

РАЗДЕЛ 4. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

сокой исходной концентрации, соответствующей 200 г/м^3 , достигается более высокая степень укрупнения (до 6-ти раз).

Заключение

В результате проведенных работ были получены следующие результаты.

- Предложен, разработан экспериментальный измерительный стенд и создана методика контроля, позволившие провести экспериментальные исследования процесса ультразвуковой коагуляции частиц оксида кремния под действием ультразвуковых колебаний высокой интенсивности.

Проведенные измерения дисперсного состава контролируемых частиц позволили установить, что степень укрупнения частиц оксида кремния при воздействии ультразвуковых колебаний с уровнем звукового давления 145 дБ возрастает в 3 раза по условному диаметру частиц в течение первых 2 секунд УЗ воздействия при концентрации 50 г/м^3 и до 6-ти раз при концентрации 200 г/м^3 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Хмелев, В. Н. Ультразвуковое оборудование для интенсификации химико-технологических процессов [Текст] / В. Н. Хмелев, Р. В. Барсуков, М. В. Хмелев, С.Н. Цыганок // Энциклопедия инженера-химика. - 2010. - № 6. - С.7-11.
 - Khmelev, V.N. Ultrasonic Oscillating System for Radiators of Gas Media [Текст] / A.V. Shalunova, A.V. Shalunov, A.N. Lebedev, S.S. Khmelev, N.V. Kuchin // Ninth International Workshops and Tutorials on Electron Devices and Materials EDM'2008: Workshop Proceedings. - Novosibirsk: NSTU, 2008. - P. 267–270
 - Савченко, Н.С. Синтез и исследование свойств конструктивных и функциональных материалов на основе оксида кремния IV [Текст]. Автореферат диссертации канд. хим. наук. / Томск, 2008 г.
 - Хмелев, В.Н. Разработка пьезоэлектрических ультразвуковых колебательных систем для интенсификации процессов в газовых средах [Текст] / В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев, А.В. Шалунов, С.Н. Цыганок, А.Н. Лебедев, А.Н. Галахов // Известия Тульского Государственного университета, серия: технические науки, - 2010, - Вып.1 с.148-153
 - Аксененко, М.Д. Фоторезисторы / М.Д. Аксененко, Е.А. Красовский // «Элементы Радиоэлектронной Аппаратуры» Выпуск 27. - М.: Советское радио, 1973.
 - Хмелев, В.Н. Комплексное исследование акустической коагуляции мелкодисперсного аэрозоля / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, К.В. Шалунова, Р.Н. Голых // Ползуновский вестник. - 2010. - № 3. - С. 303–309.
 - Борен, К. Поглощение и рассеяние света малыми частицами / К. Борен, Д. Хафмен - М.: Мир. - 1986. - 662 с.
 - Sheng, C. D. Modelling Acoustic Agglomeration Processes Using Direct Simulation Monte Carlo Method [Текст] / C.D. Sheng, X.L. Shen - J. Aerosol Sci. 37: 16–36, 2006. (in English)
- д.т.н., профессор Хмелёв В.Н., тел.(3854) 432581, vnh@bti.secna.ru; к.т.н., доцент Шалунов А.В., shalunov@bti.secna.ru; Нестеров В.А., аспирант; Хмелев М.В., инженер, maxx@bti.secna.ru; Галахов А.Н., инженер, galakh@bti.secna.ru; Голых Р.Н. – аспирант, gm @bti.secna.ru. - Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО АлтГТУ. тел. (3854) 432570, БТИ, тел. (3854) 432570,*

УДК: 53.083.5

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДА СОВПАДЕНИЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЧАСТОТЫ

Д.В. Лаптев, Ю.А. Пасынков

Рассмотрена вероятностная модель процесса измерения частоты методом совпадения. Показана зависимость выигрыша по быстродействию метода совпадения по сравнению с классическим методом от уровня вероятности, относительной максимальной методической погрешности дискретности, скважности импульсов и соотношения измеряемой и образцовой частот.

Ключевые слова: измерение частоты, метод совпадения, вероятностная модель, погрешности дискретности.

Введение

Классический метод измерения частоты последовательного счета заключается в том, что подсчитывают число периодов образцовой частоты в течение заранее заданного целого числа периодов измеряемой частоты [1].

Уравнение преобразование классического метода измерения частоты имеет вид

$$T_x = \frac{T_0 \cdot N_{0k}}{N_{xk}} \cdot \left(1 \pm \frac{1}{N_{0k}}\right), \quad (1)$$

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2, 2013

где T_0 - длительность периодов образцовой частоты; T_x - длительность периодов измеряемой частоты; N_{0k} - число подсчитанных периодов образцовой частоты за время измерения частоты классическим методом; N_{xk} - число периодов измеряемой частоты, заданное перед началом процесса измерения частоты.

Из (1) модуль относительной максимальной методической погрешности дискретности (ММП) по классическому методу измерения частоты задается выражением

$$\gamma_k = \frac{1}{N_{0k}}. \quad (2)$$

ММП обусловлена дискретизацией времени измерения. Время измерения частоты с использованием классического метода определяется исходя из уровня ММП. Учитывая (0) получим, что

$$t_k = \frac{T_0}{\gamma_k}. \quad (3)$$

Постановка задачи

Одни из первых работ, в которых описано использование метода совпадения при измерении частоты в цифровых частотомерах, были [2, 3, 4]. Отмечено, что абсолютная максимальная методическая погрешность дискретности, возникающая при измерении частоты методом совпадения, снижена до длительности импульсов, которые формируются в течение периодов образцовой и измеряемой частот. Однако в этих работах метод совпадения не рассматривался в широком диапазоне измеряемых частот, а применялся для сличения частот высокостабильных генераторов, причем скважность импульсов выбиралась исходя из условия удовлетворения абсолютной погрешности дискретизации. Способ измерения частоты методом совпадения заключается в том, что формируют импульсы измеряемой и образцовой частоты с заданной длительностью и подсчитывают периоды измеряемой и образцовой частоты за интервал времени между моментами совпадения импульсов измеряемой и образцовой частот [5]. Статистическое исследование работы метода совпадения при измерении частоты в широком диапазоне частот [6] показало, что метод совпадения имеет преимущество, начиная с некоторой частоты, значение которой зависит от уровня ММП и скважности импульсов.

Целями настоящей статьи являются изучение с помощью вероятностного подхода возможности использования метода совпадения в широком диапазоне частот. Определение влияния на время измерения частоты скважности импульсов, уровня вероятности, заданного уровня ММП и соотношения измеряемой и образцовой частот. А также, изучение быстродействия метода совпадения по сравнению с классическим методом измерения частоты.

Вероятностная модель

Вероятностная модель строится следующим образом. Задаются две последовательности импульсов. Первая последовательность имеет период T_x и длительность импульсов в диапазоне от 0 до T_x . А вторая последовательность имеет период T_0 с длительностью импульсов, стремящейся к нулю. При этом начала последовательностей совпадают. Поскольку невозможно сформировать импульсы образцовой частоты нулевой длительности, то суммарная длительность импульсов образцовой и измеряемой частоты задается равной τ_x . Для того чтобы скважность не зависела от измеряемой частоты, обозначим

$$\eta_x = \frac{\tau_x}{T_0}. \quad (4)$$

Тогда уравнение преобразования метода совпадения, с учетом (4), примет вид

$$T_x = \frac{N_{0c} \cdot T_0}{N_{xc}} \cdot (1 \pm \frac{\eta_x}{N_{0c}}), \quad (1)$$

где N_{0c} - число подсчитанных периодов образцовой частоты за время измерения частоты методом совпадения; N_{xc} - число подсчитанных периодов измеряемой частоты за время измерения частоты методом совпадения.

Из (5) ММП по методу совпадения при измерении частоты задается выражением

$$\gamma_c = \frac{\eta_x}{N_{0c}}. \quad (6)$$

Теоретическое время измерения частоты с использованием метода совпадения определяется исходя из уровня ММП. Используя (6), получим

$$t_c = \frac{\eta_x \cdot T_0}{\gamma_c}. \quad (7)$$

РАЗДЕЛ 4. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

Совпадение импульсов происходит не на каждом периоде измеряемого сигнала при условии того, что измеряемая частота меньше образцовой. Очевидно, что вероятность совпадений зависит от скважности формируемых импульсов. Вероятность возникновения совпадения на одном периоде измеряемого сигнала равна скважности импульсов измеряемой частоты. Вероятность совпадения при n испытаниях, т.е. при прохождении n периодов измеряемой частоты, определяется следующим выражением

$$Pn = 1 - \left(1 - \frac{\tau_x}{T_x}\right)^n = 1 - \left(1 - \frac{F_x \cdot \tau_x}{F_0 \cdot T_0}\right)^n$$

$$Pn = 1 - \left(1 - \frac{F_x}{F_0} \cdot \eta_x\right)^n \quad (8)$$

Из (8) вероятность совпадения зависит от скважности импульсов, соотношения образцовой и измеряемой частот, количества периодов измеряемой частоты (n) прошедших от момента начала измерения до момента, в который вычисляется вероятность. Если соотношение частот задано, то при росте скважности и/или количества периодов образцовой частоты вероятность совпадения увеличивается. На рисунке 1 приведены графики вероятности совпадения при соотношении частот близком к 0,5 и скважностях 10%; 2,5%; 0,5%; 0,1%.

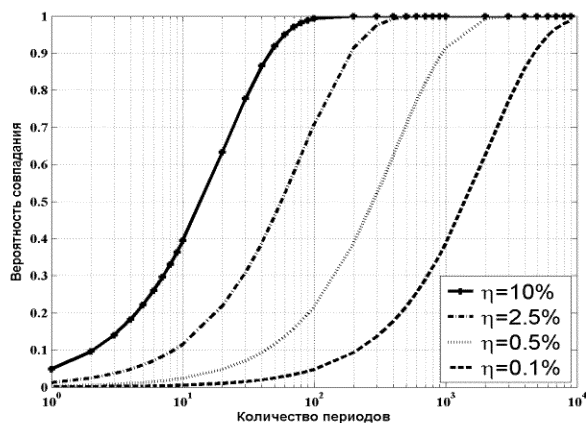


Рисунок 1 - графики вероятности совпадения при заданных скважностях 10%, 2,5%, 0,5%, 0,1%.

Из (1) получим число периодов, которое требуется для совпадения импульсов измеряемой частоты с импульсами образцовой частоты при заданных: скважности, соотношении частот и уровне вероятности.

$$n = \log_{\left(1 - \frac{F_x}{F_0} \cdot \eta_x\right)} (1 - Pn) = \frac{\ln(1 - Pn)}{\ln\left(1 - \frac{F_x}{F_0} \cdot \eta_x\right)} \quad (9)$$

Для совпадения импульсов по (9) при соотношении образцовой и измеряемой частот близком к 0,5, уровне вероятности 0,9 и скважности импульсов 10% требуется 46 периодов измеряемой частоты; при аналогичных условиях и скважности 2,5% - 188; при скважности 0,5% - 941; при скважности 0,1% - 4708.

Теоретическое время измерения меньше реального времени измерения, т.к. реальное время определяется как интервал времени от начала измерения до очередного совпадения импульсов, при котором вычисленное значение ММП будет меньше заданного уровня ММП. Оценим необходимое количество импульсов измеряемой частоты для совпадения импульсов, при котором будет вычисляться ММП. Учитывая (9), из (7) получим

$$t_{cp} = \left(\frac{\eta_x}{\gamma_c} + \frac{\ln(1 - Pn)}{\ln\left(1 - \frac{F_x}{F_0} \cdot \eta_x\right)}\right) \cdot T_0 \quad (10)$$

Для сравнения метода совпадения и классического метода измерения частоты вводится понятие выигрыш. Выигрыш по быстродействию (W_p) определяется как отношение времени измерения частоты по классическому методу к времени измерения частоты по методу совпадения при одинаковом уровне ММП. Используя (3) и (10), получим

$$W_p = \frac{1}{\eta_x + \gamma \cdot \frac{\ln(1 - Pn)}{\ln\left(1 - \frac{F_x}{F_0} \cdot \eta_x\right)}} \quad (11)$$

Вычислим выигрыш по быстродействию для различной вероятности в зависимости от скважности импульсов, заданного уровня ММП и соотношения частот. Результаты вычислений представлены на рисунках 2, 3, 4 и 5 в виде поверхностей, которые характеризуют зависимость выигрыша по быстродействию от скважности импульсов, соотношения измеряемой и образцовой частот, при заданных уровнях вероятности и ММП.

Часть поверхности, покрытая серым цветом, показывает сочетания параметров, при которых измерение частоты по методу совпадения будет происходить дольше, чем по классическому способу.

Из рис. 2-5, следует, что при каждом наборе параметров (соотношение частот, ММП, уровне вероятности) существует некоторая скважность импульсов, при которой выигрыш по быстродействию наибольший.

Например, при соотношении частот близком к единице, уровне вероятности 0,9 и уровне ММП 0,01% наибольший выигрыш наблюдается при скважности 1,5%; при вероятности 0,9 и ММП 0,001% – при скважности 0,5%; при уровне вероятности 0,5 и ММП 0,01% – при скважности 0,8%; при вероятности 0,5 и ММП 0,001% – при скважности 0,3%.

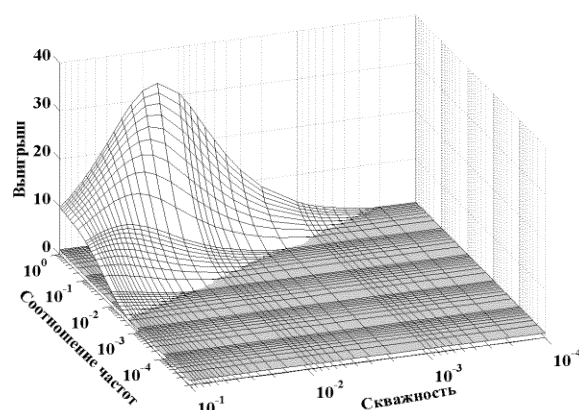


Рисунок 2 - Поверхность, характеризующая выигрыш по быстрдействию метода совпадения по сравнению с классическим методом измерения частоты при заданном уровне вероятности 0,9 и ММП 0,01%.

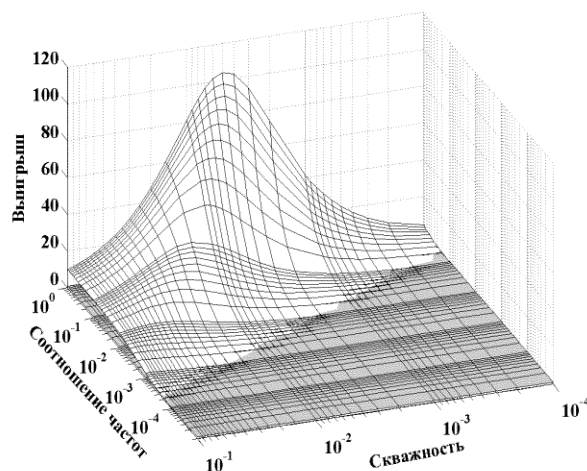


Рисунок 3 - Поверхность, характеризующая выигрыш по быстрдействию метода совпадения по сравнению с классическим методом измерения частоты при заданном уровне вероятности 0,9 и ММП 0,001%.

В то же время прослеживается зависимость выигрыша по быстрдействию от уровня ММП, при постоянных вероятности и соотношении частот. Например, при соотношении частот близком к единице, вероятности 0,9 и уровне ММП 0,01% наибольший выигрыш составляет более 30 раз; а при ММП 0,001% и тех же условиях - выигрыш более 100 раз. Таким образом, при уменьшении ММП выигрыш по быстрдействию метода совпадения по сравнению с классическим методом измерения частоты растёт.

Д.В. ЛАПТЕВ, Ю.А. ПАСЫНКОВ

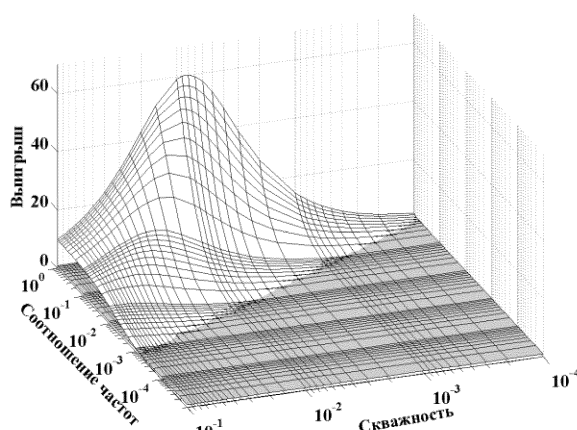


Рисунок 4 - Поверхность, характеризующая выигрыш по быстрдействию метода совпадения по сравнению с классическим методом измерения частоты при заданном уровне вероятности 0,5 и ММП 0,01%.

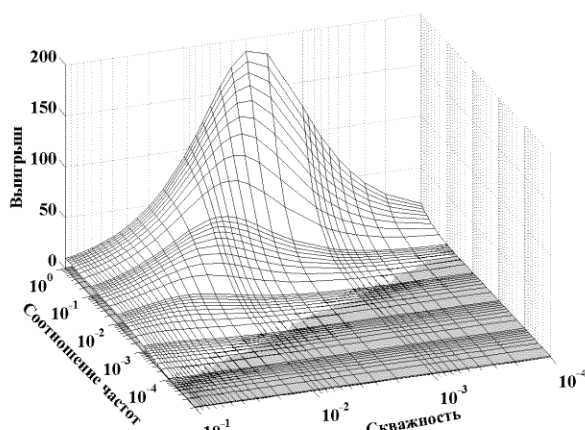


Рисунок 5 - Поверхность, характеризующая выигрыш по быстрдействию метода совпадения по сравнению с классическим методом измерения частоты при заданном уровне вероятности 0,5 и ММП 0,001%.

Анализ поверхностей полученных на рис. 2-5 показывает, что выигрыш по быстрдействию зависит от заданного уровня вероятности. Например, при соотношении частот близком к единице, уровне ММП 0,01% и вероятности 0,9 наибольший выигрыш по быстрдействию составляет более 30 раз; при вероятности 0,5 – более 60 раз.

Заключение

По результатам вероятностной оценки выигрыша метода совпадения при измерении частоты по сравнению с классическим методом сделаны следующие выводы.

Диапазон частот, в котором наблюдается выигрыш по быстрдействию метода совпадения по сравнению с классическим методом, увеличивается с уменьшением относительной максимальной методической погрешности дискретности и уменьшением уровня вероятности.

РАЗДЕЛ 4. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

Выигрыш по быстродействию метода совпадения при измерении частоты растет с увеличением соотношения измеряемой и образцовой частот, уменьшением относительной максимальной методической погрешности дискретности и уменьшением заданного уровня вероятности.

Большое влияние на выигрыш по быстродействию метода совпадения оказывает скважность импульсов измеряемой частоты. Стоит отметить, что наблюдаются значения скважности, при которых достигается наибольший выигрыш по быстродействию метода совпадения при измерении частоты по сравнению с классическим методом. Эти значения скважности зависят от уровня относительной максимальной методической погрешности дискретности, соотношения измеряемой и образцовой частот и уровня вероятности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клаассен, К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. / К.Б. Клаассен. – М.: Постмаркет, 2000. – 376с.
2. Тырса, В.Е. Снижение погрешностей преобразования аналоговых величин в кодированный

временной интервал / В.Е. Тырса // Измерит. техника. – 1975 – №3, с. 26-27.

3. Дюшняшев, В.В. О погрешности измерения частоты на принципе совпадения импульсов / В.В. Дюшняшев, В.Е. Тырса // Измерит. техника. – 1981 – №4, с. 42-44.
4. Зеня, А.Д. Анализ погрешностей сличения частот по методу совпадения импульсов / А.Д. Зеня, В.Е. Тырса // Измерит. техника. – 1983 – №7, с. 49-51.
5. Лаптев, Д.В. Измерение частоты методом совпадения / Д.В. Лаптев, Ю.А. Пасынков // Измерения в современном мире – 2011: сборник научных трудов. Третьей междунар. науч.-практ. конф. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – с. 50-51.
6. Лаптев, Д.В. Исследование метода совпадения при измерении частоты в широком диапазоне частот. / Д.В. Лаптев, Ю.А. Пасынков // Измерение. Контроль. Информатизация: материалы тринадцатой Международной научно-технической конференции. – Барнаул, АлтГТУ, 2012. – с. 146-148.

Д.В. Лаптев, ассистент, dimanka217@yandex.ru - каф. защиты информации Новосибирского государственного технического университета; д.т.н., проф Ю.А. Пасынков, профессор, pasinkovnstu@mail.ru - каф. защиты информации Новосибирского государственного технического университета.

УДК: 53.083.5

ВЛИЯНИЕ СКВАЖНОСТИ ИМПУЛЬСОВ НА БЫСТРОДЕЙСТВИЕ МЕТОДА СОВПАДЕНИЯ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЧАСТОТЫ

Д.В. Лаптев

Рассмотрена зависимость быстродействия измерения частоты методом совпадения от скважности импульсов. Показана зависимость оптимальных значений скважности от заданного уровня относительной максимальной методической погрешности дискретности и отношения измеряемой и образцовой частот.

Ключевые слова: измерение частоты, метод совпадения, быстродействие, скважность.

Введение

Измерение частоты широко используется в радиотехнике, навигации, телекоммуникации, информационно-измерительных системах и т.д.

В [1] проведен анализ процесса измерения частоты методом совпадения с помощью вероятностного подхода и выполнено сравнение метода совпадения по быстродействию с классическим методом измерения частоты. Отмечено, что наблюдаются оптимальные значения скважности импульсов, при которых выигрыш по быстродействию наибольший.

Постановка задачи

Напомним, что измерение частоты методом совпадения выполняется следующим образом. Подсчитывают число периодов измеряемой и образцовой частот за интервал времени между моментами совпадения импульсов измеряемой и образцовой частот. Импульсы образцовой частоты формируют с длительностью равной τ_0 , а импульсы измеряемой частоты формируют с минимальной длительностью [2]. Скважность задается выражением