

АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЬЕЗОРЕЗОНАНСНЫХ НЕЙРОПОДОБНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Балыков А.В., Ларионов М.Ю., Седалищев В.Н., Тицнер А.О.
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
 г. Барнаул

Для проведения экспериментальных исследований использовался ансамбль взаимосвязанных осцилляторов, представляющий собой колебательную систему, состоящую из акустически связанных пьезотрансформаторов (рисунок 1), возбуждаемых в режиме автоколебаний от отдельных автогенераторов (рисунок 2).

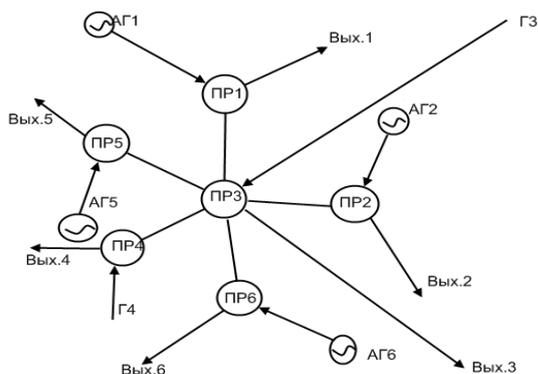


Рисунок 1 – Ансамбль взаимосвязанных пьезорезонансных датчиков. PR1, PR2, PR3, PR4, PR5, PR6 – пьезорезонаторы; AG1, AG2, AG5, AG6 – автогенераторы; G3, G4 – генератор сигналов.

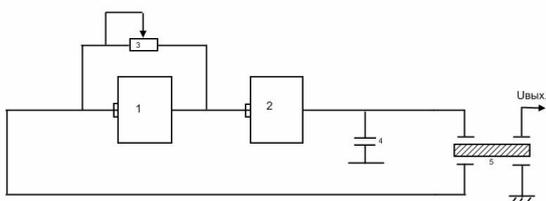


Рисунок 2 – Электрическая схема автогенератора. 1, 2 – логические элементы И-НЕ, 3 – подстроечный резистор, 4 – конденсатор, 5 – пьезотрансформаторный измерительный преобразователь.

Не только теоретический анализ динамики таких сложных нелинейных систем, но даже и математическое моделирование таких систем с использованием компьютерных технологий является достаточно труд-

ной задачей. В связи с этим представляет интерес экспериментальное исследование поведения ансамблей взаимосвязанных осцилляторов, анализ рабочих режимов работы измерительных устройств на их основе, исследование выходных характеристик таких устройств.

На приведенных ниже рисунках представлены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) пьезотрансформаторов, акустически связанных с другими пьезорезонаторами, возбуждаемыми в режиме автоколебаний.

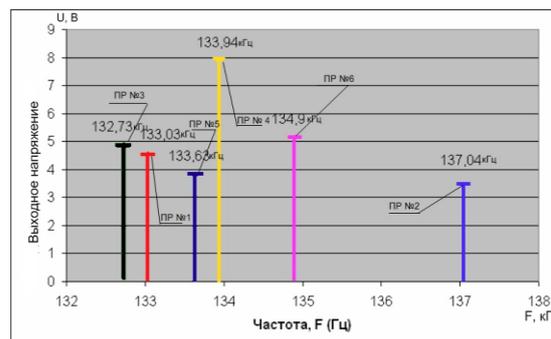


Рисунок 3 – Спектр резонансных частот ансамбля пьезотрансформаторов

На рисунке 4 представлена АЧХ удаленного пьезотрансформатора №4 (рис. 1), слабо связанного с другими осцилляторами. Как следует из приведенного графика, его АЧХ представляет монотонную кривую, характерную для одиночного резонатора, и практически не зависит от того, возбуждены ли при этом другие осцилляторы или нет.

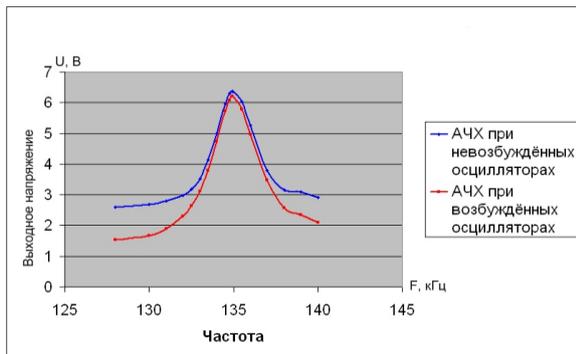


Рисунок 4 – Вид АЧХ удаленного пьезотрансформатора.

На рисунках 5 и 6 приведены графики АЧХ центрального в ансамбле осцилляторов пьезотрансформатора №3 при разных значениях напряжения его возбуждения. Как следует из приведенных зависимостей вид АЧХ пьезотрансформатора зависит от уровня напряжения возбуждения и от того, возбуждены ли при этом другие пьезотрансформаторы. При слабом уровне возбуждения осциллятор сильнее подвержен влиянию соседних осцилляторов. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что выходная характеристика преобразователя такого типа является сугубо нелинейной, управляемой и даже может изменяться в функции измеряемого параметра.

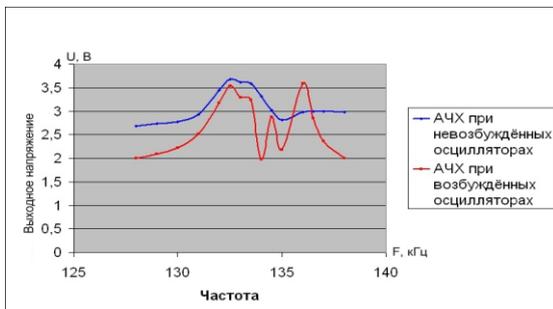


Рисунок 5 – Вид АЧХ пьезопреобразователя ($U_{вх} = 4B$).

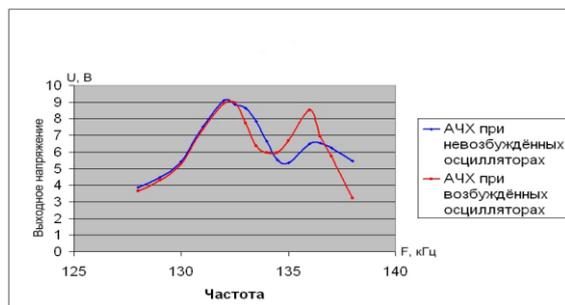


Рисунок 6 – Вид АЧХ пьезопреобразователя ($U_{вх} = 8B$).

Графики АЧХ приведенные на рисунках 7 и 8 иллюстрируют зависимость выходных характеристик пьезотрансформаторов от их добротности, расстройки собственных частот. Как следует из приведенных зависимостей ансамбли взаимосвязанных осцилляторов очень чувствительны к уровню внешних шумов и могут существенно изменять при этом свои характеристики.

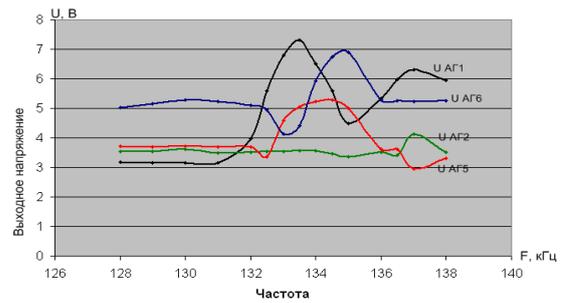


Рисунок 7 – АЧХ взаимодействующих пьезотрансформаторов, возбуждаемых в режиме автоколебаний.

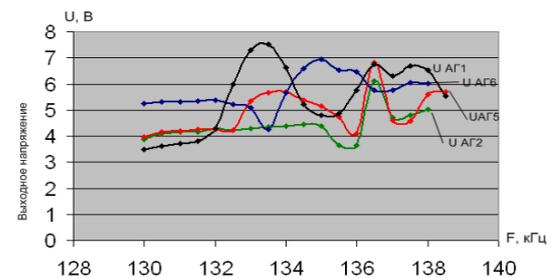


Рисунок 8 – АЧХ взаимодействующих пьезотрансформаторов, возбуждаемых в режиме автоколебаний при воздействии шума

В такой динамической системе при выполнении определенных условий могут устанавливаться устойчивые и неустойчивые режимы связанных колебаний осцилляторов. В них могут возникать очаги хаоса и порядка. Такие структуры могут создаваться самими системами, без всякого влияния извне, при этом говорят о самоорганизации таких систем. В таких ансамблях невозможно предсказать: когда и какой из осцилляторов войдет в синхронизм с системой.

Высокочувствительный нелинейный режим бифуркации связанных колебаний осцилляторов и линейный режим слабосвязанных колебаний осцилляторов может быть использован как для получения, так для и обработки измерительной информации. Низкочувствительный режим сильно-связанных взаимодействий осцилляторов

может быть использован для передачи данных по протяженным линиям связи. Поведение таких нелинейных динамических систем очень сложно, что и явилось одной из причин того, что при разработке измерительных систем чаще всего старались исключить возможность возникновения сколько-нибудь существенной динамической нелинейности.

Окрестности режима бифуркации связанных колебаний определяют область высокой чувствительности системы, как к внешним воздействиям, так и к изменениям параметров самой системы. Возбуждение в неустойчивом режиме связанных колебаний сильных флуктуаций в системе характеризует установление в ней режима высокой чувствительности. В связи с этим режим хаотических колебаний в сложных динамических системах целесообразно использовать для создания высокочувствительных устройств, а также для создания осцилляторов нейроноподобных устройств обработки измерительной информации. Проводя статистический анализ числа засинхронизированных осцилляторов в системе, можно использовать этот параметр в качестве выходного сигнала дискретного типа. При этом разрешающая способность такого измерительного устройства будет определяться числом используемых осцилляторов. Можно показать, что для достижения точности измерений, соответствующей, например, классу точности 1,5%, необходимо использовать не менее 33 осцилляторов, а при точности 2,5%, соответственно, 20 осцилляторов. Для ансамбля, состоящего из взаимодействующих осцилляторов, для этой цели потребовалось бы использовать гораздо большее число осцилляторов. Их число возросло бы пропорционально корню квадратному из числа засинхронизированных осцилляторов и составило бы соответственно 190 и 90 штук.

Для определения чувствительности измерительного устройства дискретного типа необходимо произвести статистиче-

скую обработку результатов подсчетов засинхронизированных осцилляторов, построить гистограмму, полигон, определить моменты ЗРСВ и т.д. Причем число засинхронизированных осцилляторов можно определить экспериментально.

Такие динамические системы являются нелинейными, обладают гистерезисом, их рабочая характеристика имеет вид нечеткой функции. Все это может явиться важными факторами в пользу создания на их основе таких устройств как, например, контроллеров с нечеткой логикой, нейроноподобных измерительных устройств, применимых для эксплуатации в тяжелых условиях, для контроля и управления сложными динамическими процессами и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Неймарк Ю.И., Ланда П.С. Стохастические и хаотические колебания. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1997.
2. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.М. Нелинейные колебания: Учеб. пособие для вузов.-М.: Издательство физико-математической литературы, 2002.
3. Ф.Уоссермен, Нейрокомпьютерная техника, М.,Мир, 1992.
4. Итоги науки и техники: физические и математические модели нейронных сетей, том 1, М., изд. ВИНТИ, 1990.
5. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта/ Под ред. Д.А. Поспелова – М.: Наука, 1986 – 312с.
6. Ерофеев А.А., Поляков А.О. Интеллектуальные системы управления. СПбГТУ, СПб, 1999 – 265 с.
7. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику: Учеб. руководство. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1990 272с.
8. Анищенко В.С. Сложные колебания в простых системах. М.: Наука, 1990.
9. Седалищев В.Н., Хомутов О.И. Высокочувствительные пьезорезонансные датчики с использованием связанных колебаний для экстремальных условий эксплуатации: монография. Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006.