

7. Выводы

Описана математическая модель эволюции электромагнитного поля в конечном волноводе со слоистой дисперсной средой. Для описания электромагнитного поля необходимо находить решения уравнения в частных производных не типа Коши-Ковалевской. Это уравнение не является разрешаемым относительно старшей производной по времени, что существенно усложняет исследование модели. Установлена новая теорема существования и единственности решения начально-краевой задачи для уравнения не типа Коши-Ковалевской. Результаты статьи могут найти практическое применение при исследовании электромагнитных полей в волноводах. Для практического применения результатов данной статьи разработан новый численный метод нахождения решения смешанной задачи для уравнения не типа Коши-Ковалевской.

Литература: 1. Руткас А.Г. Модовые поля в волноводе со слоистой диспергирующей средой. Харьков: Препринт N 360, АН УССР. Ин-т радиофизики и электроники, 1987. 34с. 2. Rutkas A.G., Vlasenko L.A. Implicit operator differential equations and applications to electrodynamics // *Mathematical Methods in the Applied Sciences*. 2000. Vol. 23, N 1. P. 1-15. 3. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы. М.: Наука, 1977. 440 с. 4. Рябенький В.С., Филиппов А.Ф. Об устойчивости разностных уравнений. М.: Гостехиздат, 1956. 171 с. 5. Ландау Л.Д., Лившиц Е.Л. Электродинамика сплошных сред. М.: Физматгиз, 1959. 532 с. 6. Левич В.Г. Курс

теоретической физики. Т.1. М.: Наука, 1969. 910 с. 7. Далецкий Ю.Л., Крейн М.Г. Устойчивость решений дифференциальных уравнений в банаховом пространстве. М.: Наука, 1970. 536 с. 8. Лионс Ж.Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач. М.: Мир, 1972. 588 с. 9. Мизохата С. Теория уравнений с частными производными. М.: Мир, 1977. 504 с. 10. Соболев С.Л. Об одной задаче математической физики // *Изв. АН СССР. Сер. Математика*. 1954. Т. 18, N 1. С. 3-50. 11. Гальперн С.А. Задача Коши для системы линейных уравнений с частными производными // *Докл. АН СССР*. 1958. N 4. С. 640-643. 12. Костюченко А.Г., Эскин Г.И. Задача Коши для уравнений Соболева-Гальперна // *Труды Московского математического общества*. 1961. Т. 10. С. 273-284. 13. Власенко Л.А., Руткас А.Г. Разрешимость и полнота для электродинамической системы не типа Ковалевской // *Математические заметки*. 1993. Т. 53. Вып. 1. С.138-141. 14. Rutkas A.G., Vlasenko L.A. Existence, uniqueness and continuous dependence for implicit semilinear functional differential equations // *Nonlinear Analysis. TMA*. 2003. V. 55, N 1-2. P. 125-139.

Поступила в редколлегия 31.01.2005

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. Руткас А.Г.

Власенко Лариса Андреевна, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры моделирования и мат. обеспечения ЭВМ Харьковского национального университета им. В.Н.Каразина. Научные интересы: моделирование, дифференциальные уравнения. Адрес: Украина, 61001, Харьков, ул. Плехановская, 2/5, кв. 29, дом. тел.: (057) 732-28-35.

УДК 621.317

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПОСТОЯНСТВА ВЫБОРОК ДЛЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ЦИФРОВЫХ ОСЦИЛЛОГРАФАХ

*БАРАНОВ Н.Г., КЛЮЧНИК И.И.,
ЛОДЫГИН М.А.*

Приводятся результаты сопоставительного анализа критериев оценки выборок визуализируемых сигналов. Показывается, что по совокупности параметров наиболее оптимальным является критерий, предложенный авторами.

Введение. Ранее [1] был предложен способ определения постоянства получаемых выборок аналогового сигнала на основе расчёта так называемого критерия С. Этот критерий предназначен для быстрого сравнения получаемых выборок и определения степени их идентичности, при этом сравнение текущей и предыдущей выборок производится таким образом, что появление результата обеспечивается в момент получения последней выборки. *Актуальной* является проблема сопоставимости данного критерия с уже используемыми аналогичными критериями и в первую очередь с наиболее близкими и широко используемыми в технике.

Целью проведённых исследований является обоснование выбора наиболее перспективного в алгоритмах обработки сигналов цифровых осциллографов критерия оценки постоянства выборок сигналов на основе сопоставительного анализа критериев, используемых по указанному назначению.

Задачи настоящей работы: нахождение наиболее близкого критерия-аналога, проведение их сравнительного анализа, определение преимуществ предложенного критерия над аналогом применительно к обработке аналоговых сигналов.

Суть исследования. Процесс сравнения выборок сигнала, производимый с использованием критерия С, имеет много общего с задачей статистического контроля качества [2], решаемой для проверки возмущения в ходе некоторого процесса. В этих случаях, как правило, используется ряд статистических критериев, с помощью которых проверяются гипотезы о постоянстве дисперсий контролируемого показателя или гипотезы о равенстве этого показателя номинальному значению. При условии, что размер всех выборок одинаков, применяется критерий Кохрена [3]. Поэтому именно он представляется наиболее близким к критерию С.

Используя критерий Кохрена, т.е. производя проверку гипотез о равенстве соответствующих значений предыдущей и текущей выборок, можно анализировать выборки, поступающие из АЦП. В результате анализа проверяемой и конкурирующей гипотез на

примере синусоидального сигнала, представленного на рис.1, получаем график зависимости критерия Кохрена от размера выборки (рис.2). Для сравнения на рис.3 приводится аналогичный график, но зависимости критерия С от размера выборки.

Как видно из представленных графиков, наблюдается корреляция между сравниваемыми критериями, и хотя численные значения существенно отличаются, “характерные точки” ясно различимы и могут быть идентифицированы алгоритмическими методами. Этот факт можно считать свидетельством того, что критерий С, является аналогом критерия Кохрена в применении к анализу сигналов. Сравнивая алгоритм получения числовых значений для каждого из критериев, можно заметить, что для расчёта критерия С используется алгоритм, в процессе работы которого результат появляется не только одновременно с последним значением выборки, но и получаемые значения находятся в области целых чисел, что выгодно отличает его от других критериев и в частности от критерия Кохрена. Это даёт возможность существенно упростить вычисления и повысить их скорость. Критерий Кохрена использует значительно более сложные вычисления, часть которых, к тому же, должна быть произведена после получения сравниваемой выборки.

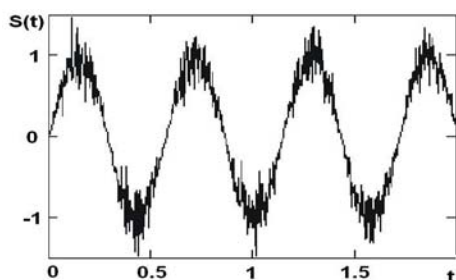


Рис. 1. Анализируемый тестовый сигнал

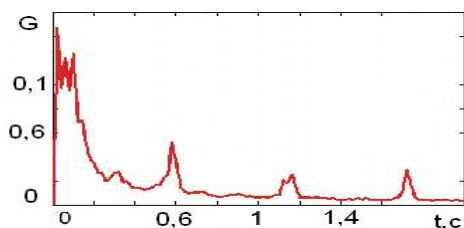


Рис. 2. Значения критерия Кохрена для двух выборок, при анализе тестового сигнала, в зависимости от размера выборки (времени, выделяемого на выборку)

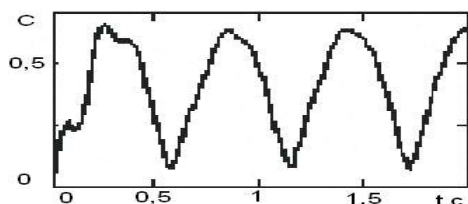


Рис. 3. Значения критерия С для двух выборок, при анализе тестового сигнала, в зависимости от размера выборки (времени, выделяемого на выборку)

Кроме того, критерий Кохрена предполагает, что его значения могут быть в области чисел с плавающей точкой, что требует значительно более производительного аппаратного обеспечения для работы.

Цифровые осциллографы в настоящее время работают в режиме случайных выборок по причине того, что классический режим последовательных выборок не в состоянии обеспечить стабильную работу прибора при не идеально устойчивом сигнале. Критерии же, которыми можно воспользоваться для определения того, что анализируемый сигнал периодический, очень сложны для аппаратной реализации и не работают в режиме реального времени. Найденный критерий С лишён этих недостатков и с успехом применён в осциллографах, разрабатываемых в ХНУРЭ, для значительного увеличения полосы пропускания без усложнения приёмной части и, в частности, АЦП.

Оценку точности соответствия получаемых осциллограмм реальному сигналу можно произвести получив значение возможной ошибки, возникающей в процессах преобразования и сравнения. Погрешность состоит из трёх основных частей – ошибка, получаемая вследствие несоответствия периодов друг другу, ошибка аналого-цифрового преобразования и ошибка аппроксимации. Максимальное отклонение мгновенных значений сравниваемых выборок определяется параметром “чувствительность нуля” [1]. Каждая единица этого параметра определяет отклонение, численно равное одной ступени дискретизации. Таким образом, максимальное среднее значение расхождения периодов сигнала можно рассчитать как:

$$\sigma = \frac{Z_s * V_{ref}}{d}, \quad (1)$$

где s – максимальное среднее значение ошибки, B ; Z_s – величина «чувствительности нуля»; V_{ref} – значение опорного напряжения АЦП, B ; d – число ступеней дискретизации АЦП.

Ошибку дискретизации аналого-цифрового преобразования можно представить следующим образом:

$$d = 0,75 * V_{ref} / d. \quad (2)$$

Ошибка аппроксимации метода Лагранжа рассчитывается по формуле [4]:

$$\delta = \frac{D_N}{N!} * \max \left| \prod_{k=1}^N (x - x_k) \right|, \quad (3)$$

где D_N – максимальное значение функции, в рассматриваемом случае можно считать равным V_{ref} ; N – число полюсов; $(x - x_k)$ – временной интервал между точкой аппроксимации и ближайшей точкой полюса.

Сформулировать аналитические зависимости критериев Кохрена и критерия С от погрешности оказалось сложной задачей. Поэтому было произведено компьютерное моделирование и расчёт этой зависимости численными методами. Результаты расчётов представлены на рис.4 для критерия Кох-

рена и рис.5 – для критерия С. Непрерывной линией показаны зависимости при изменении от 0 до 10 процентов амплитуды сигнала, пунктирной линией – зависимости при изменении частоты. Представленные зависимости получены при размере выборки 0,1с – первый минимум на графиках рис. 2 и 3.

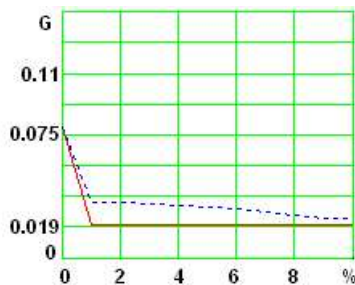


Рис. 4. Зависимость погрешности от критерия Кохрена

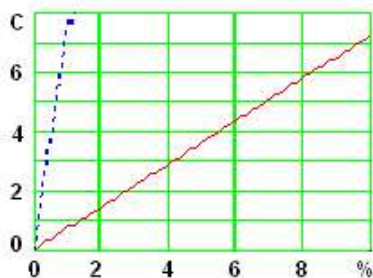


Рис. 5. Зависимость погрешности от критерия С

Выводы. Таким образом, практическим результатом использования предложенного критерия является работа приборов, отличающаяся большей рациональностью использования доступных ресурсов либо использованием меньшего количества ресурсов для получения аналогичных результатов. Это достигается путем распараллеливания процессов получения данных и их обработки. Указанные преимущества позволяют снизить себестоимость

измерительных приборов в несколько раз. В целом, по совокупности свойств цифровые осциллографы, функционирующие на основе предложенного способа, значительно превосходят свойства существующих приборов.

Научная новизна данной работы показана в сравнении результатов, получаемых с использованием критерия С и критерия Кохрена. Преимуществом критерия С является значительно большая мощность, что обеспечивает более точный результат при количестве выборок 2. При этом явно показан известный недостаток критерия Кохрена – его малая мощность.

Литература: 1. Баранов Н.Г., Ключник И.И., Лодыгин М.А. Цифровой осциллограф на основе устройств программируемой логики // Радиоэлектроника и информатика. 2004. № 2. С.31-33. 2. Муттаг Х.-Й., Ринне Х. Статистические методы обеспечения качества. М.: Машиностроение. 1995. 600 с. 3. Cochran W.G. The distribution of the largest of a set of estimated variances as a fraction of their total // Ann. of eugenics. 1941. 11. P. 47-52. 4. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / Бронштейн И.Н., Семеничев К.А. М.:Наука, 1981. 704с.

Поступила в редколлегию 25.11.2004

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Илюшко В.М.

Баранов Николай Гаврилович, старший преподаватель кафедры ПЭЭА ХНУРЭ. Научные интересы: цифровая осциллография. Адрес: Украина, 61146, Харьков, ул. Академика Павлова, 148а, кв. 17, тел. +380-572-654425.

Ключник Игорь Иванович, канд. техн. наук, профессор кафедры ПЭЭА ХНУРЭ. Научные интересы: техника СВЧ, автоматизация проектирования, медицина, психология. Увлечения: охота, филателия. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. +380-57-7021-440; +380-57-7021-448; +380-57-7021-494.

Лодыгин Михаил Александрович, аспирант ХНУРЭ. Научные интересы: измерительные приборы, цифровая техника. Адрес: Украина, 61045, Харьков, ул. Шекспира, 12, кв.39, тел. +380-572-321974.

УДК 621.385.6

ЭВОЛЮЦИЯ СПЕКТРОВ СИГНАЛОВ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ В ГЕНЕРАТОРАХ И УСИЛИТЕЛЯХ М-ТИПА

ВАСЯНОВИЧ А.В., ГРИЦУНОВ А.В., ЛЕБЕДЕВ О.Г., ЧУРЮМОВ Г.И.

С помощью спектрального подхода исследуется временная эволюция спектров выходного сигнала в нестационарных режимах магнетронов и амплитронов. Устанавливается, что при включении этих приборов между периодом самогруппировки втулки и периодом ее синхронизации ВЧ-полем электродинамической системы (ЭС) находится период подвозбуждения собственного колебания электронного облака полем ЭС, т.е. в спектре сигнала присутствуют две гармоники: с частотой собственных колебаний втулки и частотой

возбуждаемой нормальной моды ЭС. При изменении вида колебаний магнетронного автогенератора электронный поток в течение некоторого времени имеет сложную конфигурацию, образованную воздействием на него ВЧ-полей предыдущей и последующей нормальных мод ЭС с сопоставимыми амплитудами. В результате спектр выходного сигнала обогащается многочисленными комбинационными составляющими.

1. Введение

В связи с развитием систем мобильных телекоммуникаций и расширением технологических применений СВЧ-энергии проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств приобретает в последние годы особую актуальность. Более всего она затрагивает мощные генераторы и усилители СВЧ-колебаний, какими являются, в частности, приборы М-типа. Даже небольшой в относительном выражении уровень побочных компонент в спектре выходного сигнала таких приборов в абсолютных единицах может достигать неприемлемых величин.