



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 10.01.79(21) 2711196/18-24

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 15.02.81, Бюллетень № 6

Дата опубликования описания 17.02.81

(11)805330

(51)М. Кл.³

G 06 F 15/20

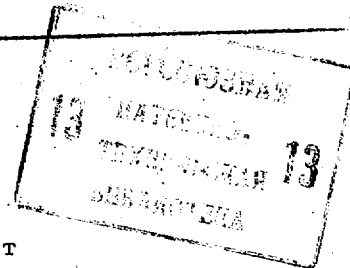
(53) УДК 681.325
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

В. Н. Ярмолик и А. Е. Леусенко

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт



(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ВИБРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Изобретение относится к вычислительной технике и может быть использовано в качестве специализированной системы для управления вибрационным испытательным стендом.

Известна система для управления вибрациями, содержащая генераторы шума, регулировочные потенциометры, аналоговые полосовые фильтры задающей стойки, усилители, согласующие усилители, усилители мощности, полосовые анализирующие фильтры, детекторы и т.д. [1].

Использование аналоговых блоков приводит к нестабильности основных характеристик системы в целом, устранение которой осуществляется введением большой аппаратной избыточности. Кроме того, подобные устройства отличаются низкой технологичностью изготовления и настройки системы в целом, громоздкостью и значительной энергоемкостью.

Наиболее близкой по технической сущности к изобретению является система для управления вибрациями, в состав которой входят вибростенд, аналого-цифровой преобразователь, блок хранения выходных отсчетов, спектральный анализатор, блок усред-

нения спектров, блок сравнения, блок хранения эталонного спектра, блок хранения входных спектров, процессор обратного преобразования Фурье, генератор случайной фазы, блок умножения, блок хранения входных значений, цифро-аналоговый преобразователь. Известная система для цифрового управления вибрациями испытательным стендом предназначена для привода в действие и управления вибрационными испытаниями среды для устройств типа вибрационного стенда со случайным сигналом для того, чтобы подвергать образец в среде или на аппаратуре вибрациям с заданной спектральной плотностью. Движение или ускорение, которым подвергается образец в среде или на аппаратуре, воспринимаются акселерометрами и преобразуют в цифровой сигнал в аналого-цифровом преобразователе. Анализ спектральной плотности цифрового сигнала осуществляется с помощью Фурье-преобразования. Эта спектральная плотность сравнивается с желаемой или заданной спектральной плотностью и результат сравнения используется для генерации случайного сигнала, который будучи преобразованным в сигнал

во временную область, приводит в действие и управляет вибрацией среды или аппаратуры. Генератор случайной фазы генерирует случайный параметр цифрового сигнала. Этот цифровой фазовый угол используется вместе с результатами сравнения между действительной и желаемой спектральными плотностями мощности для получения случайного цифрового сигнала. Этот сигнал преобразуется в функцию времени с помощью обратного преобразования Фурье. Результаты обратного преобразования Фурье преобразуются в аналоговый сигнал, который используется для привода и управления среды или аппаратуры.

Таким образом, система позволяет подвергать образец вибрациям, имеющим заданную спектральную плотность мощности или автоспектральную плотность [2].

Основным недостатком подобной системы является невозможность получения истинно случайного процесса, так как алгоритм Райса-Пирсона, используемый в данной системе, позволяет генерировать псевдослучайный сигнал. Кроме того, для достижения реального масштаба времени работы системы возникает необходимость в увеличении объема выборки преобразуемых БПФ и ОБПФ во временную и затем в частотную области, что сказывается на точности обработки выходных спектров.

Потребность в получении длительных реализаций случайного процесса приводит к тому, что на выходе системы получается реализация, состоящая из многократно повторяющейся одной реализации псевдослучайного сигнала. Наличие аппаратуры для сглаживания стыков соседних реализаций значительно усложняет аппаратурную реализацию.

Недостатком данной системы является также наличие переходного процесса для установления на выходе требуемой спектральной плотности мощности. Это объясняется необходимостью использования в подобных системах итерационных методов настройки на требуемый спектр.

Цель изобретения - увеличение точности задания спектральной плотности мощности, повышение качества генерируемого случайного процесса и упрощение аппаратурного построения системы.

Для достижения поставленной цели в систему для управления вибрации, содержащую последовательно включенные цифроаналоговый преобразователь, вибростенд, аналого-цифровой преобразователь и блок хранения выходных отсчетов, а также блок хранения эталонных значений и блок хранения входных значений, введены источник шума,

формирующий фильтр, коррелометр, блок для решения системы линейных уравнений и блок изменения весовых коэффициентов, выход блока хранения выходных отсчетов соединен с первым входом коррелометра, выход которого соединен с первым входом блока для решения системы линейных уравнений, выход которого через блок изменения весовых коэффициентов соединен со входом блока хранения входных значений, первый выход которого соединен с первым входом формирующего фильтра, выход источника шума подключен ко вторым входам формирующего фильтра и коррелометра, а ко второму и третьему входам блока для решения системы линейных уравнений подключены выход блока эталонных значений и второй выход блока хранения входных значений соответственно.

На чертеже изображена блок-схема системы.

Система для управления вибрациями состоит из вибростенда 1, аналого-цифрового преобразователя 2, блока хранения выходных отсчетов, коррелометра 4, блока для решения системы линейных уравнений, блока хранения эталонных значений, блока изменения весовых коэффициентов, блока хранения входных значений, источника шума, формирующего фильтра 10, цифроаналогового преобразователя 11.

Формирующий фильтр 10, цифроаналоговый преобразователь 11, вибростенд 1, аналого-цифровой преобразователь 2, блок хранения выходных отсчетов, коррелометр 4, блок для решения системы линейных уравнений, блок изменения весовых коэффициентов, блок хранения входных значений и цифровой формирующий фильтр 10 соединены последовательно, а выход источника шума подключен ко вторым входам формирующего фильтра 10 и коррелометра 4, и, кроме того, ко второму и третьему входам блока для решения системы линейных уравнений подключены выходы блока хранения входных значений и блока хранения эталонных значений.

Вибростенд 1 служит для преобразования электрического сигнала в механическое воздействие, а также для механического воздействия на исследуемый объект. Цифроаналоговый 11 и аналого-цифровой 2 преобразователи предназначены для преобразования цифровой информации в аналоговую и аналоговую в цифровую соответственно. Блок хранения выходных отсчетов, блок хранения эталонных значений и блок хранения входных значений представляет собой идентичные оперативные запоминающие устройства, служащие для хранения цифровой информации. Коррелометр 4 предназначен для определения взаимокорреляционной

функции между случайным процессом, получаемым на выходе источника 9 шума, и выходным случайным процессом с произвольным спектром на выходе блока 3. Блок 5 для решения системы линейных уравнений представляет собой специализированное вычислительное устройство, выполняющее функцию решения следующей системы линейных уравнений. Формирующий фильтр 10 представляет собой простейшее арифметическое устройство, реализующее алгоритм работы цифрового нерекурсивного фильтра, т.е. блок 10 представляет собой простейшее суммирующее устройство, осуществляющее вычисление весовых коэффициентов или их инверсий.

Функционирование устройства происходит следующим образом.

Перед началом работы в блок 8 хранения входных значений заносятся значения весовых коэффициентов, соответствующих желаемой спектральной плотности мощности. Эти же значения весовых коэффициентов записываются в память процессора 5 и блок 6 хранения эталонных значений, так как в установленном режиме на выходе системы необходимо получить желаемую спектральную плотность мощности, которой соответствуют весовые коэффициенты.

После включения системы на вход цифрового формирующего фильтра 10 поступают отсчеты шума, т.е. значения 1 или -1, которые после умножения на соответствующий коэффициент суммируются в блоке 10. После 2 тактов суммирования на выходе цифрового формирующего фильтра 10 получается первый отсчет выходного случайного процесса. Многократно повторяя описываемую процедуру, на выходе блока 10 получаем отсчеты дискретного случайного процесса заданной спектральной плотности мощности. Цифроаналоговый преобразователь 11 преобразует дискретный случайный процесс в аналоговую форму и подает на вибростенд 1. Необходимо заметить, что вибростенд 1 имеет такие устройства, как усилитель мощности, акселерометр, преобразователь электрических колебаний в механические и наоборот. Аналого-цифровой преобразователь 2 преобразует аналоговый сигнал в цифровую форму в виде последовательности дискретных отсчетов выходного случайного процесса, которые записываются в блок 3 хранения выходных отсчетов. По мере того, как находится необходимый объем отсчетов в блоке 3 или же в реальном масштабе времени, коррелометр 4 вычисляет значения взаимокорреляционной функции.

Оценки взаимокорреляционной функции определяют значение весовой функции системы формирующий фильтр - вибростенд. Выходными значениями коррел

метра 4 являются оценки взаимокорреляционной функции. После определения всех значений взаимокорреляционной функции получается полная система уравнений. Решение этой системы является процессом идентификации, в результате которого определяется весовая функция вибростенда с исследуемым объектом.

После окончания процесса идентификации в систему уравнений подставляются значения весовой функции, хранящейся в блоке 6, которой соответствует требуемый вид спектральной плотности мощности, который необходимо получить на выходе системы. В данном случае система решается относительно весовых коэффициентов формирующего фильтра 10, причем коэффициентами системы уже будут являться значения весовой функции, определенной на этапе идентификации. После решения системы получают весовые коэффициенты фильтра, использование которых позволяет получить на выходе системы требуемый вид спектральной плотности мощности.

Блок 7 изменения весовых коэффициентов осуществляет плавное изменение коэффициентов цифрового формирующего фильтра с целью избежания перерегулирования в процессе настройки системы.

С целью поддержания требуемого значения спектральной плотности мощности обратная связь в системе не разрывается и поэтому процесс перерасчета весовых коэффициентов беспрерывно продолжается. Вполне естественным режимом предложенного устройства является возможность изменения желаемой спектральной плотности мощности, т.е. соответствующий ей коэффициентов в течение работы системы. Это особенно полезно, когда возникает необходимость подвергать образец возбуждению, моделирующему изменяющуюся во времени вибрацию среды.

Точность задания спектральной плотности мощности в известном устройстве определяется, в конечном счете, объемом запоминающих устройств, количество информации которых принципиально увеличить до значительной величины невозможно, и, кроме того, длительностью переходного процесса, в течение которого реальный вид спектральной плотности мощности будет отличаться от желаемой.

Точность задания спектральной плотности мощности повышается за счет уменьшения или почти полного отсутствия переходного процесса. Уже в процессе однократного решения системы уравнений процессором определяются коэффициенты, которые определяют соответствие реальной

спектральной плотности мощности желаемой. Длительность переходного процесса в этом случае будет определяться только блоком 7 изменения весовых коэффициентов. Кроме того, объем запоминающих устройств и размерность системы можно значительно увеличить, так как перерасчет весовых коэффициентов необходим только эпизодически с целью проверки на соответствие реальной спектральной плотности мощности желаемой.

Наличие источника 9 шума, построенного на чисто физических принципах, позволяет получать неповторяющиеся реализации случайного процесса, характеризующиеся истинной случайностью и полной независимостью (а не некоррелированностью и псевдослучайностью, как в известном), что в решающей степени, сказывается на качестве случайного процесса. В известном устройстве случайный процесс, воздействующий на вибростенд, не может удовлетворять истинной случайности при различных длинах реализаций, а также независимости, так как единственный элемент, вносящий случайность, реализован на регистре сдвига с сумматором по модулю два в цепи обратной связи и представляет собой генератор псевдослучайных чисел. Кроме того, выходной процесс, генерируемый известным устройством будет состоять из ряда отдельных, одинаковых выборок, что вызывает необходимость в решении задач рандомизации одной и той же выборки и стыковки таких реализаций в одно целое для получения единого процесса. Выходной процесс будет иметь однородную структуру, т.е. проблема стыковки отдельных реализаций отсутствует, и, кроме того, снимается необходимость в рандомизации весовых значений, так как в качестве первичного источника шума используется истинно случайный физический датчик.

Упрощение аппаратного построения цифровой вычислительной системы для управления вибрациями обуславливается использованием для ее реализации ти-

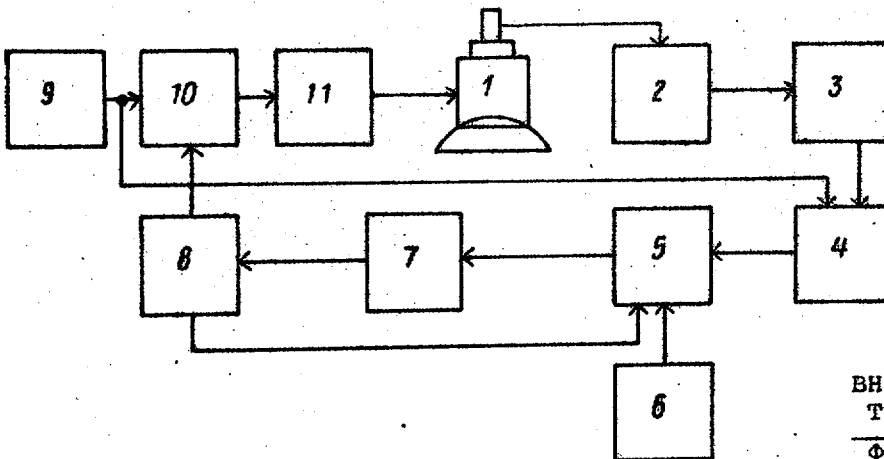
повых блоков вычислительной техники, таких как запоминающее устройство, сумматор и т.д. Кроме того, реализация вновь введенных блоков в систему гораздо проще, чем, например, реализация блоков быстрого преобразования Фурье и устройства умножения комплексных чисел в известном.

Формула изобретения

10 Устройство для моделирования вибрационных процессов, содержащее последовательно включенные цифроаналоговый преобразователь, вибростенд, 15 аналого-цифровой преобразователь и блок хранения выходных отсчетов, а также блок хранения эталонных значений и блок хранения входных значений, отличающееся тем, что, 20 с целью повышения точности, введены источник шума, формирующий фильтр, коррелометр, блок для решения системы линейных уравнений и блок изменения 25 весовых коэффициентов, выход блока хранения выходных отсчетов соединен с первым входом коррелометра, выход которого соединен с первым входом 30 блока для решения системы линейных уравнений, выход которого через блок изменения весовых коэффициентов соединен со входом блока хранения входных значений, первый выход которого соединен с первым входом формирующего 35 фильтра, выход источника шума подключен ко вторым входам формирующего фильтра и коррелометра, а ко второму и третьему входам блока для решения системы линейных уравнений подключены выходы блока эталонных значений и второй выход блока хранения входных значений соответственно. 40

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Кузнецов А. А. Вибрационные испытания элементов и устройств автоматики. М., "Энергия", 1976.
2. Патент США № 3710082, кл. 235.151 (прототип).



ВНИИПИ Заказ 10904/72
Тираж 756 Подписное
Филиал ППП "Патент",
г. Ужгород, ул. Проектная, 4