

3 结 论

上述实验结果表明,减小变压器的匝数、采用引线电感较小的连接线和减小换能器阻值这三种方法均可在不同程度上缩短余振的衰减时间。采用引线电感较小的连接线是一种容易实现的方法,而变压器的匝数有最少匝数限制,不可随意减小。换能器的电阻参数与换能器的材料、尺寸以及加工工艺有关。通过减少变压器的匝数,减小换能器的等效电阻缩短余振时长,这种两种方法虽然不易实现,仍应在允许的范围做出努力,以尽可能提高 ADCP 的性能。

参 考 文 献

- [1] 潘仁红,黄燕德. 关于走航式 ADCP 测流盲区计算问题的探索[J]. 气象水文海洋仪器, 2005(1): 8-12.
- PAN Renhong, HUANG Yande. The discussion about walk navigation pattern adcp calculation problem of measure flow blindness zone[J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instrument, 2005(1): 8-12.
- [2] 尹克宁. 变压器设计原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- YIN Kening. Design principle of transformer[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [3] 黄耀, 黄建国, 景连友. 一种小型高效水声发射机的设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2011, 19(6): 1438-1441.
- HUANG Yi, HUANG Jianguo, JING Lianyou. Design and implementation of a small and high efficient underwater acoustic transmitter[J]. Computer Measurement & Control, 2011, 19(6): 1438-1441.
- [4] 张文波, 王明洲, 郝保安. 宽带水声换能器电声性能的优化设计[C]//中国造船工程学会优秀论文集, 2011.
- ZHANG Wenbo, WANG Mingyuan, HAO Baoan. Optimal design of electroacoustic performance of broadband underwater acoustic transducer[C]//Outstanding Papers of China Shipbuilding Engineering Society, 2011.
- [1] 潘仁红,黄燕德. 关于走航式 ADCP 测流盲区计算问题的探索[J].