

УДК 532

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ СИГНАЛОВ ДЛЯ ИМИТАЦИИ ЭХО-СИГНАЛОВ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

© Ю.И. Гусин, В.Д. Лихтецкий, А.П. Мартынюк, В.И. Простомолотов, 2007

ООО “MARPRO-GRUP”, г.Бэлць, Республика Молдова

Розглянуто результати створення, основні технічні характеристики багатоканального формувача сигналів (MCSF) для імітування ехо-сигналів гідроакустичних засобів. Наведено основні математичні співвідношення, що покладені в основу функціонування.

Рассмотрены результаты создания, основные технические характеристики многоканального формирователя сигналов (MCSF) для имитации эхо-сигналов гидроакустических средств. Приведены основные математические соотношения, положенные в основу функционирования.

The results of creation, basic performance attributes of multi-channel signal former (MCSF) for simulation of echo signals of hydroacoustic facilities are examined. The basic mathematical relationships put in principle of operation are given.

ЭХО-СИГНАЛЫ, ИМИТАЦИЯ, МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ СИГНАЛОВ, ХАРАКТЕРИСТИКА НАПРАВЛЕННОСТИ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Создание гидроакустических средств включает в себя различные этапы: разработка, проектирование, проведение лабораторных, заводских стендовых, заводских натуральных и прочих испытаний.

На каждом этапе в разной мере существует потребность в проверках используемых схемотехнических и алгоритмических решений с использованием сигналов, получаемых в натуральных условиях.

При разработке гидроакустической аппаратуры наиболее затратными являются натурные испытания с привлечением плавсредств, значительного количества технического и обслуживающего персонала и средств обеспечения.

Предприятием ООО “MARPRO-GRUP” разработан многоканальный формирователь сигналов, который эффективно используется для имитации эхо-сигналов восьмиканального доплеровского гидроакустического лага и двухканального навигационного эхолота, аббревиатура MCSF (MULTI CHANNEL SIGNAL FORMER).

MCSF состоит из следующих составных частей:

- модуля многоканального формирователя сигналов MCSFM;
- многоканального эквивалента нагрузок EQM;
- программного обеспечения ПО MCSFM .

В основу создания MCSFM положена математическая модель формирования эхо-сигнала доплеровского лага, использующего фазированную антенную решетку в условиях следующих внешних воздействий:

- килевая и бортовая качки;
- вертикальные перемещения;
- статические крен и дифферент;
- течение.

Уровень эхо-сигналов устанавливается автоматически как функция глубины, уровня и

частоты излучаемого сигнала в соответствии с зависимостью:

$$U_{\text{эхо}} = \sqrt{\frac{W_{\text{э}} \cdot K_{\text{д}}}{R^2} \cdot \frac{\rho c}{4\pi} \cdot \mu(\theta) \cdot 10^{-0,2\beta \cdot R \cdot 10^{-3}} \cdot \gamma_{\text{а}}}, \quad (1)$$

где $U_{\text{эхо}}$ – уровень эхо-сигнала, мкВ;

$W_{\text{э}}$ – электрическая мощность излучаемого сигнала, Вт;

$K_{\text{д}}$ – коэффициент полезного действия антенны;

R – наклонная дальность, м;

ρc – волновое сопротивление среды;

$\mu(\theta)$ – коэффициент обратного рассеивания для угла падения θ ;

β – коэффициент пространственного затухания звука в воде, дБ/км;

$\gamma_{\text{а}}$ – чувствительность антенны на приеме, мкВ/Па.

Уровень формируемых эхо-сигналов может также устанавливаться пользователем вручную.

Частота имитируемых эхо-сигналов является функцией частоты излучаемого сигнала, скорости имитируемого движения, килевой и бортовой качек, скорости вертикального перемещения, статического крена и дифферента и формируется следующими зависимостями:

$$F_{\text{пр1}} = F_{\text{и}} + \frac{2F_{\text{и}} \cdot V_{\text{x}}}{c} \cdot \sin(\alpha - \alpha'_{\text{k}}) + V_{\text{z}} \cdot \cos(90^\circ - \alpha - \alpha'_{\text{k}}), \quad (2)$$

$$F_{\text{пр2}} = F_{\text{и}} + \frac{2F_{\text{и}} \cdot V_{\text{x}}}{c} \cdot \sin(\alpha - \beta'_{\text{k}}) + V_{\text{z}} \cdot \cos(90^\circ - \alpha - \beta'_{\text{k}}), \quad (3)$$

$$F_{\text{пр3}} = F_{\text{и}} - \frac{2F_{\text{и}} \cdot V_{\text{x}}}{c} \cdot \sin(\alpha + \alpha'_{\text{k}}) + V_{\text{z}} \cdot \cos(90^\circ - \alpha + \alpha'_{\text{k}}), \quad (4)$$

$$F_{\text{пр4}} = F_{\text{и}} - \frac{2F_{\text{и}} \cdot V_{\text{x}}}{c} \cdot \sin(\alpha + \beta'_{\text{k}}) + V_{\text{z}} \cdot \cos(90^\circ - \alpha + \beta'_{\text{k}}), \quad (5)$$

$$\alpha'_{\text{k}} = \alpha_{\text{ст}} + \alpha_{\text{k}} \cdot \sin \frac{2\pi}{T_{\alpha}} \cdot t, \quad (6)$$

$$\beta'_{\text{k}} = \beta_{\text{ст}} + \beta_{\text{k}} \cdot \sin \frac{2\pi}{T_{\beta}} \cdot t, \quad (7)$$

где $F_{\text{прi}}$ – частота эхо-сигнала по i -му лучу характеристики направленности;

$V_{\text{x}}, V_{\text{y}}, V_{\text{z}}$ – продольная, поперечная и вертикальная составляющие вектора скорости в корабельной системе координат;

$F_{\text{и}}$ – частота излучаемого сигнала;

α_k, β_k – амплитуда килевой и бортовой качек соответственно;
 α – угол наклона луча характеристики направленности (ХН) антенны к горизонту;
 T_α, T_β – периоды килевой и бортовой качек соответственно;
 $\alpha_{ст}, \beta_{ст}$ – угол дифферента и крена.

При совместном включении MCSFM и EQM формируются эхо-сигналы на фоне шума. Шум задается внешним стандартным генератором. При изменениях уровней сигнала и шума задаются различные соотношения сигнал-шум.

ПО MCSFM, исполняемое управляющим персональным компьютером, обеспечивает формирование имитационных эхо-сигналов, характеристики которых определяются следующими параметрами имитации:

Диапазон глубин, м	8 ÷ 6000
Диапазон скоростей, уз.:	
продольная	-5 ÷ 50
поперечная	-5 ÷ 5
Дискретность задания составляющих вектора скорости, уз.	1
Углы продольной и поперечной качки:	
амплитуда, град	-10 ÷ 10
период, с	0 ÷ 99
Углы статического крена и дифферента, град	-6 ÷ 6
Вертикальные составляющие вектора скорости, м/с	-3 ÷ 3
Горизонтальные составляющие вектора скорости течения в корабельной системе координат, уз.	-5 ÷ 5
Частотный диапазон имитируемых сигналов, кГц	1 ÷ 300
Динамический диапазон имитируемых эхо-сигналов, дБ	60
Конструктивно MCSFM оформлен в виде трех модулей:	
формирователь сигналов многоканальный MCSFM	1 шт.
модуль эквивалентов нагрузки	2 шт.

Технические характеристики электронного модуля MCSFM:

1. Габариты не более 295 x 320 x 178 мм, цвет корпуса светло-серый, цвет передней панели белый.

2. Питание осуществляется от однофазной сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц.

3. Потребляемая мощность от сети не более 30 Вт.

4. Средняя формируемая частота заполнения в четырех каналах НЧ может устанавливаться в диапазоне от 1000 до 60000 Гц.

5. Средняя формируемая частота заполнения в четырех каналах ВЧ может устанавливаться в диапазоне от 50000 до 300000 Гц.

6. Количество одновременно формируемых выходных сигналов 8 по каналу ВЧ и 8 по каналу НЧ.

7. Дискрет задания частоты 0,01 Гц.

8. Диапазон формируемых задержек выходного сигнала от 0,008 до 7,944 с.

9. Работа осуществляется под управлением внешнего компьютера, связь с компьютером осуществляется через LPT-порт.

10. На экране монитора управляющего компьютера представляется следующая информация:

- задаваемые значения скорости V_x , V_y ;
- задаваемые значения вертикальной скорости V_z ;
- задаваемые значения скорости течения в корабельной системе координат;
- задаваемое значение глубины H ;
- значения скоростей и рабочей глубины тестируемой аппаратуры;
- значения частот иммитируемого эхо-сигнала по каждому лучу ХН канала ВЧ и канала НЧ;
- уровень формируемых сигналов;
- время распространения сигнала;
- длительности импульсов τ_{TR} HF (приемо-передатчика высокой частоты), τ_{TR} LF (приемо-передатчика низкой частоты);
- значения параметров качки (период, амплитуда);
- продолжительность работы модуля;
- значение частоты задающего генератора;
- значение средней формируемой частоты заполнения канала ВЧ и канала НЧ;
- скорость передачи и приема информации по каналам СОМ.

11. Сообщения на экране монитора управляющего компьютера представляются на английском или русском языках.

12. На передней панели модуля расположены следующие органы управления, индикации и контроля:

- выключатель электропитания « ~ 220 V»;
- переключатель внешнего или внутреннего импульсов запуска τ_{TR} INT/EXT;
- выключатели строба управляющих сигналов STROBE HF, STROBE LF каналов ВЧ и НЧ соответственно;
- выключатели режима непрерывных сигналов CONTINUOUS HF, CONTINUOUS LF каналов ВЧ и НЧ соответственно;
- индикаторы сигналов τ_{TR} HF, τ_{TR} LF каналов ВЧ и НЧ соответственно;
- индикаторы сигналов ECHO HF, ECHO LF каналов ВЧ и НЧ соответственно;
- контрольные гнезда для контроля сигналов τ_{TR} HF, τ_{TR} LF, ECHO HF, ECHO LF, 4fHF, 4fLF.

Количество гнезд для подключения внешних генераторов шума – 2 шт.

Для иммитации эхо-сигналов эхолота используется один из выходных сигналов MCSF, а подключение к тестируемой аппаратуре производится с помощью переходного устройства.

Программное обеспечение формирователя функционирует в среде Windows-95, 98, XP.

MCSF обладает понятным и удобным пользовательским интерфейсом.

Многоканальный формирователь разрабатывался как система имитации сигналов доплеровского лага и навигационного эхолота. При определенных доработках модулей и ПО многоканальный формирователь сигналов можно использовать для имитации эхо-сигналов таких систем как многоканальные эхолоты, гидролокаторы, гидролокаторы бокового обзора.

MCSF позволяет решить следующие задачи:

- выявить на ранних стадиях разработки и проектирования некорректные схемотехнические и алгоритмические решения;

- выполнить предварительную полную проверку разрабатываемых изделий на соответствие техническим требованиям в условиях завода-изготовителя гидроакустических средств (при приемо-сдаточных испытаниях и при подготовке к швартовным испытаниям);
- сократить путем минимизации продолжительности натуральных испытаний время и стоимость создания аппаратуры;
- упростить выполнение регламентно-сдаточных работ гидроакустической аппаратуры;
- выполнить подготовку пользователей гидроакустической аппаратуры в условиях завода-изготовителя;
- с максимальной эффективностью произвести подготовку гидроакустической исследовательской аппаратуры для проведения натуральных испытаний.

Сравнительный анализ показал высокое соответствие результатов лабораторного тестирования доплеровского лага ЛДУ-160 с помощью MCSF и результатов его натуральных испытаний.

Использование многоканального формирователя сигналов позволяет в значительной мере выполнить требования современных экономических условий по эффективному использованию финансовых и материальных средств при разработке, эксплуатации и тестировании гидроакустических средств.

Литература

1. Абсолютные и относительные лаги/ К.А.Виноградов, В.Н.Кошкарев, Б.А.Осюхин, А.А.Хребтов: Справочник. – Л.: Судостроение, 1990. - 264 с.
2. Формирователь сигналов многоканальный MCSF. Инструкция по эксплуатации МР.442226.001 ИЭ, 2003.