

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЛУКТУАЦИЙ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ

А.Н. Бородавка, К.Г. Кузьмин, А.В. Поляков, С.И. Чубаров

Одним из путей повышения информационной производительности вычислительных систем является создание оптоэлектронных систем хранения передачи и обработки информации. При разработке динамических запоминающих устройств с оптической линией задержки возникает проблема исследования вероятностной структуры флуктуаций информационного потока. Информационный поток в оптическом динамическом запоминающем устройстве представляет собой последовательность импульсов, циркулирующую в замкнутом контуре. Поскольку информация в таком потоке кодируется временным положением импульсов, то исследование флуктуаций информационного потока сводится к задаче исследования флуктуаций временных интервалов между импульсами в потоке. Для решения данной задачи необходимо найти функцию распределения временных интервалов между любыми парами импульсов в информационном потоке. Первый момент данного распределения определяет среднее значение временного интервала, а второй - его флуктуации.

Для нахождения функции распределения временных интервалов широко применяется метод многоканального временного анализа [1,2]. Суть метода заключается в следующем. Весь динамический диапазон исследуемого временного интервала T разбивается на M интервалов Δt_i - временных каналов, $i=1, M$. Исследуемый временной интервал воспроизводится многократно и при попадании его измеренного значения t' во временной интервал Δt_i в соответствующий канал многоканального временного анализатора (МВА) добавляется 1. В результате цикла измерений число p_i , записанное в каждом канале МВА пропорционально вероятности попадания измеренного значения исследуемого временного интервала в интервал, соответствующий данному каналу. Таким образом, зависимость p_i от i представляет собой гистограмму распределения временных интервалов.

Практически метод многоканального временного анализа реализуется экспериментальной установкой блок-схема которой представлена на рис 1.

В основу построения функциональной структуры анализатора положен метод выделения флуктуационных составляющих исследуемых процессов и метод цифровой обработки. Структурная схема стенда состоит из трёх основных частей. Блок селекции и усреднения входного процесса совместим с блоком фотодетектирования и позволяет реализовать следующие основные режимы измерения: квазипериодический режим анализа плотности вероятности

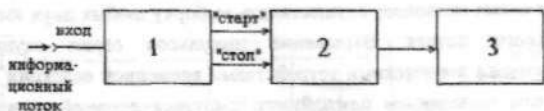


Рис.1. Блок-схема экспериментальной установки исследования флуктуаций временных интервалов

1- блок селекции временных интервалов; 2- преобразователь время-амплитуда; 3- многоканальный амплитудный анализатор.

флуктуаций, селективный анализ потока временных интервалов. В режиме измерения плотности вероятности реализован принцип адаптации размерности "местной" временной шкалы с выбором динамического диапазона измерения блока интерполяции.

Измеритель временных интервалов селекторного типа с блоком интерполяции осуществляет кодирование исследуемого процесса при помощи фазированного временного селектора с последующим интерполированием зоны неоднозначности. Интерполяция производится в пределах одного из группы периодов эталонной последовательности. В качестве блока интерполяции в диапазоне $3\text{нс} - 1\text{мкс}$ (три поддиапазона $3-10\text{нс}$; $3\text{нс}-100\text{нс}$ и $3-1\text{мкс}$) используется преобразователь время-амплитуда-код.

Блок селекции временных интервалов осуществляет выборку из информационного потока двух импульсов, между которыми измеряется временной интервал и их разделение по "старт" и "стоп" каналам. Блок-схема блока селекции временных интервалов приведена на рис.2.

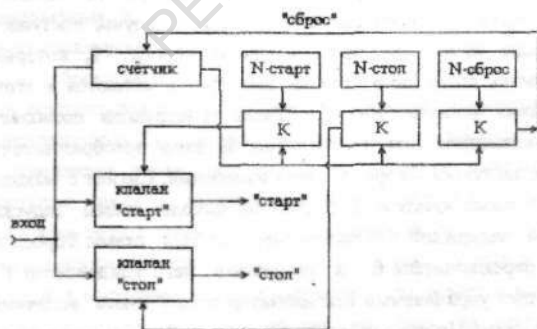


Рис.2. Блок селекции временных интервалов.
К-компаратор

Данная схема позволяет осуществлять выборку любых двух импульсов из информационного потока. Выделение импульсов серии осуществляется многоступенчатыми логическими устройствами временной селекции сигналов с первоначальным выделением ближайшего импульса опорной серии, который используется для запуска второго каскада селекции последующих импульсов серии. Такой принцип селекции позволил свести к минимуму временные неопределённости формирования интервалов как при регулярной, так и при стохастической селекции импульсов серии. Номера стартового и стопового импульсов, образующих измеряемый временной интервал вводятся оператором и хранятся в блоках "N-старт" и "N-стоп". Счётчик производит счёт импульсов информационного потока и при совпадении числа, хранящегося в блоках "N-старт" и "N-стоп" с числом посчитанных импульсов открывается соответствующий клапан и пропускает "старт" или "стоп" импульсы на вход преобразователя время-амплитуда. Для организации следующего цикла измерений производится сброс счётчика в 0 после прохождения определённого числа импульсов информационного потока, заданного оператором, и хранящегося в блоке "N-сброс".

Преобразователь время-амплитуда является одним из основных блоков экспериментальной установки, характеристики которого определяют диапазон измерений и предельное временное разрешение установки в целом. Практически преобразование время-амплитуда осуществляется путем накопления заряда на ёмкости током постоянной величины в течение измеряемого интервала времени [3-5].

Структурная схема преобразователя время-амплитуда приведена на рис.3. Преобразователь работает следующим образом. В начальном состоянии электронный переключатель 8 замкнут, и на конденсаторе 12 имеется опорное напряжение, сформированное схемой 10. Старт- импульс поступает одновременно на входы схемы запуска 1 и схемы сброса 2, которые автоматически блокируются после прохождения импульса и остаются в этом состоянии до поступления сигнала "сброс". Такая конструкция позволяет устранить ошибки, возникающие при поступлении на вход преобразователя более одного стартового импульса во время цикла измерений. Сигнал с выхода схемы сброса размыкает переключатель 8. Сигнал на выходе схемы запуска появляется с некоторой задержкой t относительно сигнала схемы сброса и замыкает электронный переключатель 6, в результате чего конденсатор 12 начинает разряжаться через управляемый стабилизатор тока 7 током, величина которого задается оператором. Процесс разрядки конденсатора продолжается до тех пор, пока ключ 6 не разомкнется управляющим сигналом схемы останова, который появляется через время t после появления на входе схемы

стоп-импульса. Так как задержка между появлением старт-импульса и

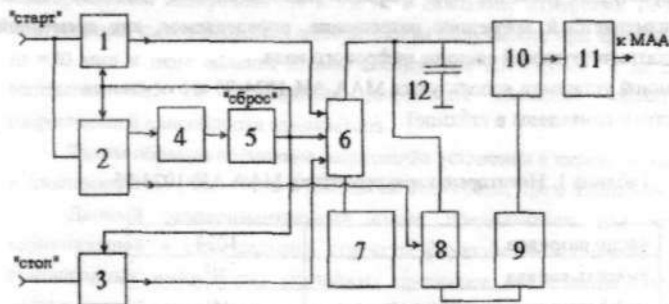


Рис.3. Структурная схема преобразователя время-амплитуда

1-схема запуска; 2-схема сброса; 3-схема останова; 4-блок задержки; 5-формирователь сигнала "сброс"; 6,8- электронные ключи; 7-управляемый источник тока; 9-схема формирования напряжений; 10-схема вычитания; 11-блок согласования.

закрыванием ключа 6 равна задержке между появлением стоп-импульса и размыканием этого ключа, то промежуток времени, в течение которого конденсатор разряжается, равен промежутку времени между старт- и стоп-импульсами, а поскольку ток разрядки конденсатора поддерживался постоянным стабилизатором 6, то разность между опорным напряжением и напряжением на конденсаторе пропорциональна измеряемому промежутку времени. Вычитание напряжения на конденсаторе из опорного производится схемой 10. Полученное напряжение, пропорциональное измеряемому временному интервалу через блок согласования поступает на вход многоканального амплитудного анализатора (МАО). Сигнал со второго выхода схемы сброса через время T_p -обусловленное блоком задержки 4, необходимо для осуществления преобразования, запускает формирователь сигнала "сброс" длительностью $T_{сбр}$ с момента начала которого замыкается электронный ключ 8 и начинается заряд емкости 12 до опорного напряжения. Сигнал "сброс" поступает также на электронный переключатель 6 и приводит его в исходное состояние если в течение цикла измерения сигнал "стоп" не поступил. Во время длительности сигнала "сброс" схемы запуска, сброса и останова приведены в исходное состояние, но заблокированы, что делает невозможным прохождение сигналов "старт" и "стоп" до тех пор, пока на накопительной емкости не установится опорное напряжение.

Диапазон измерений (максимальный измеряемый интервал времени) и временное разрешение преобразователя определяются разрядностью

используемого МАА. Диапазон измерений определяется установкой одного из трёх фиксированных значений тока разрядки накопительной емкости, однако при этом изменяется и временное разрешение, определяемое, как временной интервал, соответствующий единице цифрового кода.

В данной установке используется МАА АИ-1024-95 его основные характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1. Некоторые характеристики МАА АИ-1024-95

число разрядов	1024
ёмкость канала	2^{16}
дифференциальная нелинейность	1%
интегральная нелинейность	не более 0.2%
max время преобразования амплитуды импульса в параллельный код	50мкс

Оценка временного разрешения экспериментального стенда производилась по методике определения метрологических характеристик устройств временного анализа [6,7]. Сущность методики заключается в регистрации спектров равновероятного распределения интервалов и спектра реперных интервалов. На рис.4 представлены результаты экспериментального исследования данной установки. Зарегистрированные на спектре равновероятного распределения интервалов контрольные пики реперных интервалов позволяют оценить разрешающую способность установки.

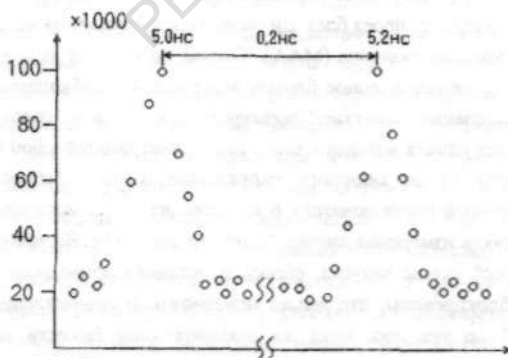


Рис.4. Гистограммы контрольных пиков разрешения экспериментального стенда.

Гистограммы контрольных пиков разрешения соответствуют измерению калиброванных интервалов 5,0 и 5,2 нс в диапазоне измерений 10 нс. Ширина контрольных пиков реперных интервалов на полувысоте при времени измерения $\Delta t = 20$ мин и цене деления шкалы анализатора $\Delta T = 0,1 \times 10^{-11}$ с не превосходит величины $\sim 0,5 \times 10^{-10}$ с. Данные результаты являются характеристиками разрешающей способности анализатора.

Таким образом временное разрешение установки в целом составляет 50 пс в диапазоне $3\text{нс} \div 10\text{нс}$, 500пс в диапазоне $3\text{нс} \div 100\text{нс}$, 5нс в диапазоне $3\text{нс} \div 1\text{мкс}$.

Данный экспериментальный стенд предназначен для исследований вероятностной и спектральной структур флуктуаций временных параметров стационарных импульсных случайных процессов для анализа стохастических распределений временных интервалов и кратковременных флуктуаций периодов прецизионных квазипериодических сигналов в оптическом динамическом устройстве памяти.

Литература

1. Потапов А.В., Чернявский А.Ф. Статистические методы измерений в экспериментальной ядерной физике. / Под ред. А.Ф. Чернявского.-М.: Атомиздат, 1980.-264 с.
2. Малевич И.А., Ефременко Д.А., Табачник Э.И. Синтез образцовых многозначных мер времени / Под ред. проф. И.А. Малевича.- Мн.: Университетское, 1994. - 352 с.
3. Акимов Ю.К., Мерзляков С.И. Наносекундный преобразователь время-амплитуда / ПТЭ, №5, 1980.
4. Баламатов Н.Н., Заливако В.Ю. Время-амплитудный преобразователь наносекундного диапазона / ПТЭ, №3, 1980.
5. Данилевич В.В., Чернявский А.Ф., Якушев А.К. Преобразователь время-амплитуда с разрешающим временем ~ 10 пс / ПТЭ, №4, 1975.
6. Рехин Е.И., Курашов А.А., Чернов П.С. Измерение интервалов времени в экспериментальной физике.-М.: Атомиздат, 1967,-384с.
7. Малевич И.А., Постоянов Ю.И., Чернявский А.Ф. Метод многоканального анализа флуктуаций периодов фазированных импульсных систем. Автометрия, 1974, №5, с. 72-80.