

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ АЧХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ГАУССОВСКИХ ИМПУЛЬСОВ

Аннотация: С появлением цифрового телевидения оказалось, что методы измерения АЧХ, пригодные для аналогового не подходят для решения проблем цифрового. В докладе рассмотрен новый метод, специально разработанный для измерения АЧХ цифрового телевизионного сигнала, основанный на использовании последовательностей усечённых по протяжённости гауссовских импульсов. Преимуществом данного метода является жесткая локализация каждого импульса в реальном и частотном пространствах.

Известен метод измерения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) телевизионного сигнала (ТВС) с использованием синусквадратичных и косинусквадратичных импульсов [1]. В общем виде, суть метода измерения АЧХ заключается в формировании на передающей стороне испытательных сигналов (ИС) определенной формы с последующей их сквозной передачей через исследуемый функциональный элемент системы цифрового телевидения (ЦТВ). На приемной стороне, то есть на выходе исследуемого функционального элемента происходит измерение изменений амплитуды ИС, и как следствие оценка АЧХ исследуемого функционального элемента. В качестве испытательного сигнала на входе функционального элемента цифровой системы телевидения формируют n периодических последовательностей синусквадратичных и косинусквадратичных радиоимпульсов. Использование данного метода предполагалось для измерения АЧХ видеотракта систем телевидения. При использовании косинусквадратичной формы огибающей имеет место увеличение частоты колебательного процесса в спектре огибающей. Это дает дополнительные преимущества при отдельной обработке радиоимпульсов и получении результатов измерений. При отдельной обработке каждый импульс, получаемый в результате демодуляции измерительной пачки (ИП) интегрируют и получают соответствующее значение отсчета измеряемой характеристики. При измерении АЧХ функциональных элементов видеоканала систем аналогового телевидения является жестко ограниченной длительность ИП (в аналоговом телевидении максимальная длительность пачки была ограничена длительностью гасящего импульса). При измерении АЧХ функциональных элементов аппаратуры для обработки высокочастотного (модулированного) цифрового телевизионного сигнала (ЦТВС) ограничение по длительности в виде времени обратного хода отсутствует. В качестве метода измерения АЧХ

функциональных элементов системы ЦТВ можно использовать метод основанный на формировании последовательности усеченных гауссовских импульсов (УГИ).

Метод измерения АЧХ с использованием последовательности усеченных гауссовских импульсов является усовершенствованием метода измерения АЧХ основанного на использовании последовательности косинусквадратичных импульсов. Суть метода заключается в следующем.

Метод измерения АЧХ основан на формировании на передающей стороне ИС в виде последовательностей УГИ поочередно подаваемых в последовательных периодах измерений на вход исследуемого функционального элемента системы цифрового телевидения. На приемной стороне (на выходе функционального элемента) происходит раздельная обработка импульсов ИП. Каждый импульс выделяют из последовательности и интегрируют с целью получения значения АЧХ в исследуемой точке.

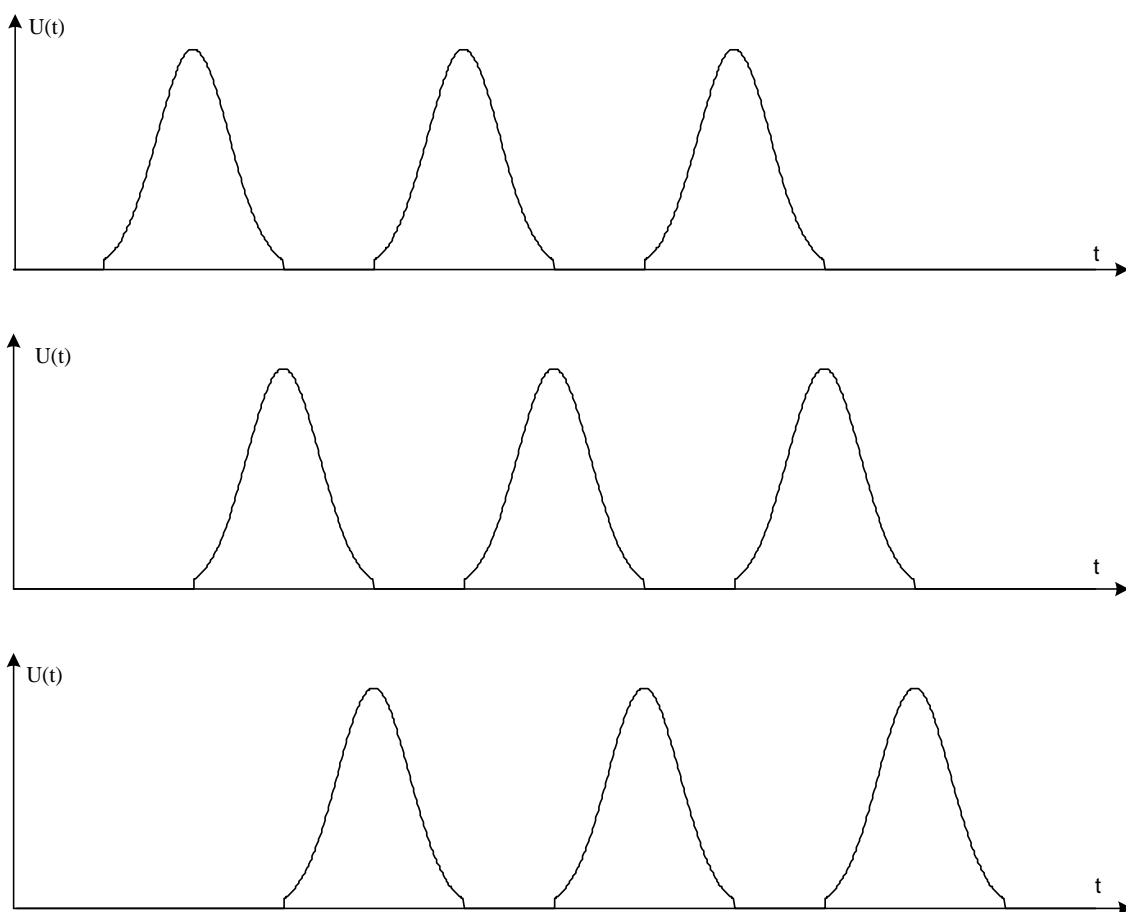


Рис. 1. Временная диаграмма усеченных гауссовских импульсов

С целью увеличения точности измерения, в качестве испытательного сигнала на передающей стороне формируют n периодических последовательностей усеченных гауссовских импульсов (Рис. 1).

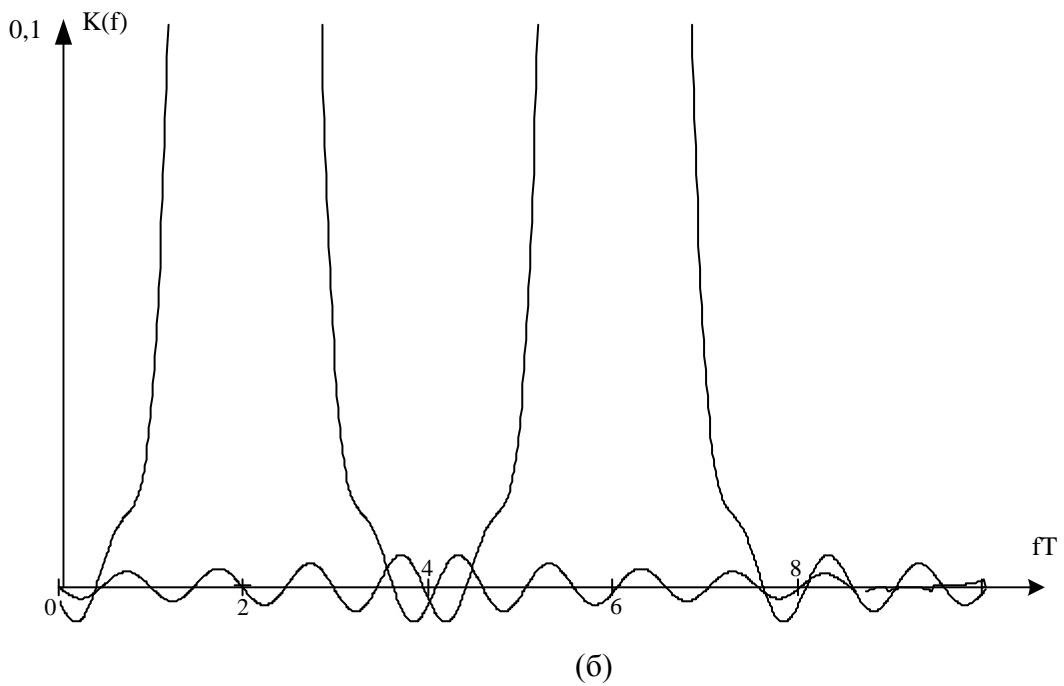
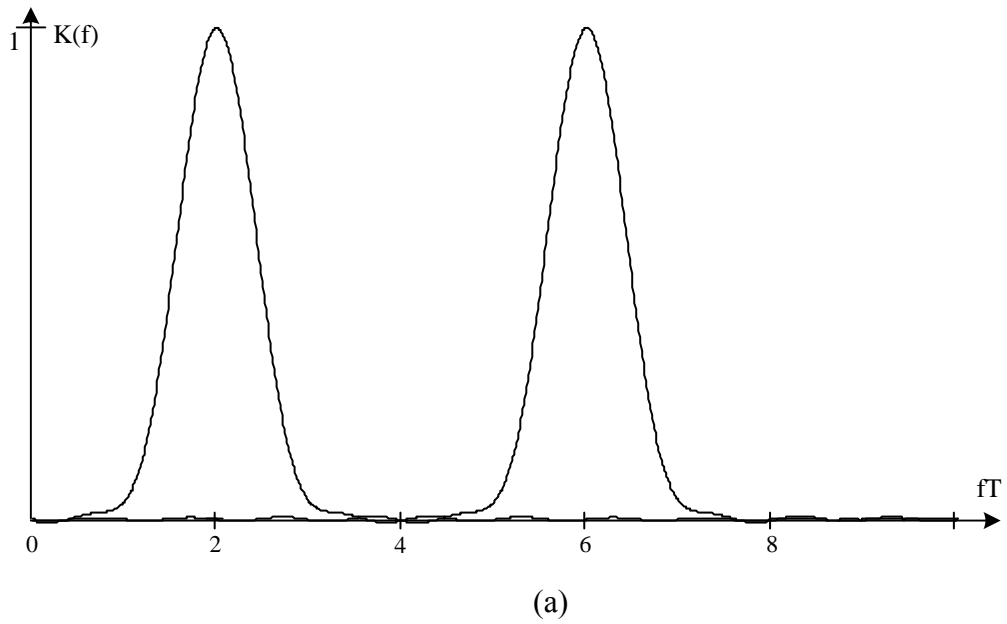


Рис. 2. Спектр измерительной пачки усеченного гауссовского импульса (а) и укрупненный в 10 раз фрагмент того же спектра (б).

Для увеличения точности анализа из каждой из n последовательно передаваемых последовательностей формируют m одинаковых параллельных последовательностей. Последовательности в смежных периодах измерения смещаются во времени на интервал кратный длительности одного импульса. Период следования импульсов ИП устанавливают кратным длительности одного импульса. Помимо импульсов на входе контролируемых функциональных элементов ТВ системы формируют группы сигналов поднесущих. Поднесущие частоты смещают по частоте друг относительно друга в пределах каждой

последовательности и от последовательности к последовательности в соседних периодах измерений. Значения поднесущих частот для m параллельно формируемых последовательностей смещаются от последовательности к последовательности на величину кратную активной ширине спектра испытательного сигнала (Рис. 2).

В этом случае, влияние спектров синхронно передаваемых пачек друг на друга сводится к минимуму. На Рис. 2 (б) более детально показана малоинтенсивная часть комплексной функции спектра ИП. Из Рис. 2 (б) видно, что чем ближе по частоте будут располагаться измерительные пачки, тем большие искажения возможны между синхронно передаваемыми пачками. При этом необходимо обеспечить условие, чтобы на частоте поднесущей значение спектральной компоненты соседней по частоте синхронно передаваемой пачки было равно нулю, как показано на Рис. 2 (б). Анализируя тонкую структуру спектра пачки гауссовской огибающей, можно сделать вывод, что побочные лепестки соседней пачки обращаются в нуль при значениях, соответствующих на оси относительных частот четным числам. Следовательно, для обеспечения наиболее благоприятных условий передачи измерительных пачек необходимо сместить частоту поднесущей от пачки к пачке на величину, кратную удвоенной частоте, на которой значение спектральной функции прямоугольника, ограничивающего гауссовский импульс, обращается в нуль (Рис. 3). То есть поднесущие необходимо смещать от пачки к пачке на величину, равную $\Delta f = 2/\tau_u$, где τ_u – длительность усеченного гауссовского импульса.

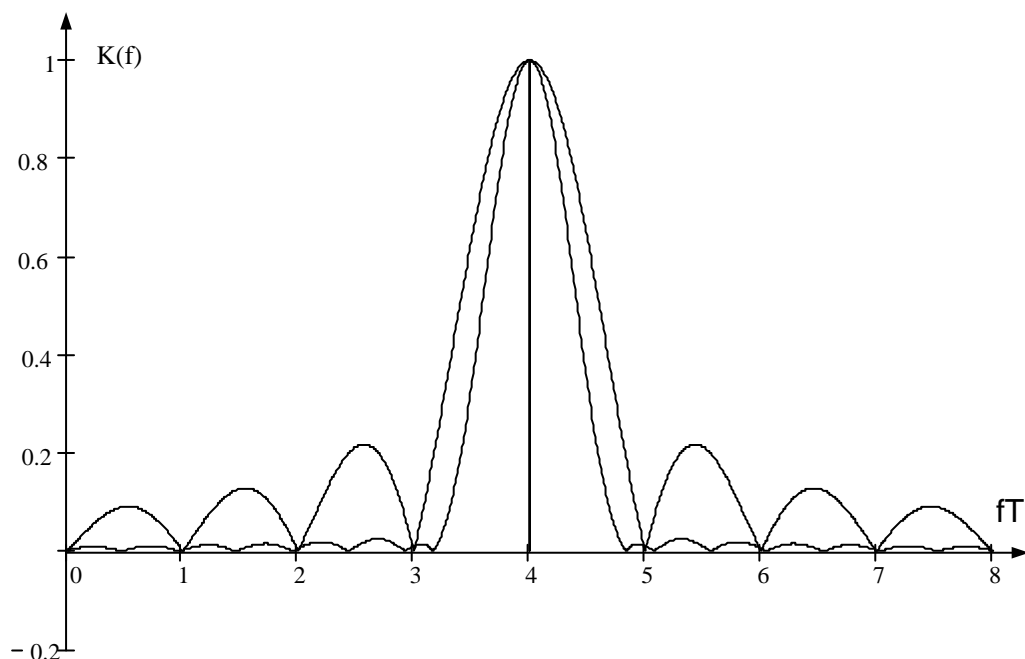


Рис. 3. Спектр измерительного сигнала

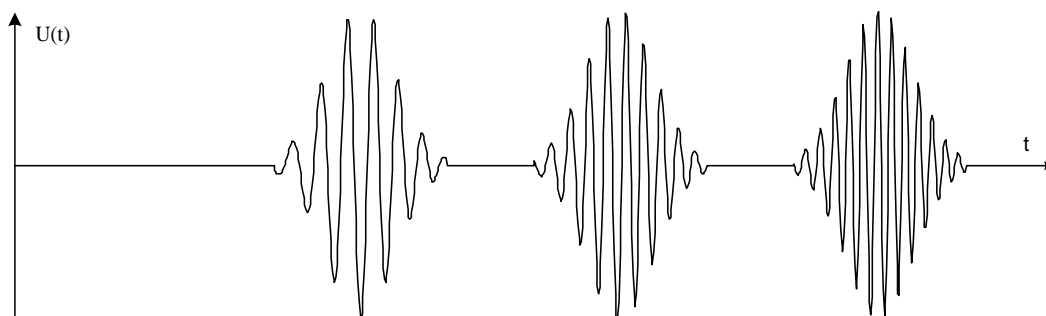
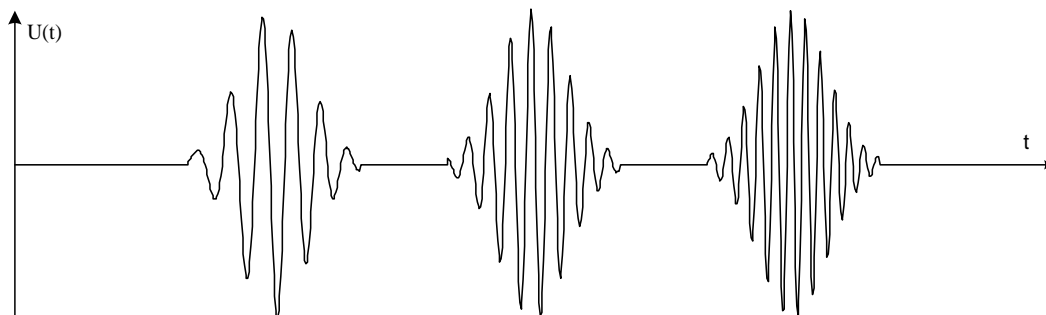
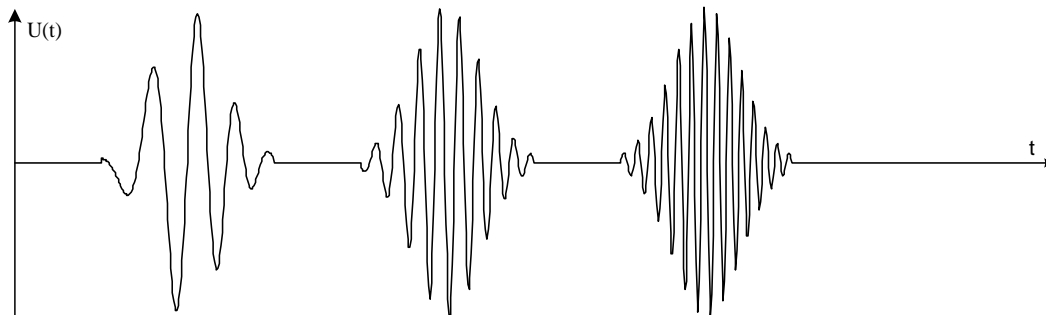


Рис. 4. Измерительные пачки

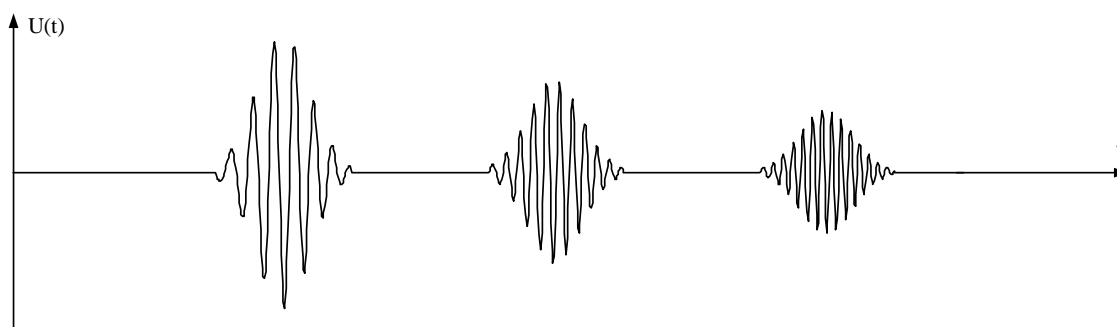
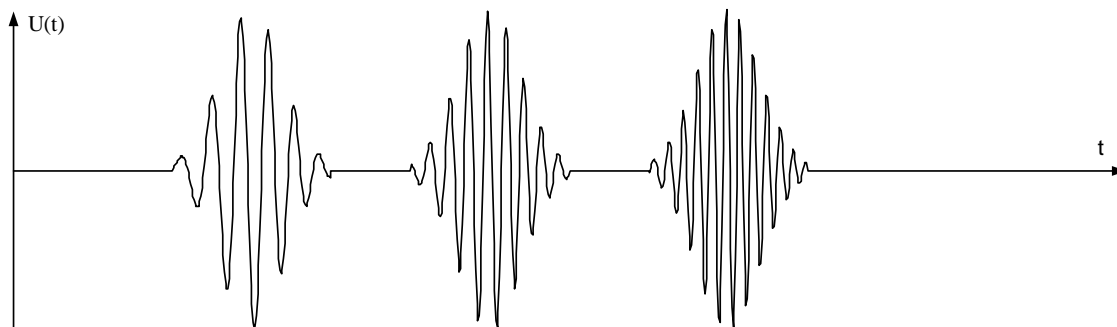


Рис. 5. Искаженные измерительные пачки

Если смещать поднесущие на указанную величину, то при совмещении в точках измерения частотной характеристики спектры синхронно передаваемых пачек не будут существенно влиять на частотную характеристику данной пачки.

Соответствующие поднесущие по очереди модулируют последовательности гауссовских импульсов. В результате этого образуются последовательности измерительных радиоимпульсов, которые представляют собой измерительные пачки (Рис. 4).

Сформированные последовательности импульсов передаются через исследуемый функциональный элемент системы ЦТВ. Вследствие того, что исследуемый функциональный элемент обладает определенной АЧХ, ИП при сквозном прохождении подвергаются искажениям (Рис. 5).

Амплитуды импульсов различных частот изменяются в соответствии со значением коэффициента передачи функционального элемента на заданной частоте [2]. На приемном конце демодулируют измерительные последовательности, поступающие с выхода исследуемого функционального элемента. Затем выделенный импульс интегрируют, в результате чего получают значение коэффициента передачи на заданной частоте.

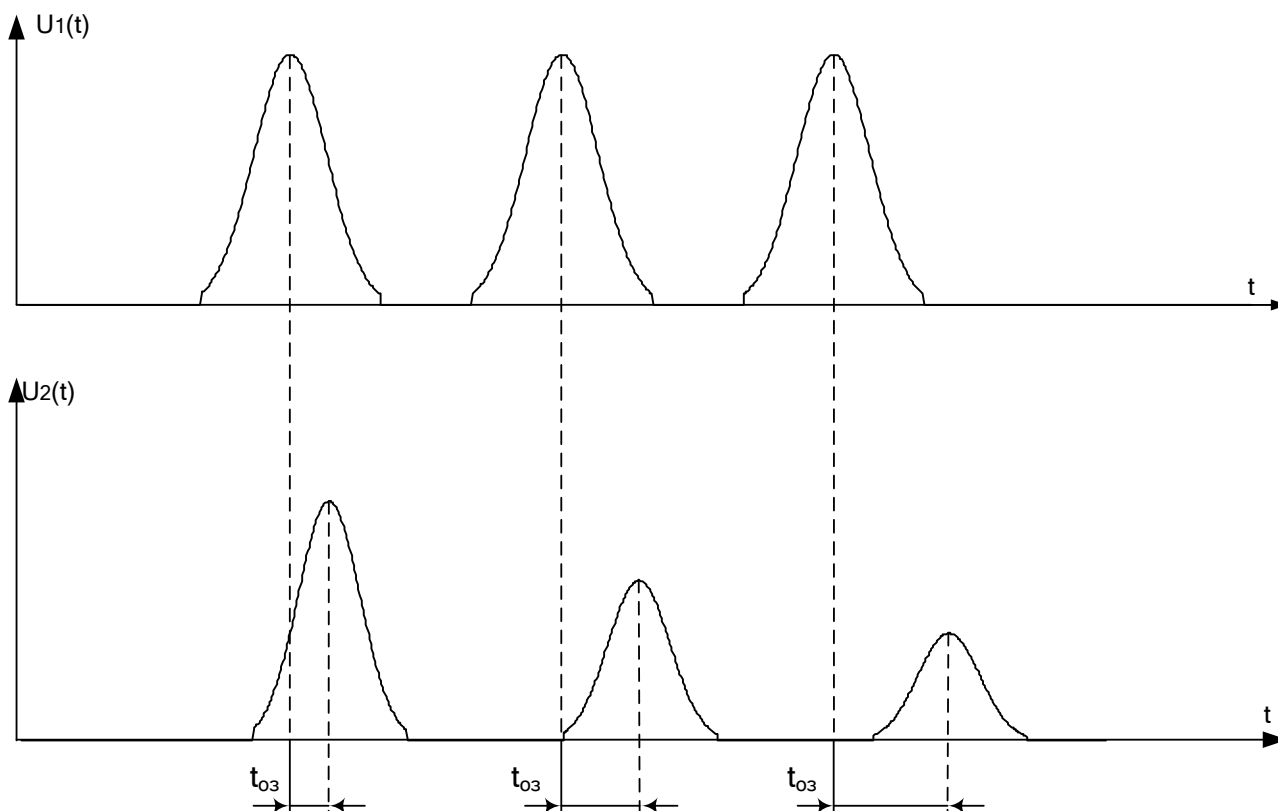


Рис. 6. Последовательности импульсов сформированные на входе и выходе функционального элемента

С помощью данного метода возможно совместное проведение измерений группового времени задержек (ГВЗ) и АЧХ. При формировании последовательности гауссовских

импульсов они следуют с определенным фиксированным интервалом. В случае, если зафиксировать момент передачи первого импульса, определять относительные промежутки времени распространения радиоимпульсов, то можно оценить относительное время распространения (ОВР) измерительной пачки, то есть фактически определить ФЧХ. При сквозном прохождении измерительных пачек через исследуемый функциональный элемент помимо искажений связанных АЧХ они будут поступать на приемную сторону с задержкой. Задержка импульсов относительно начального определяется влиянием ФЧХ исследуемого функционального элемента. Соответственно радиоимпульсы отличающихся по частоте поднесущих будут приходить с различными задержками. На Рис. 5 показаны радиоимпульсы, подвергнутые искажениям по отношению к исходному варианту импульсной последовательности. При этом показана измерительная последовательность с учетом воздействия на ИП искажений АЧХ и ФЧХ исследуемого функционального элемента.

На приемной стороне за счет задержки выделенных импульсов на интервалы, кратные периоду передачи, совмещают во времени переданные участки измерительных последовательностей. При этом действие характеристик относительного времени распространения фазы (ОВРФ) исследуемого функционального элемента проявляется относительными задержками переданных импульсов измерительных последовательностей t_{03} . На Рис. 6 показаны последовательности импульсов, сформированные на входе функционального элемента (сверху) и выделенные на выходе (снизу).

После прохождения через исследуемый функциональный элемент измерительные последовательности совмещаются (Рис. 7).

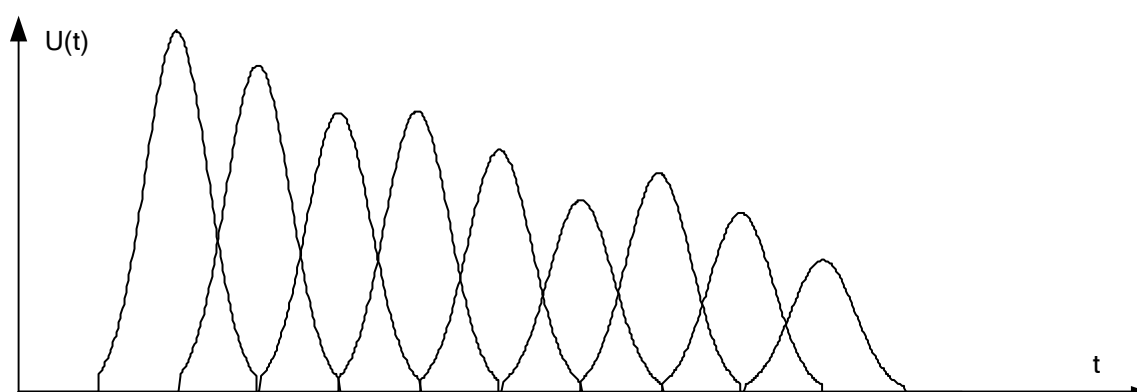


Рис. 7. Совмещенные измерительные последовательности

Огибающая совмещенной последовательности импульсов является отражением измеренной АЧХ исследуемого функционального элемента. Происходит накопление результатов измерения АЧХ и ФЧХ в последовательных периодах измерений. Амплитуды

измеренных импульсов соответствуют АЧХ исследуемого функционального элемента, а относительные задержки импульсов образуют характеристику ГВЗ. Разделением во времени и интегрированием импульсов в данном случае добиваются того, чтобы на результаты измерения АЧХ не влияла нелинейность ФЧХ исследуемого функционального элемента. Полученные результирующие отсчеты (Рис. 8) запоминают, затем по ним восстанавливают, например, с помощью ФНЧ, огибающую АЧХ ТВ-тракта.

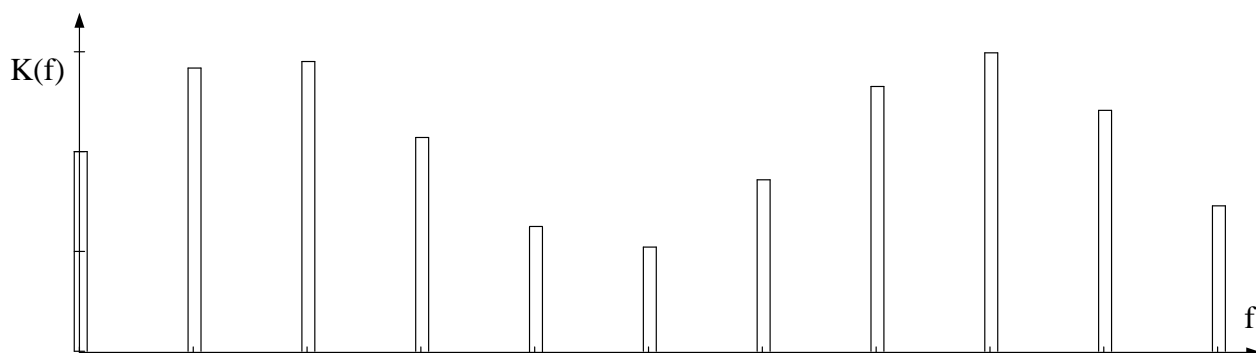


Рис. 8. Результирующие отсчеты совмещенных измерительных последовательностей

Фактически предложенным решением реализуется дискретно-непрерывный контроль АЧХ. Спектр каждого радиоимпульса локализуется в пределах определенного участка контролируемого частотного диапазона. Совокупность радиоимпульсов охватывает весь контролируемый частотный диапазон. Увеличение протяженности радиоимпульсов приводит к уменьшению размера участка локализации основной части спектра радиоимпульса. Минимально возможный размер участка локализации спектра, в конечном итоге, и определяет точность измерения предлагаемым способом.

Преимуществом данного метода является также простота реализации на основе элементов современной схемотехники конкретных устройств, которые могут обеспечивать высокую точность измерения АЧХ в заданном участке частотного диапазона видеотракта.

Литература:

1. Безруков В.Н., Способ измерения амплитудно-частотных характеристик и характеристик относительного времени распространения фазы сигнала в телевизионной системе и устройство для его осуществления, А.с. 1150776 СССР, Опубл. 1985, Бюл. № 14.
2. Гоноровский И.С., Демин М.П., Радиотехнические цепи и сигналы, М.:Радио и связь, 1994.
3. Харкевич А.А., Спектры и анализ – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962.
4. Гутников В.С., Фильтрация измерительных сигналов. –М.: Радио и связь, 1989.
5. Кривошеев М.И., Основы телевизионных измерений. – М.: Связь, 1979.