

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ АКУСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, ОСНОВАННЫХ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ СВЯЗАННЫХ КОЛЕБАНИЙ В СИСТЕМАХ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

А. О. Тицнер, А. В. Балыков, В. Н. Седалищев

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

Развитие нашей пищевой, химической и энергетической промышленности требует большого количества надежных и недорогих датчиков, в том числе и для измерения уровня, способных работать в запыленных, тяжелых, взрывоопасных условиях при больших температурах. Имеющиеся в настоящее время датчики либо дороги, либо малоэффективны и ненадежны в использовании [1, 2].

Широкое распространение для работы в данных условиях получили тензо- и пьезорезонансные датчики. Но и они не отвечают всем требованиям работы в экстремальных средах.

Одним из способов повышения отказоустойчивости и времени работы пьезорезонансных датчиков может являться в некоторых случаях разнесение в пространстве пьезоэлемента датчика и вторичного преобразователя сигналов. Сигнал при этом будет передаваться акустическим методом, что позволит вынести на необходимое расстояние преобразователя, тем самым увеличив время его работы. Поэтому возникает необходимость в правильном расчете конструкции и размеров элементов акустической связи, одним из условий истинности расчета элемента является соблюдение условия $\gamma Q = 1$, где γ - коэффициент связи, а Q - добротность системы.

Одним из методов исследования таких устройств является компьютерное моделирование линий акустической связи, так как компьютерная модель позволяет произвести более точные расчеты. Для моделирования использовалось программное средство Microcap.

В результате моделирования было установлено, что коэффициент акустической связи линии зависит от длины элемента связи, материала, размеров поперечного сечения провода. Отношение $\frac{l_{\text{св}}}{\lambda}$, где $l_{\text{св}}$ - длина линии связи, а λ - длина волны, есть критическое значение. Оно определяет границу

двух зон, которые по аналогии с оптикой можно назвать зоной Френеля и зоной Фраунгофера [3]

Так модель для линии соответствующей зоне Френеля представлена на рисунке 1. Элемент связи представляет собой RLC-контур.

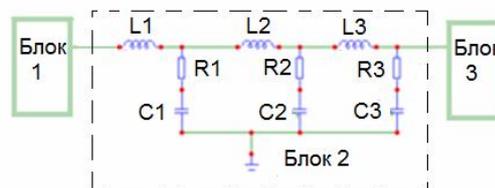


Рисунок 1 – электрическая и структурная схема модели пьезорезонансного измерительного устройства с элементом акустической связи:

Блок 1 – пьезорезонансный приемник/возбудитель, Блок 2 – элемент акустической связи системы с распределенными параметрами, Блок 3 – чувствительный элемент (вибратор)

Результаты моделирования представлены на рисунке 2

Выходным напряжением датчика становится напряжение на обкладках пьезорезонатора. На следующем графике представлены зависимости напряжения от времени.

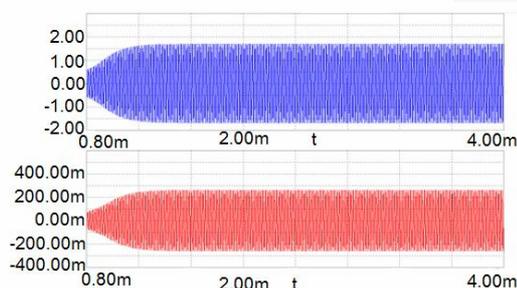


Рисунок 2 – Графики зависимости напряжений автогенераторов от времени

При увеличении расстояния между автогенераторами, изменяется электрическая схема модели. Элемент связи можно представить как элемент R.

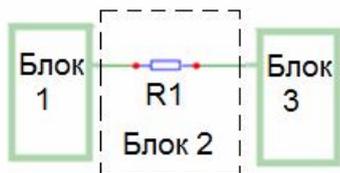


Рисунок 3 – Модель системы при увеличении расстояния между приемником и излучателем

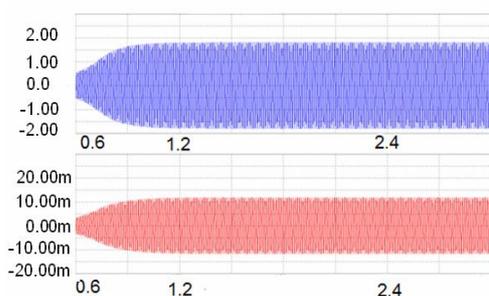


Рисунок 4 – Значения напряжения при увеличении длины линии акустической связи

Малая длина элемента акустической связи обуславливает сдвиг фазы $\Delta\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$, что соответствует зоне Френеля в оптике. Увеличение длины элемента связи приводит к уменьшению коэффициента связи, при этом разность фаз равна нулю ($\Delta\varphi = 0$), что соответствует зоне Фраунгофера.

Проведенные эксперименты показали возможность использования метода моделирования при выборе оптимальных параметров линии с распределенными параметрами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балыков А.В. Принципы построения акустических измерительных устройств с использованием связанных колебаний в системах с распределенными параметрами / Ползуновский альманах. – 2007. - № 3. – С. 87 - 89.
2. Седалищев В.Н. Высокочувствительные пьезорезонансные датчики с использованием связанных колебаний для экстремальных условий эксплуатации: монография / В.Н. Седалищев, О.И. Хомутов; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. – 184 с.