

УДК 681.2.084

НИЗКОДОБРОТНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ, РЕАЛИЗУЮЩИЕ РЕЖИМЫ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ХАОТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

¹Т. В. Патрушева, ¹Е. М. Патрушев, ²В. Н. Седалищев

¹Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,

²Алтайский государственный университет,
г. Барнаул

В статье обосновывается возможность создания приборов контроля, чувствительным элементом которых является низкодобротная колебательная система. На примере вибрационного датчика вязкости, включенного в схему генератора хаоса, показывается возможность получения измерительного преобразователя, в основе которого лежит низкодобротная колебательная система.

Ключевые слова: связанные колебания, первичный измерительный преобразователь, вязкость, генератор хаоса.

В тех случаях, когда первичный измерительный преобразователь (ПИП), представляет собой низкодобротную колебательную систему, стараются избегать использовать амплитудные и фазовые методы обработки сигналов. Причиной является слабая чувствительность по этим параметрам при низкой добротности. Тем не менее, такая необходимость может возникнуть, при вибрационном контроле особо вязких сред. Вязкость как свойство среды, вступающей в непосредственный контакт с ПИП, приводит к снижению его добротности. Действительно, вязкость преобразуется на электрической стороне в резистивный элемент контура, таким образом, снижая его добротность. Частотные характеристики такого эквивалентного контура имеют слабовыраженный резонанс и, следовательно, непосредственно автогенераторным методом для измерительного контроля вязкости использованы быть не могут.

Тем не менее, при широкой полосе частот, лежащей под максимумом АЧХ можно подобрать сигналы с соответствующей полосой спектра. Одним из простых способов создания подходящего автогенераторного измерительного преобразователя является применение генератора хаотических колебаний. Действительно, колебательная система генератора хаоса, как правило, имеет невысокую добротность, а генерируемый им сигнал – широкую полосу частот. Добавив сюда про-

стоту конструкции генератора хаоса, следует признать удачным сочетание его свойств, именно для случаев, когда чувствительный элемент обладает крайне низкой добротностью.

Конструкция чувствительного элемента показана на рисунке 1. Он представляет собой плоскую прямоугольную пластину с закреплённым на ней тонким пьезоэлементом. Частота колебаний выбирается таким образом, чтобы основным резонансом системы была первая продольная мода колебаний. Следует заметить, что обнаружение первой продольной моды становится возможным лишь при погружении пластины в вязкую среду. При испытаниях в воздухе на АЧХ преобладают резонансы множества изгибных мод колебаний, которые заметно ослабевают при погружении в вязкую среду. Если будет обеспечена хорошая связь пластины и пьезоэлемента, то при погружении её в вязкую среду, добротность системы уменьшится до 1 или меньше.



Рисунок 1 – Стальной пьезопреобразователь

Если ёмкостный коэффициент невелик, то резонансная кривая, будет подобна рисун-

ку 2. Известные методы, определяющие вязкость через число свободно затухающих колебаний здесь применимы не будут.

Пьезоэлемент, установленный на пластине чувствительного элемента, может быть непосредственно включён в цепь генератора хаоса, как в работе [1]. Для обеспечения возможности создания средства измерения и получения приемлемого рабочего диапазона вязкостей, пьезоэлемент, подключался к электрическому LC-колебательному контуру для установления с ним связанных колебаний (рисунок 3).

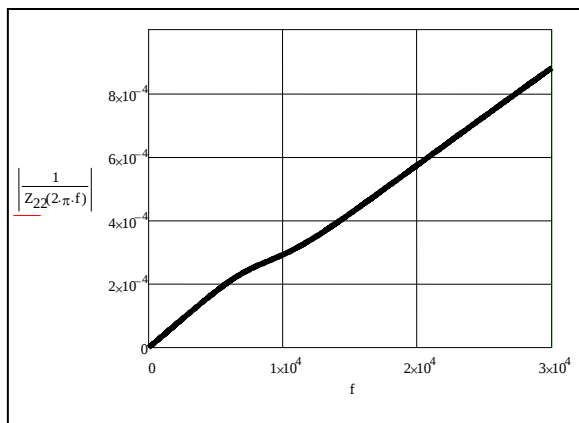


Рисунок 2 – График полной проводимости пьезорезонатора в зависимости от частоты. При такой низкой добротности и малом ёмкостном коэффициенте, характеристика мало отличается от случая, как если бы просто ёмкость была в цепи переменного тока, тем не менее, за счёт связанных колебаний контуров, можно легко наблюдать уход парциальной частоты

Низкодобротный контур генератора хаоса имеет добротность $Q=1,7$. Включение пьезоэлемента приводит к тому, что парциальные частоты за счёт связи сдвигаются. По рисунку 4 видно повышение резонансной частоты, при этом параметры подобраны так, чтобы обеспечить работоспособность генератора хаоса.

Подбор параметров колебательного контура и степени связи его с пьезоэлементом позволили обеспечить приемлемый диапазон вязкостей, при которых режим работы генератора хаоса оставался в хаотической области сложной динамики. В качестве генератора хаоса использовалась MLC – цепь [2]. В диапазоне сопротивлений R_2 от 10кОм до 50кОм обеспечивалось поддержание хаотических колебаний.

В качестве выходного параметра хаотического сигнала следует принять максимум

или минимум сечения Пуанкаре. Сигнал генератора хаоса стробируется в моменты, когда опорный генератор переходит вверх через ноль (рисунок 5). Это будут дискретные случайные значения. Ряд этих значений, в зависимости от параметра системы представлен на рисунке 6. Далее, из этих значений выбираются максимальные или минимальные.

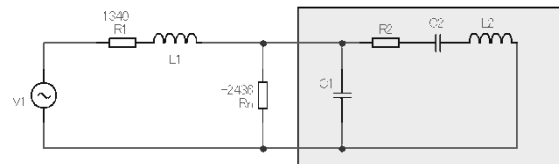


Рисунок 3 - Включение пьезоэлемента в контур хаотического MLC генератора. В результате включения получают электрически связанные колебательные контуры с внутренней ёмкостной связью

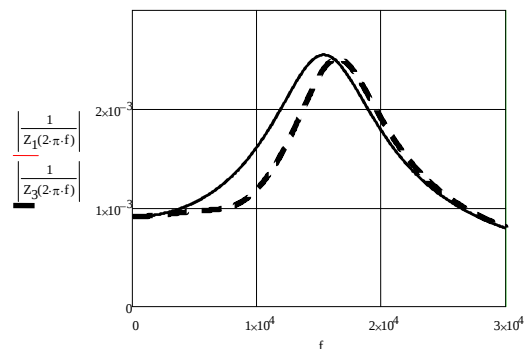


Рисунок 4 – Зависимость полной проводимости от частоты для базового варианта (сплошная) и варианта с пьезоэлементом (штриховая). За счёт связи контуров происходит заметное увеличение парциальной частоты контура генератора хаоса. В случае ещё большего уменьшения добротности пьезопреобразователя, графики будут сближаться. Но расширения полосы частот пропускания не происходит. Тем не менее, это очень сильно влияет на хаотические колебания

Практическая постановка эксперимента позволила выявить следующие проблемы: не всегда идеальное прилегание контролируемого материала к пластине датчика могло вызывать заметные изменения динамического сопротивления. Липкость контролируемой среды также даёт существенный разброс чувствительности и не всегда информативный выходной сигнал, тем не менее, эти проблемы становятся сразу очевидными для

НИЗКОДОБРОТНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ, РЕАЛИЗУЮЩИЕ РЕЖИМЫ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ХАОТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

экспериментатора, поскольку выход динамического сопротивления за пределы контролируемой области приводят к возбуждению в системе периодических колебаний, легко воспринимаемых на слух как чистый тон.

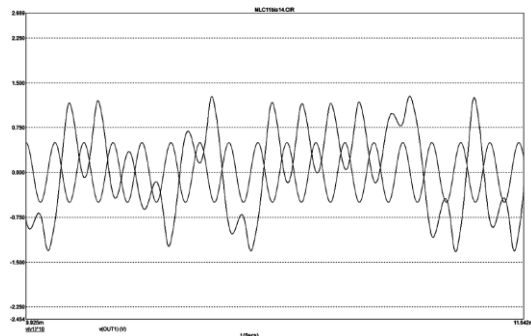


Рисунок 5 - Выходной сигнал генератора хаоса и опорного генератора. Используя стробирование по какой-либо фазе опорного генератора можно получить ряд дискретных значений

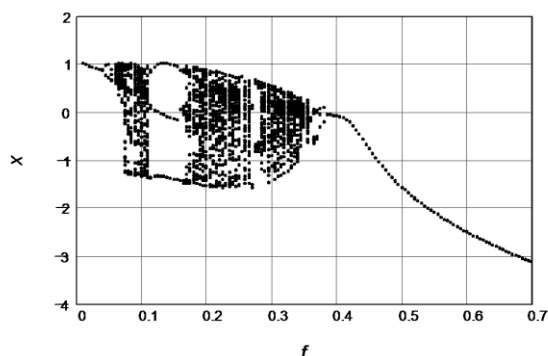


Рисунок 6 - Однопараметрическая бифуркационная диаграмма. По горизонтали отложен параметр хаотической системы, по вертикали — стробированные значения хаотического сигнала

В случае, если прилегание обеспечено должным образом, колебания устанавливаются хаотические и пластина издаёт шумоподобный звук.

Для построения рабочего прототипа требуется:

- согласовать параметры и способ установки пьезоэлемента, чтобы при контроле вязкой среды общая добротность была бы 1 или меньше;
- выбрать такой пьезоэлемент, чтобы емкостный коэффициент был небольшим;
- подобрать параметры генератора хаоса под него выбранный пьезоэлемент
- сделать импульсную аналоговую схему обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Т.В. Патрушева Способ контроля уровня жидкости на основе генератора хаотических колебаний [текст]/Т.В. Патрушева, Е.М. Патрушев // Изд-во АлтГТУ Ползуновский вестник №3/2 2012 – С.149-152.

2. Murali, K. The simplest dissipative nonautonomous chaotic circuit / K. Murali, M. Lakshmanan, L.O. Chua. // Trans. Circuits Syst. – New York: Circuits and Systems Society, 1994. – Vol. 41. – P. 462-463.

Патрушева Татьяна Васильевна – старший преподаватель, тел.(3852)-290913, e-mail: attractor@list.ru;

Патрушев Егор Михайлович – к.т.н, доцент, тел. (3852)- 290913, e-mail: attractor13@gmail.com 656099 г.Барнаул, пр-т. Ленина, 46. т. (3852)-290913;

Седалищев Виктор Николаевич – д.т.н, профессор кафедры «Вычислительная техника и электроника» Алтайского государственного университета. E-mail: sedalischew@mail.ru.