

УДК 620.179.16

Д.С. Астахов, В.В. Городничий

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, Днепропетровск

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХ В СИСТЕМАХ ИЗМЕРЕНИЯ

В системах измерения и контроля существует такое явление как «мертвая зона». Это явление возникает в результате воздействия помехи от зондирующего импульса на вход системы. При использовании коротких зондирующих импульсов эту помеху можно отделить от полезного сигнала временным способом. При использовании в качестве зондирующих импульсов сигналы сложной формы временное разделение сигналов невозможно. Поэтому возникает необходимость одновременной передачи и приема сигналов. В данной работе рассмотрен способ подавления помехи в измерительных системах в момент действия зондирующего импульса. Предложена функциональная схема автоматической системы компенсации данного вида помехи.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, бесконтактный метод, импульсная помеха, система компенсации.

Введение**Постановка проблемы и анализ литературы.**

Развитие бесконтактных методов ультразвукового неразрушающего контроля, в частности электромагнитно-акустического (ЭМА) метода, требует повышения достоверности системы контроля в целом. Потому как коэффициент двойного ЭМА преобразования очень мал и составляет 10^{-4} – 10^{-7} [0].

Для повышения чувствительности системы контроля необходимо увеличивать соотношение сигнал – помеха (ССП) на входе приемника. Увеличение ССП за счет повышения мощности сигнала приводит к усложнению силовой части системы контроля и увеличению мертвой зоны контроля, поэтому наиболее целесообразно использовать сложные сигналы и применять к ним оптимальную обработку. Для значительного увеличения ССП необходимо использовать сигналы большой длительности. В результате возникает необходимость одновременного приема полезного сигнала и передачи зондирующего. При контроле как совмещенным, так и раздельным преобразователем наводятся и полезный, и зондирующий сигналы. Для приемника зондирующий сигнал является помехой. Поэтому его необходимо компенсировать. Компенсация выполняется путем вычитания опорного сигнала из сигнала на входе приемника. Для того чтобы провести его как можно более точно необходимо знать фазу и время прихода. Для ультразвукового контроля трудность компенсации заключается в том, что вычитаемый сигнал является, во-первых, высокочастотным и, во-вторых, заранее абсолютно не известным по форме (уровню) и времени прихода. Так как в процессе контроля зазор между электромагнитно-акустического преобразователя (ЭМАП) и объектом контроля (ОК) непрерывно меняется, то

меняется и уровень наводимой помехи. Поэтому необходимо учитывать и эти изменения.

Вопросы неразрушающего контроля достаточно широко освещены в научной литературе.

К таким работам, связанным в первую очередь с осуществлением ультразвукового контроля, относится работа [1].

Вопросы исследования системы на устойчивость хорошо изложены в работе [2]

Вопросы статистической теории радиосистем, построения измерителей, оценки сигналов на фоне шумов хорошо изложены в работах [3 – 5].

Цель работы: проанализировать способ подавления помехи в измерительных системах в момент действия зондирующего импульса. Рассмотреть функциональную схему автоматической системы компенсации данного вида помехи.

Основной материал

Для значительного увеличения ССП необходимо использовать сигналы большой длительности [3 – 5]. В результате возникает необходимость одновременного приема полезного сигнала и передачи зондирующего. При контроле как совмещенным, так и раздельным преобразователем наводятся и полезный, и зондирующий сигналы. Для приемника зондирующий сигнал является помехой. Поэтому его необходимо компенсировать. Компенсация выполняется путем вычитания опорного сигнала из сигнала на входе приемника. Для того чтобы провести его как можно более точно необходимо знать фазу и время прихода. Для ультразвукового контроля трудность компенсации заключается в том, что вычитаемый сигнал является, во-первых, высокочастотным и, во-вторых, заранее абсолютно не известным по форме (уровню) и времени прихода. Так как в процессе контроля зазор между электромагнитно-

акустическим преобразователем (ЭМАП) и объектом контроля (ОК) непрерывно меняется, то меняется и уровень наводимой помехи. Поэтому необходимо учитывать и эти изменения.

Для решения поставленной проблемы предлагается использовать автоматическую систему компенсации помехи от зондирующего импульса. Так как при изменении зазора изменяется уровень наве-

денной помехи, то возникает низкочастотная амплитудная модуляция, которую также необходимо компенсировать. С помощью данной системы можно избавиться как от самой помехи, так и от влияния изменения зазора между преобразователем и объектом контроля.

На рис. 1 представлена функциональная схема такой системы..

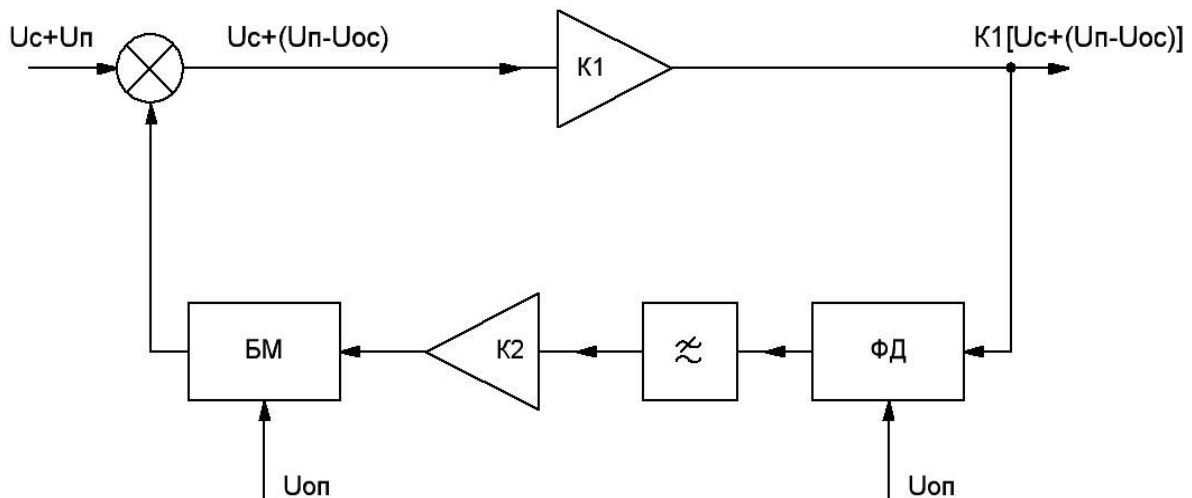


Рис. 1. Функциональная схема автоматической системы компенсации помехи от зондирующего импульса: K1, K2 – усилители; БМ – балансный модулятор; ФД – фазовый детектор; Uс – полезный сигнал; Uп – сигнал – помеха; Uос – сигнал обратной связи; Uоп – опорный сигнал

На вход системы подается разностный сигнал между сигналом с приемного преобразователя, $U_{с+U_{п}}$, и сигналом обратной связи $U_{ос}$. В основной цепи системы стоит усилитель K1. В цепи обратной связи находятся фазовый детектор, фильтр нижних частот, усилитель K2 и балансный модулятор. Данная цепь представляет собой синхронный фильтр. На входы фазового детектора и балансного модулятора от генератора зондирующих импульсов подается опорный сигнал $U_{оп}$. Фазовый детектор выделяет огибающую, которая затем фильтруется, усиливается и подается на вход балансного модулятора, в котором происходит перемножение $U_{оп}$ и выделенной огибающей. В разностном элементе происходит вычитание входного сигнала, $U_{с+U_{п}}$, и сигнала обратной связи, $U_{ос}$. Выходной сигнал снимается с выхода усилителя K1. Таким образом, система автоматически следит за изменяющимся уровнем сигнала-помехи от зондирующего импульса.

Эффективность подавления помехи будет зависеть от устойчивости данной системы при заданном коэффициенте усиления по контуру и от ее быстродействия. Чем выше коэффициент усиления по контуру, тем больше коэффициент ослабления помехи, но тем менее устойчива сама система. Для исследования системы на устойчивость необходимо состав-

ить передаточные функции звеньев согласно теории автоматического управления. И воспользоваться одним из критериев устойчивости. Также, можно исследовать систему на быстродействие и другие качественные характеристики.

Для модулятора, детектора, фильтра нижних частот и усилителей передаточная функция имеет следующий общий вид [0]:

$$W_{\Sigma}(w) = \frac{K}{1 + jwT_{\Sigma}}$$

где K – коэффициент усиления на нулевой частоте;

$$T_{\Sigma} = \frac{T}{1 + (w_0 - w_C)^2 T^2}; \quad w_C = \frac{w_B + w_H}{2};$$

$$T = \frac{2}{w_B - w_H};$$

w_0 – рабочая частота; w_H – нижняя частота полосы пропускания; w_B – верхняя частота полосы пропускания; w_C – средняя частота полосы пропускания.

Запишем передаточные функции для каждого звена.

Усилитель K1:

$$W1(w) = \frac{K1}{1 + jwT1}$$

Фазовый детектор:

$$W_D(w) = \frac{K_D}{1 + jwT_D}.$$

Модулятор:

$$W_M(w) = \frac{K_M}{1 + jwT_M}.$$

Фільтр НЧ:

$$W_F(w) = \frac{K_F}{1 + jwT_F}.$$

Усилитель К2:

$$W_2(w) = \frac{K_2}{1 + jwT_2}.$$

Следует отметить, что при высоком быстродействии усилителей, модулятора и детектора, основной вклад в быстродействие системы будет вносить ФНЧ, у которого постоянная времени значительно больше, чем у остальных звеньев системы. Для того чтобы получить ослабление сигнала – помехи около 10^4 раз и при этом система была устойчивой, необходимо чтобы полоса пропускания звеньев, кроме фильтра, была на два порядка больше рабочей частоты.

На практике был получен коэффициент ослабления 1200 при максимальной рабочей частоте 3 МГц. Такую систему компенсации также можно использовать в любых измерительных системах, где требуется подавить внешнее возмущающее воздействие. При проектировании подобной системы следует учесть, что уровень помехи не должен вызывать насыщение входного усилителя. Если насыщение все же возникает, то необходимо использовать дополнительные средства для предварительного подавления помехи.

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КОМПЕНСАЦІЇ ЗАВАД В СИСТЕМАХ ВИМІРЮВАННЯ

Д.С. Астахов, В.В. Гордничий

У системах вимірювання і контролю існує таке явище як «мертва зона». Це явище виникає в результаті дії переходи від зондуючого імпульсу на вхід системи. При використанні коротких зондуючих імпульсів цю переходину можна відокремити від корисного сигналу часовим способом. При використанні у якості зондуючих імпульсів сигналів складної форми часове розділення сигналів неможливе. Тому виникає необхідність одночасної передачі і прийому сигналів. У даній роботі розглянуто спосіб придушення переходи у вимірювальних системах у момент дії зондуючого імпульсу. Запропоновано функціональну схему автоматичної системи компенсації даного виду переходи.

Ключові слова: *непорушуючий контроль, безконтактний метод, імпульсна переходину, система компенсації.*

THE AUTOMATIC SYSTEM OF INDEMNIFICATION OF HINDRANCES IS IN THE SYSTEMS OF MEASURING

D.S. Astahov, V.V. Gorodnichiy

In measurement and control systems there is such phenomenon as «a dead band». This phenomenon results from influence of a disturbance from a probing impulse on a system input terminal. At use of short probing impulses this disturbance can be separated from a useful signal in the time way. At use as probing impulses complex waves time disjointing of signals is impossible. Therefore there is a necessity of simultaneous handing on and reception of signals. In the given work the way of suppression of a disturbance in measuring systems at the moment of action of a probing impulse is considered. The functional circuit of automatic system of indemnification of the given kind of a disturbance is offered.

Keywords: *nondestructing control, non-contact method, impulsive hindrance, system of indemnification.*

Выводы

В статье предложен способ подавления помехи в измерительных системах в момент действия зондирующего импульса. Рассмотрена функциональная схема автоматической системы компенсации данного вида помехи, которая может быть использована в ультразвуковых системах неразрушающего контроля. Теоретические вопросы, изложенные в статье, нашли свое подтверждение в практической реализации рассматриваемого устройства

Список литературы

1. *Неразрушающий контроль: справочник: В 7 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. – Т. 3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с: ил.*
2. *Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – 3-е изд. – М.: Наука, 1975. – 768 с.*
3. *Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б.Р. Левин. – М.: Сов радио, 1974, 552 с.*
4. *Радиотехнические системы / Под ред. проф. Ю.М. Казаринова. – М.: Высшая школа, 1990. – 496 с.*
5. *Прикладные математические методы анализа в радиотехнике / Под ред. Г.В. Обрезкова. – М.: Высшая школа, 1985 – 344 с.*

Поступила в редколлегию 30.05.2009

Рецензент: : д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.