

Аннотация

Объем 52 с., 10 рис., 0 табл., 21 источников.

Целью бакалаврской работы служит детализированный анализ работы и характеристик следующих способов и средств визуализации и цифровой регистрация параметров моноимпульсных сигналов (МИ – сигналов):

- визуализация электрических МИ – сигналов способом периодического параллельного квантования (ППК) и синтезом в каждом из периодов копии исследуемого сигнала на основе амплитудных и временных рециркуляторов;

- способы цифровой регистрация амплитудных и временных параметров (формы, энергии, гистограммы временные распределения по амплитудному значению) электрических и оптических МИ – сигналов.

Рассмотренные средств визуализации и цифровой регистрация параметров электрических МИ – сигналов имеют простую структуру и технически реализуются на цифровых интегральных микросхемах и рекомендуются к использованию в современном научном приборостроении и информационно – измерительных системах, что подчеркивает актуальность темы бакалаврской работы.

Отличительной особенностью бакалаврской работы является детальный анализ устройства визуализации и цифровой регистрация одиночных импульсных оптических сигналов.

Содержание

Введение.....	5
1. Классификация способов и средств визуализации и цифровой регистрации параметров моноимпульсных сигналов.....	6
2. Визуализация моноимпульсных сигналов способом периодического параллельного квантования (ППК) и синтезом в каждом из периодов копии исследуемого сигнала.....	11
2.1 Визуализация способом ППК и синтезом копий на основе амплитудного рециркулятора.....	11
2.2. Визуализация способом ППК и синтезом копий на основе временных рециркуляторов.....	19
3. Цифровая регистрация параметров моноимпульсных сигналов.....	25
3.1 Цифровая регистрация параметров редкоповторяющихся импульсных сигналов.....	25
3.2. Цифровая регистрация параметров одиночных импульсных сигналов.....	31
4. Визуализация и цифровая регистрация оптических одиночных импульсных сигналов.....	38
Заключение.....	49
Список используемой литературы.....	50

Введение

Визуализация и цифровая регистрация параметров моноимпульсных сигналов (МИ – сигналов) нано - и субнаносекундного диапазона длительностей осуществляется часто посредством преобразования их временного масштаба, в основе которого положена дискретизация данных МИ – сигналов. Процесс дискретизации заключается в следующем:

- выделение мгновенных амплитудных значений (дискретные выборки) МИ – сигналов в известные временные моменты,

- далее запоминание (хранение) каждой из дискретных выборок, что по существу и служит основой регистрации, например визуализации, преобразования в цифровой код амплитудных и временных параметров, а также и, что интегральных параметров МИ – сигналов (энергии, площади и другие),

- последующее после хранения сравнительное медленное считывание дискретных выборок.

Для дискретизации используются масштабно - временные преобразователи МИ – сигналов, которые содержат многоотводную линию задержки, к выводам которой подключаются ключи – смесители, управляемые импульсными сигналами от генератора строб – импульсов.

С выходов ключей – смесителей амплитудные значения дискретных выборок МИ - сигнала подаются на усилители - расширители, не искажая их амплитудных взаимных соотношений.

Далее посредством коммутирующего устройства (КУ) осуществляется медленное считывание дискретных выборок, а на выходе КУ получают копию МИ - сигнала в соответствующем временном масштабе.

1. Классификация способов и средств визуализации и цифровой регистрации параметров моноимпульсных сигналов

В обобщенном варианте структурная схема визуализации и цифровой регистрации параметров моноимпульсных сигналов (МИ – сигналов) имеет вид, приведенный на Рисунке 1.1.

В данной схеме входное устройство (ВУ) 1 предназначено для преобразования оптического или электрического МИ - сигнала $P(t)$ в форму, удобную для дальнейшей обработки, устройство регистрации 2 применяется с целью фиксации промежуточной информации от ВУ 1 и её дальнейшего воспроизведение для последующей целевой обработки.

Обычно устройство регистрации (УР) 2 представляет собой запоминающее устройство, например, оптический или электрический рециркулятор (ОЦК), время хранения и считывания которого устанавливается способом действия и типом как самого УР 2, так и измерительной системой.

Преобразователь 3, используется для представления, зафиксированной УР 2 информации при её воспроизведении в форму, которая определяется способами последующей обработки.

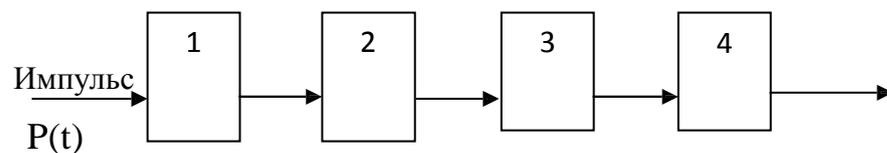


Рисунок 1.1 - Обобщенная структурная схема цифрового отображения формы и временных параметров оптических и электрических моноимпульсных сигналов

Структурная схема содержит:

- 1 – входное устройство (ВУ);
- 2 – устройство регистрации (УР);
- 3 – преобразователь;
- 4 – блок обработки и извлечения информации (БОИ).

БОИ 4 используется как обработчик информации, согласно с предназначением измерительного комплекса, а также представления обработанной информации в виде, удобным для восприятия и дальнейшего применения.

По способу используемых преобразований в устройствах отображения формы и временных параметров оптических и электрических моноимпульсных сигналов, их классифицируют как.

1. По способу преобразования во входном устройстве 1:

- преобразование оптического сигнала снова в оптический сигнал.

Известны два вида данного преобразования:

- с использованием быстродействующих фотокамер и фотоэлектронных регистраторов;
- преобразование оптического сигнала в электрический сигнал, которое осуществляется посредством фотоэлектрических приёмников излучения.

2. По способу отображения в устройстве регистрации 2:

- непосредственное отображение на фотографическую плёнку;
- отображение на матричных фотоприёмниках, либо на передающих телевизионных трубках;
- осциллографическая регистрация, применяющая во входных устройствах преобразование оптического сигнала в электрический сигнал.

3 По методу обработки промежуточной информации в преобразователе 3:

- фиксация на фотоплёнку изображение МИ – сигнала непосредственно с экрана осциллографического устройства;

- масштабно - временное преобразование посредством запоминающих электронно - лучевых трубок, матричных фотоприёмников или передающих телевизионных трубок;
- аналоговое или цифровое преобразование при использовании стробоскопических устройств регистрации.

4. По способу обработки и виду, который отображает конечную информацию:

- ручное или автоматическое построение временных диаграмм; преобразование значений в цифровой код и его хранение в запоминающем устройстве, для его последующего многократного воспроизведения;
- визуальное наблюдение МИ - сигнала на экране осциллографического устройства и цифровое измерение его параметров и характеристик.

Из рассмотренной обобщенной структурной схемы следует, что средства визуализации и цифровой регистрации формы и временных параметров оптических и электрических МИ - сигналов представляют собой сложную информационно - измерительную систему (ИИС), в которой по ходу обработки входных МИ - сигналов осуществляют многократные их преобразования.

Главенствующее значение здесь отводится таким параметрам преобразований как динамический диапазон (ДД) и разрешающая способность (РС) ИИС по мощности.

Более широким ДД и высокую РС имеют ИИС, в которых все преобразования осуществляются при оптическом входном сигнале или его электрическом аналоге.

Среди них наибольшую разрешающую способность имеют ИИС, с применением стробоскопической регистрации оптических или электрических МИ - сигналов с последующим цифровым преобразованием или измерением.

Разрешающая способность ИИС ограничена ДД используемого фотоприёмника и РС применяемых цифровых приборов.

На Рисунке 1.2 приведена классификация способов и средств визуализации и цифровой регистрации параметров МИ – сигналов, которая основана на аналого - цифровом преобразовании и использовании осциллографических и стробоскопических устройств регистрации.

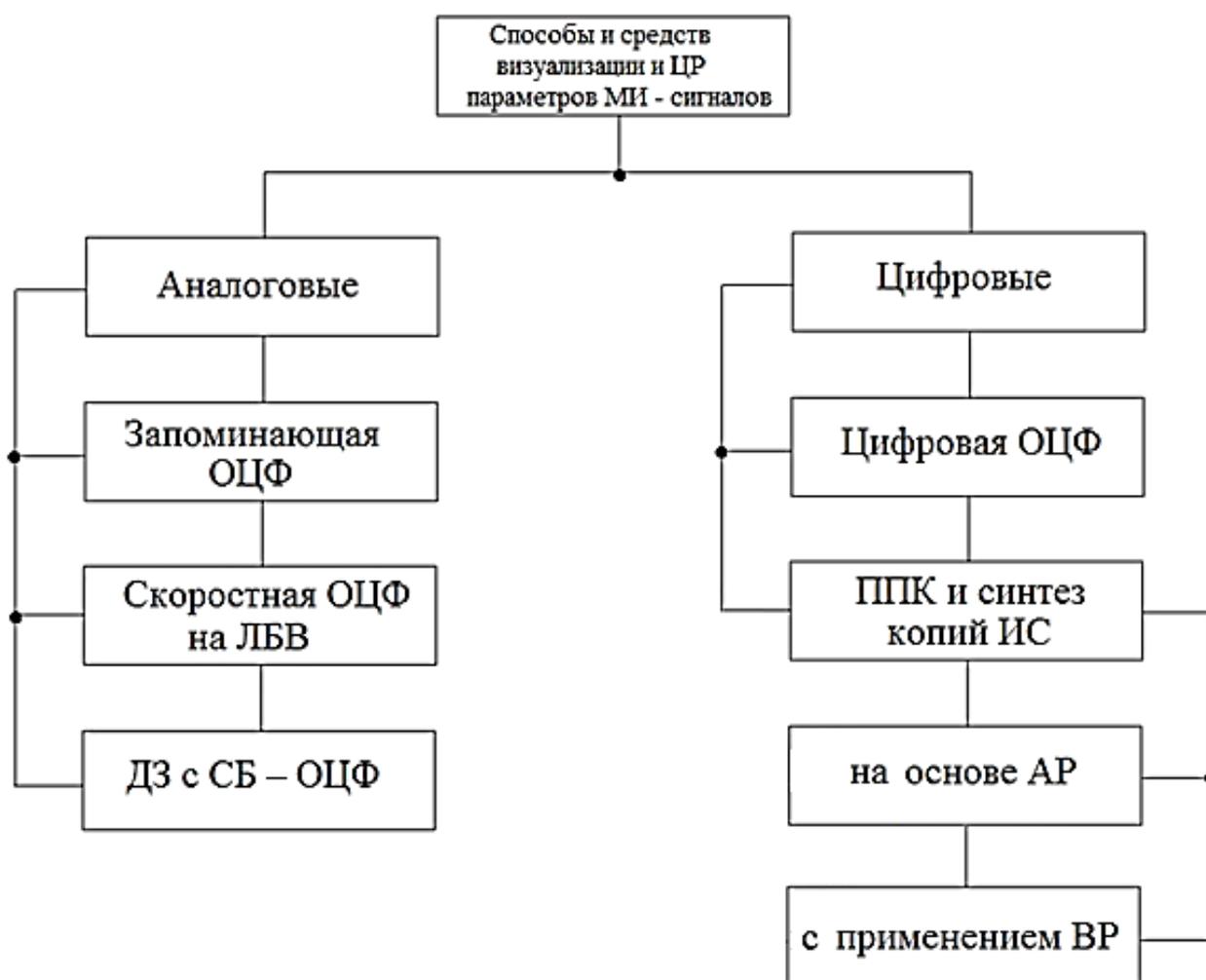


Рисунок 1.2 - Способы и средства визуализации и цифровой регистрации параметров МИ – сигналов

Здесь: ОЦФ – осциллография; ЛБВ – лампа бегущей волны; ДЗ – динамическое запоминание; СБ – ОЦФ - стробоскопическая осциллография; ППК – периодическое параллельное квантование; ИС – исследуемый моноимпульсный сигнал; АР и ВР – соответственно, амплитудный и временной рециркуляторы.

Согласно классификации способы и средства визуализации и цифровой регистрации параметров МИ – сигналов разделены на две большие группы: аналоговые и цифровые.

Аналоговые методы основаны на запоминающей и скоростной осциллографии с применением, соответственно запоминающих электронно – лучевых трубок и ламп бегущей волны, а также на запоминании МИ – сигнала в динамическом запоминающем устройстве, например амплитудном рециркуляторе и последующем его регистрации (визуализации, цифрового измерения параметров) в стробоскопическом осциллографе.

Цифровые методы в отличие от аналоговых обладают гораздо большими функциональными возможностями, так как позволяют наряду с визуализацией МИ – сигналов осуществлять и цифровую регистрацию широкого круга его параметров.

Ярким примером данного метода является цифровая осциллография.

Известна и разновидность цифрового метода, основанного на визуализация МИ - сигналов способом периодического параллельного квантования (ППК) и синтезом в каждом из периодов копий исследуемого сигнала.

Техническая реализация данного способа осуществляется на базе амплитудных или временных рециркуляторах.

2. Визуализация моноимпульсных сигналов способом периодического параллельного квантования (ППК) и синтезом в каждом из периодов копии исследуемого сигнала

2.1 Визуализация способом ППК и синтезом копий на основе амплитудного рециркулятора

Ниже рассмотрено устройство, которое позволяет визуализировать, путем отображения на осциллографическом устройстве, одиночные импульсы малой (наносекундной) длительности и сложной формы.

Оно имеет возможность, быть примененным в разной области науки и техники, например, при изучении взрывных или ударных процессов, которые протекают за малый промежуток времени.

На Рисунке 2.1 показана схема функциональная устройства визуализации одиночных импульсов малой (наносекундной) длительности и сложной формы [1-3] .

Оно содержит в себе:

- устройства сравнения (УС) 1.1-1.N,
- источник 2 опорных значений напряжений (ОБН),
- суммирующий блок (СМБ) 3,
- одноканальное осциллографическое устройство 4,
- линию задержки (ЛЗ) 5,
- корректирующий усилитель (КУ) 6,
- аналоговый ключ (АК) 7,
- RS - триггер 8,
- суммирующее устройство (СУ) 9.

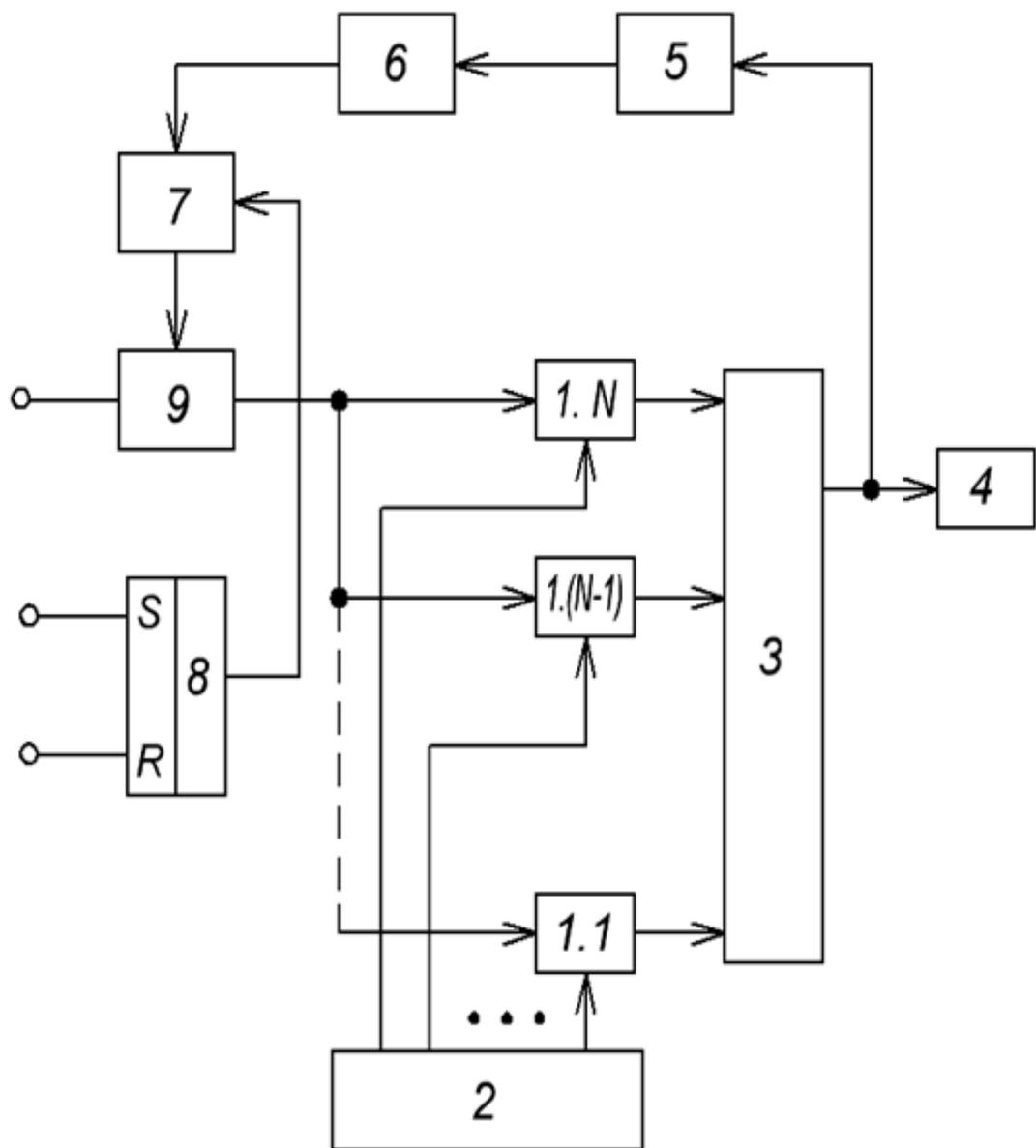


Рисунок 2.1 - Схема функциональная устройства визуализации одиночных импульсов малой (наносекундной) длительности и сложной формы

Входы устройств сравнения 1 для сигналов объединены, входы для управления подсоединены к соответствующим выходам источника 2 ОБН, а выходы соединены с входами СМБ 3, выход которого подключается к входу осциллографического устройства 4 и посредством ЛЗ 5 ко входу КУ 6.

Выход корректирующего усилителя (КУ) 6 в свою очередь подсоединен к сигнальным входам АК 7, вход управления, у которого подсоединен к выходу RS - триггера 8, а выход - к 1-му входу СУ 9.

Причем выход суммирующего устройства (СУ) 9 подключается к сигнальным входам N сравнивающих устройств 1.

Механизм функционирования устройства имеет следующий алгоритм.

В начале функционирования устройства, сигналом "Сброс" посредством RS - триггер 8 и АК 7 происходит обнуление АР, образованного СУ 9, N устройствами сравнения (УС), N - входным СМБ 3, ЛЗ 5, корректирующим усилителем и АК 7.

То есть происходит стирание, путем размыкания АК 7, соединяющего выход КУ 6 с 1 - ым входом суммирующего устройства (СУ) 9, ранее циркулирующего импульса.

Затем по приходу сигнала "Запуск", осуществляется готовность АР, путем переключения RS - триггера 8 и включения АК 7, соединяющего выход КУ 6 с 1 - ым входом СУ 9, к циркуляционному процессу.

На входы управления СУ 1 от источника ОБН прикладывается сетка из N ОУН с шагом $\Delta U_{эт}$ и значениями напряжений для УС 1.1 - $\Delta U_{эт}$; УС 1.2 - $2\Delta U_{эт}$; УС 1.3 - $3\Delta U_{эт}$; УС 1.4 - $4\Delta U_{эт}$;...; УС 1.N-N $\Delta U_{эт}$.

Следом изучаемый одиночный сигнал $U_x (tx)$ малой длительности и сложной формы, через 2-ой вход СУ 9 приходит на все сигнальные входы сравнивающих устройств 1.

В случае если амплитуда $U_{ох}$ импульсного одиночного сигнала $U_x (tx)$ малой длительности, на входе приема сигнала какого-либо из УС превышает или равно соответствующему ему ОУН, то компаратор генерирует импульс

стандартной амплитуды и длительности, равной длительности изучаемого сигнала на этом ОУН.

Таким образом, на выходах устройств сравнения 1, которые отметили избыток амплитудным значением $U_{ох}$, изучаемого сигнала соответствующего ОБН, генерируется результат сравнения (РС) в виде параллельного кортежа импульсов со стандартным значением амплитуды и длительностями, равными длительностям изучаемого сигнала на соответствующем уровне его амплитудного значения.

Выполняя аналоговое суммирование РС в N - входном СМБ 3, получают импульсный синтезированный сигнал $U^*x(t^*x)$, который идет на осциллограф 4.

Вместе с этим, импульсный синтезированный сигнал $U^*x(t^*x)$ с выхода N - входного СМБ 3 после задержки в ЛЗ 5 на время

$$t_p > t_{x.макс}$$

($t_{x.макс}$ - наивысшее значение длительности изучаемого импульса) через 1 - ый вывод СУ 9 приходит на сигнальные входы всех устройств сравнения (УС) 1.

В УС 1 снова происходит процесс, описанный выше, однако тут с сеткой ОБН сравнивается уже импульсный сигнал $U^*x(t^*x)$ с амплитудой равной $U^*ох$.

В итоге на выходе N-входного СМБ 3 снова получают импульсный синтезированный сигнал $U^*x(t^*x)$, который обрабатывают аналогичным образом.

В результате данного процесса, выполняя в данном устройстве рециркуляцию с регулярным восстановлением, путем применения устройств сравнения 1 и N - входного СМБ 3, импульсного синтезированного сигнала, получают периодическую последовательность импульсного синтезированного сигнала, которую затем визуализируется в осциллографическом устройстве 4.

Ниже рассматривается устройство визуализация способом ППК и синтезом копий на основе амплитудного рециркулятора, в котором в отличие от рассмотренного выше, используются устройства сравнения со стробирующим входом, что несколько упрощает его техническую реализацию [4-7].

Данное устройство можно отнести к области техники контрольных измерений, а конкретно к осциллографированию одиночных импульсов малой длительности и сложной формы.

Оно имеет возможность, быть примененным в разной области науки и техники, например, при изучении взрывных или ударных процессов, которые протекают за малый промежуток времени.

На рисунке 2.2 показана схема функциональная устройства визуализации одиночных импульсов малой длительности и сложной формы с использованием устройств сравнения с входом стробирования.

Оно содержит следующие элементы:

- N – устройств сравнения (УС) (1.1 - 1.N) с входом стробирования (СБ – входом),
- источник из N опорных значений напряжения (ОБН) 2,
- N - входной суммирующий блок (СМБ) 3,
- осциллографическое устройство 4,
- линию задержки (ЛЗ) 5,
- корректирующий усилитель (КУ) 6,
- суммирующее устройство (СУ) 7,
- RS - триггер 8.

Сигнальные входы всех N устройств сравнения с СБ – входом подключены к выходу суммирующего устройства 7, а входы управления к соответствующим выходами источника ОБН 2, тогда как их выходы - к входами N - входного СМБ 3.

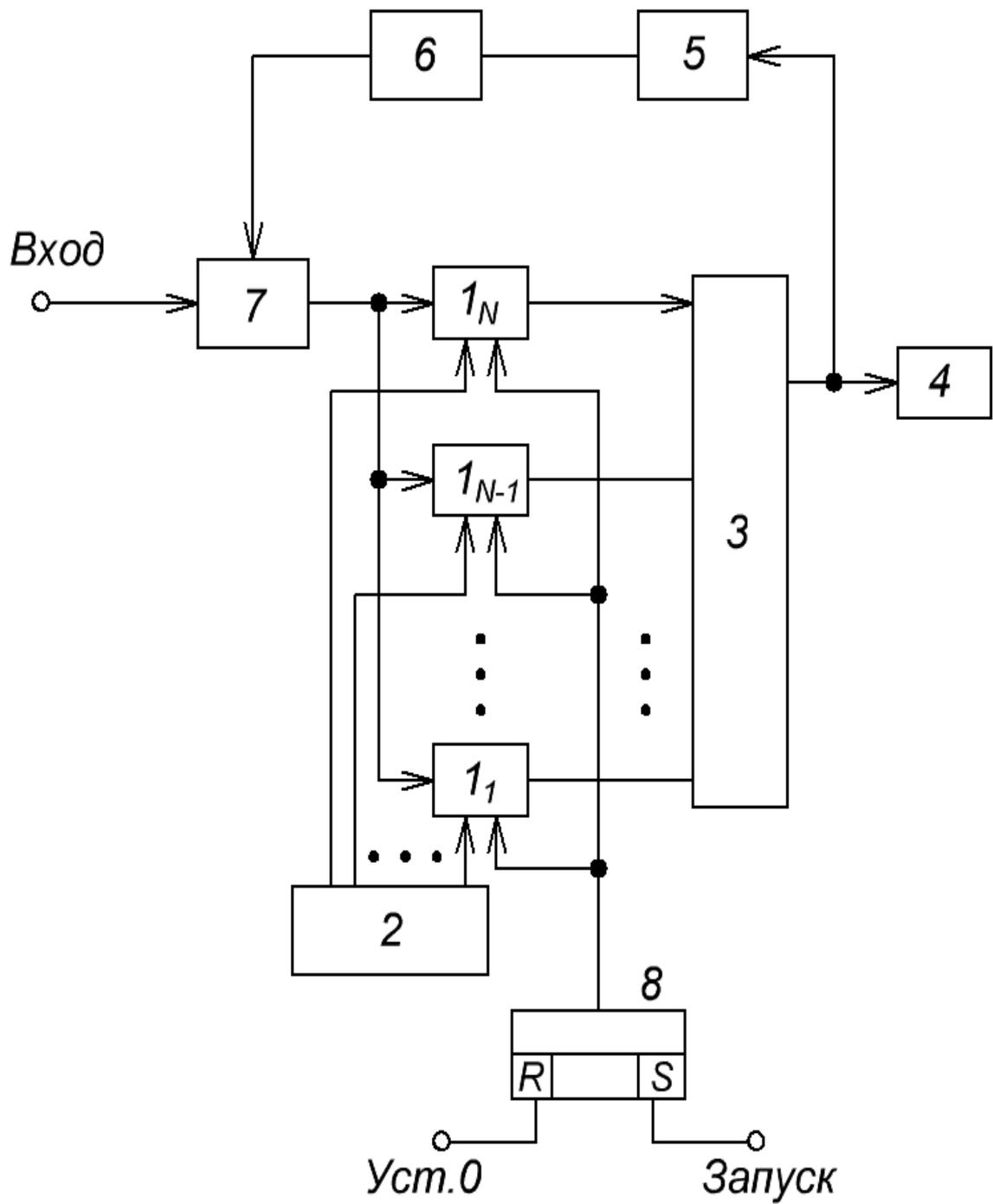


Рисунок 2.2 - Устройства визуализации одиночных импульсов малой длительности и сложной формы на УС с СБ - входами

Выход СМБ 3 объединен с входом осциллографического устройства 4 и посредством ЛЗ 5 - с входом корректирующего усилителя (КУ) 6, выход которого в свою очередь соединен с первым входом суммирующего устройства (СУ) 7, 2-ой вход которого подключается к клемме "Вход", а выход - к сигнальным входам N устройств сравнения, СБ - входы которых соединены с выходам RS - триггера 8.

S - вход RS - триггера 8 подсоединен к клемме "Запуск" устройства, клемма "Уст.0" которого, подключена к его R - входу 8.

Рассмотрим механизм функционирования устройства визуализации моноимпульсных сигналов.

В начале функционирования устройства, приходом сигнала "Уст.0" посредством RS - триггера 8 и N устройств сравнения (УС) с СБ – входом происходит стирание информации в амплитудном рециркуляторе (АР), который образован суммирующим устройством (СУ) 7, N устройствами сравнения УС 1с СБ – входами, N - входным СМБ 3, ЛЗ 5 и КУ 6.

То есть происходит его обнуление, посредством отключения N СУ 7 с СБ – входами от ранее циркулирующего сигнала.

Затем с приходом сигнала "Запуск" осуществляется готовность АР, путем включением N устройств сравнения с СБ – входами к процессу рециркуляции.

На входы управления устройств сравнения (УС) с СБ – входами от источника ОБН 2 прикладывается сетка из N ОБН с шагом $\Delta I_{эт}$, значениями для УС:

- 1.1 - $\Delta I_{эт}$;
- 1.2 - $2 \Delta I_{эт}$;

- 1.3 - 3 $\Delta I_{\text{эт}}$;
- 1.4 - 4 $\Delta I_{\text{эт}}$;...;
- 1.N - N $\Delta I_{\text{эт}}$.

Значение $\Delta I_{\text{эт}}$ подбирается из нужной точности вывода изображения на экран.

Следом изучаемый одиночный сигнал $I_x(t_x)$ малой длительности и сложной формы, через 2-ой вход СУ 7 идет на входы сигнала N устройств сравнения с СБ - входом.

Если амплитудное значение $I_{\text{ох}}$, импульсного одиночного сигнала $I_x(t_x)$ малой длительности, на входе приема сигнала какого-либо из УС 1 с СБ – входом превышает или равно соответствующему ему значению ОБН, то данное УС генерирует импульс стандартной длительности и амплитуды, причем длительность, вырабатываемого импульса равна длительности изучаемого сигнала на этом значении ОБН.

Т.о., на выводах N устройств сравнения с СБ - входом, которые отметили избыток амплитудным значением $U_{\text{ох}}$ исследуемого сигнала соответствующего ОУН, генерируется результат сравнения (РС) как параллельный кортеж импульсов со стандартными значениями амплитуды и длительностями, равными длительности изучаемого сигнала на соответствующем уровне его амплитудного значения.

Выполняя аналоговое суммирование данных РС в N - входном СМБ 3, получают импульсный синтезированный сигнал $I^*_x(t^*_x)$, который далее поступает на осциллографическое устройство 4.

Вместе с этим, импульсный сигнал $I^*_x(t^*_x)$ с выхода N - входного СМБ 3 вводится в АР, где он после задержки в ЛЗ 5 на время

$$t_p > t_{x\text{МАКС}}$$

($t_{x\text{МАКС}}$ - наивысшее значение длительности изучаемого импульса), через 1 - ый вывод СУ 7 приходит на сигнальные входы N устройств сравнения с СБ - входами.

В устройствах сравнения 1 с СБ – входами снова происходит процесс описанный выше, однако тут с сеткой ОБН сравнивается уже импульсный сигнал $I^*_x(t^*_x)$ со значением амплитуды равным $I^*_{ох}$.

В итоге на выходе N - входного СМБ 3 снова получают импульсный синтезированный сигнал $I^*_x(t^*_x)$, которые далее отображаются в осциллографическом устройстве 4.

2.2. Визуализация способом ППК и синтезом копий на основе временных рециркуляторов

Рассматриваемое ниже устройство визуализации формы МИ – сигналов можно отнести к области техники контрольных измерений, а конкретно к осциллографированию одиночных импульсов малой длительности и сложной формы. Оно имеет возможность, быть примененным в ядерной радиоэлектронике для исследования взрывных, ударных процессов, которые протекают за малый (наносекундный) промежуток времени.

На Рисунке 2.3 показана схема структурная устройства для визуализации импульсов малой (наносекундной) длительности и сложной формы; на Рисунке 2.4 приведены диаграммы, для пояснения его работы.

Оно включает в себя следующие устройства:

- устройства сравнения (УС) 1_1-1_N ,
- временные рециркуляторы (ВР) 2_1-2_N ,
- N - входной СМБ 3,
- одноканальное осциллографическое устройство 4,
- схему И 5,
- схему ИЛИ 6,
- элемент задержки (ЭЗ) 7,
- триггер 8,
- источник 9 ОУН,

причем ВР, УС, СМБ и осциллографическое устройство 4 подключены последовательно.

Механизм функционирования устройства заключается в следующем.

Перед началом функционирования устройства сигналом "Уст.0" через триггер 8 и элемент И 5 происходит обнуление ВР 2_1-2_N .

Затем по приходу сигнала "Запуск" осуществляется готовность приема временными рециркуляторами (ВР) импульсных сигналов от компараторов 1_1-1_N .

Далее изучаемый сигнал $U_x(t)$ приходит на входы УС $1.1-1.N$, предназначенные для приема сигналов, на входы управления которых от источника 9 ОУН прикладывается сетка из N ОУН с шагом $\Delta U_{эт}$, значениями соответственно для УС 1.1 -- $\Delta U_{эт}$, УС 1.2 -- $2\Delta U_{эт}$, ... , УС 1.N -- $N \Delta U_{эт}$.

Если амплитудное значение $U_{ох}$ импульсного одиночного сигнала $U_x(t)$ на входе приема сигнала какого-либо устройства сравнения (УС) 1 превышает или равно соответствующему ему ОУН, то компаратор генерирует импульс стандартной амплитуды и длительности, которая равна длительности изучаемого сигнала на этом ОУН (Рисунок 2.4, б - д).

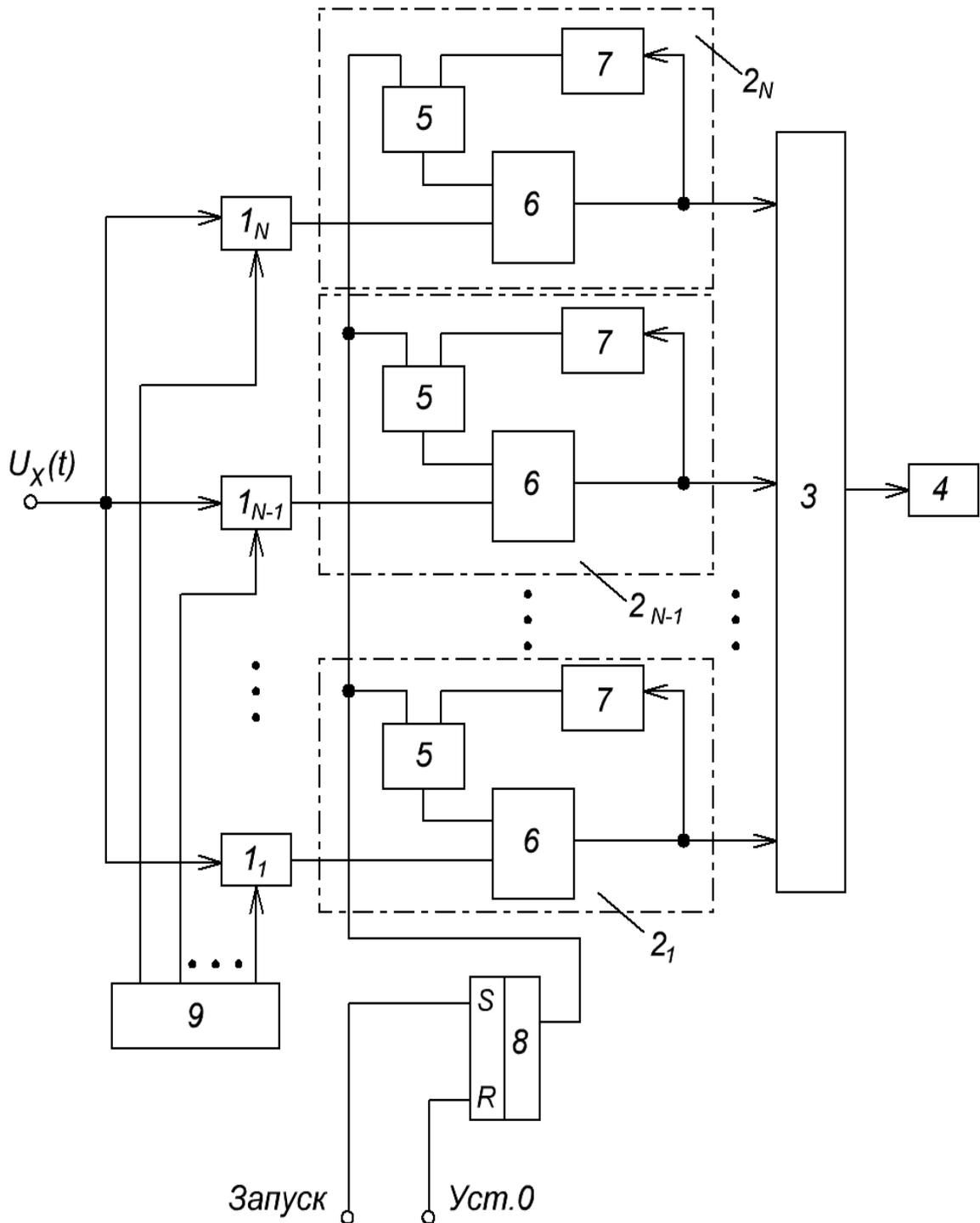


Рисунок 2.3 - Устройство для визуализации импульсов малой (наносекундной) длительности и сложной формы

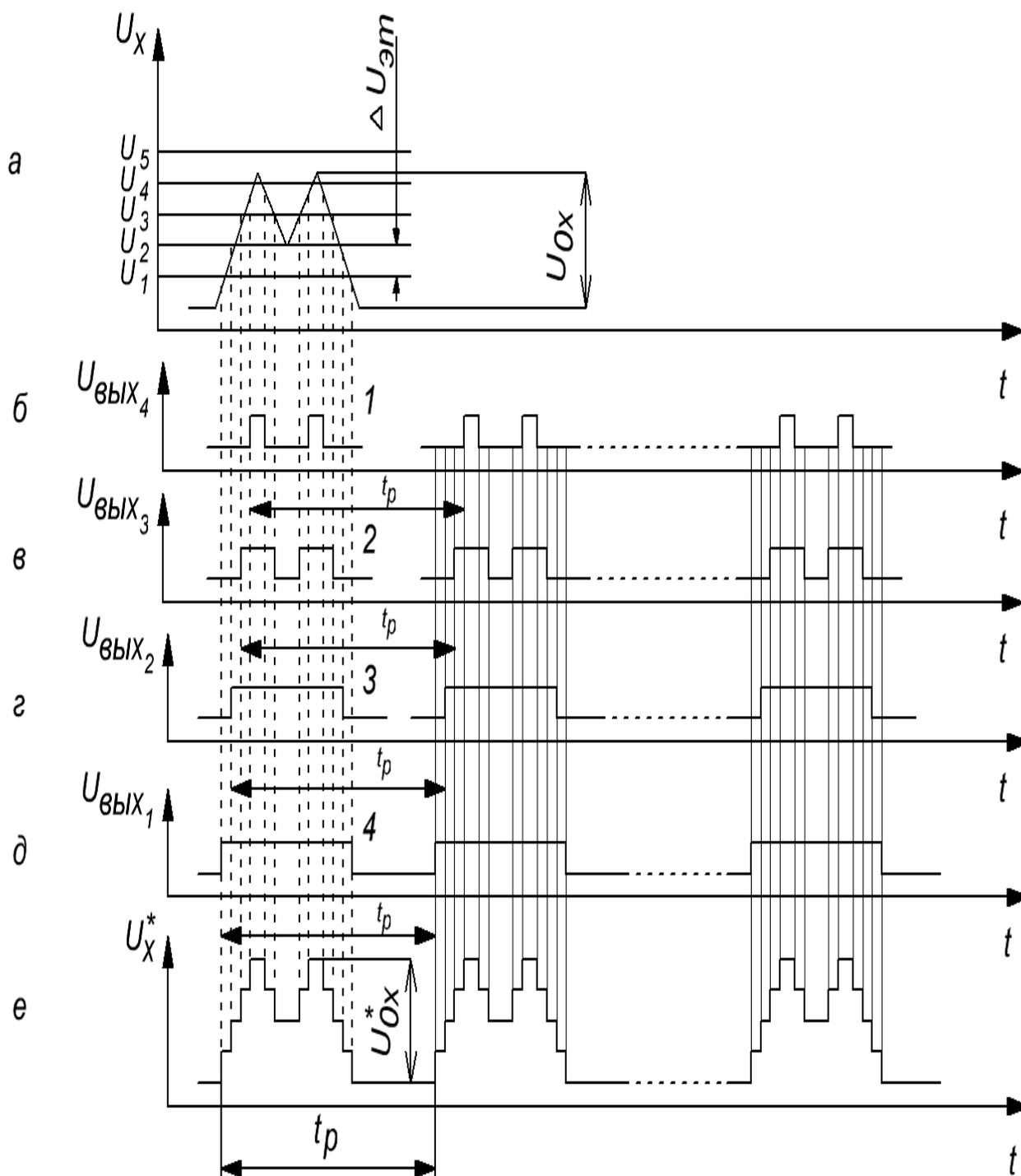


Рисунок 2.4 – Диаграммы пояснения работы устройства

Таким образом, на выводах компараторов $1_1 \div 1_N$, отметивших избыток амплитудным значением U_{ox} изучаемого сигнала, соответствующего ОУН, генерируется результат сравнения в виде параллельного набора импульсов стандартной амплитуды, например, для компараторов К597СА2, значение амплитуды соответствует «Лог. 1» ТТЛ, т.е. $\approx 2,4$ В и длительности, равной длительности изучаемого сигнала на соответствующем ему ОУН (Рисунок 2.4, а-д).

Результат полученного сравнения подвергают процессу рециркуляции (динамическому запоминанию), период у которого $t_p > t_{x,MAX}$, где $t_{x,MAX}$ - наивысшее значение длительности изучаемого сигнала) в ВР $2_1 \div 2_N$ (для случая, приведенного на Рисунке 2.3, - в 1-ых четырех ВР).

В итоге на выводах ВР генерируются квази последовательности $U_{ВЫХ\ 1}(t), U_{ВЫХ\ 2}(t), U_{ВЫХ\ n}(t)$, с амплитудными значениями соответственно $U_{01}, U_{02}, \dots, U_{dN}$.

Осуществляя математическую операцию суммирования в N - входном СМБ 3 квази последовательностей $U_{ВЫХ1}(t), U_{ВЫХ2}(t), U_{ВЫХn}(t)$, формируют синтезированный импульсный сигнал $U_{x,c}(t)$.

Импульсный сигнал $U_{x,c}(t)$ далее отображается в осциллографе 4, визуализируя однозначно форму входного изучаемого сигнала $U_x(t)$. При этом для сохранения амплитудного масштаба изучаемого сигнала коэффициенты передачи по соответствующим входам N - входного СМБ должны выбираться из условия

$$\beta_i = \Delta U_{эт} / U_{oi},$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, N$; U_{oi} - значение амплитуды импульсов на выводе соответствующего из N временных рециркуляторов (ВР).

Осциллограф 4, для отображения без искажения формы синтезированного на выходе N - входного сумматора импульсного сигнала должен обладать верхней граничной частотой полосы пропускания

$$f_{\text{в}} \sim 0,35/t_{\text{ф}},$$

$t_{\text{ф}}$ - длительность фронта самого малого по длительности изучаемого импульса, форму которого необходимо отобразить.

ВР $2_1 \div 2.N$ выполняются по одинаковым схемам и содержат элемент ИЛИ 6, 1-ый вход которого подключен к выходу соответствующего компаратора, а выход через ЭЗ 7 с временем задержки t_p - к 1-ому входу элемента И 5, 2-ой вход которого представляет из себя управляющий вход ВР и подключен к управляющим входам других ВР.

К ВР предъявляются следующие требования [8, 11-13]:

- необходимо, чтобы длительность циркулирующих в них импульсов не изменялась в процессе рециркуляции;

- периоды рециркуляции всех N ВР должны быть равны между собой, то есть

$$t_{p1} = t_{p2} = t_{p3} = \dots, t_{pN} = t_p,$$

где $t_{p1}, t_{p2}, t_{p3}, \dots, t_{pN}$ - периоды рециркуляции соответственно 1 - го, 2 - го, 3-го и т.д. до N-го ВР.

3. Цифровая регистрация параметров моноимпульсных сигналов

3.1. Цифровая регистрация параметров редкоповторяющихся импульсных сигналов

Данное устройство цифровой регистрации может применяться при изучении формы редкоповторяющихся импульсных сигналов (РИС) малой длительностью и обладает еще и дополнительной возможностью цифрового измерения их энергии (площади) [9,10].

На Рисунке 3.1 приведена схема функциональная устройства цифровой регистрации формы РИС.

Оно содержит в себе:

- блок синхронизации (БС) 1, ЛЗ 2, блок управления (БУ) 3, блок памяти (БП) 4, блоки вывода информации (БВИ) 5, 6, счетчик тактов (СТ) 7, преобразователь код-напряжение (ПКН) 8, устройство сравнения (УС) 9, 1-ый преобразователь длительности РИС в число импульсов (ПД в ЧИ) 10, схема И-НЕ 11, 2 - ой ПД в ЧИ 12.

А также коммутирующие устройства 13 и 14, 1 - ую группу счетчиков $15_1 \dots 15_n$, 2 - ую группу счетчиков $16_1 \dots 16_n$, дополнительный счетчик импульсов 17, логические схемы ИЛИ 18 и И 19, 1 - ую и 2 - ую линии задержки (ЛЗ), соответственно 20 и 21, клемму «Пуск» 22.

Вход ЛЗ 2 и БС 1 подключены к входу устройства, а выход БС 1 подсоединен к 1-му входу БУ 3.

Первые два вывода БУ 3 подключены так: 1-ый - с входом управления БП 4, 2-ой - с входами управления БВИ 5 и 6, а выход БС 1 объединен с входом сигнала СТ 7, выходы которого через ПКН 8 подключены к управляющему входу УС 9, вход сигнала которого, соединен с ЛЗ 2.

А выход – с входом 1-го ПД в ЧИ 10 и с входом схемы И - НЕ 11, 2 - ой вход которой соединен с выходом БС 1, а выход - к входу 2 - го ПД в ЧИ 12, выход которого в свою очередь подключен к входом коммутирующего устройства (КУ) 13.

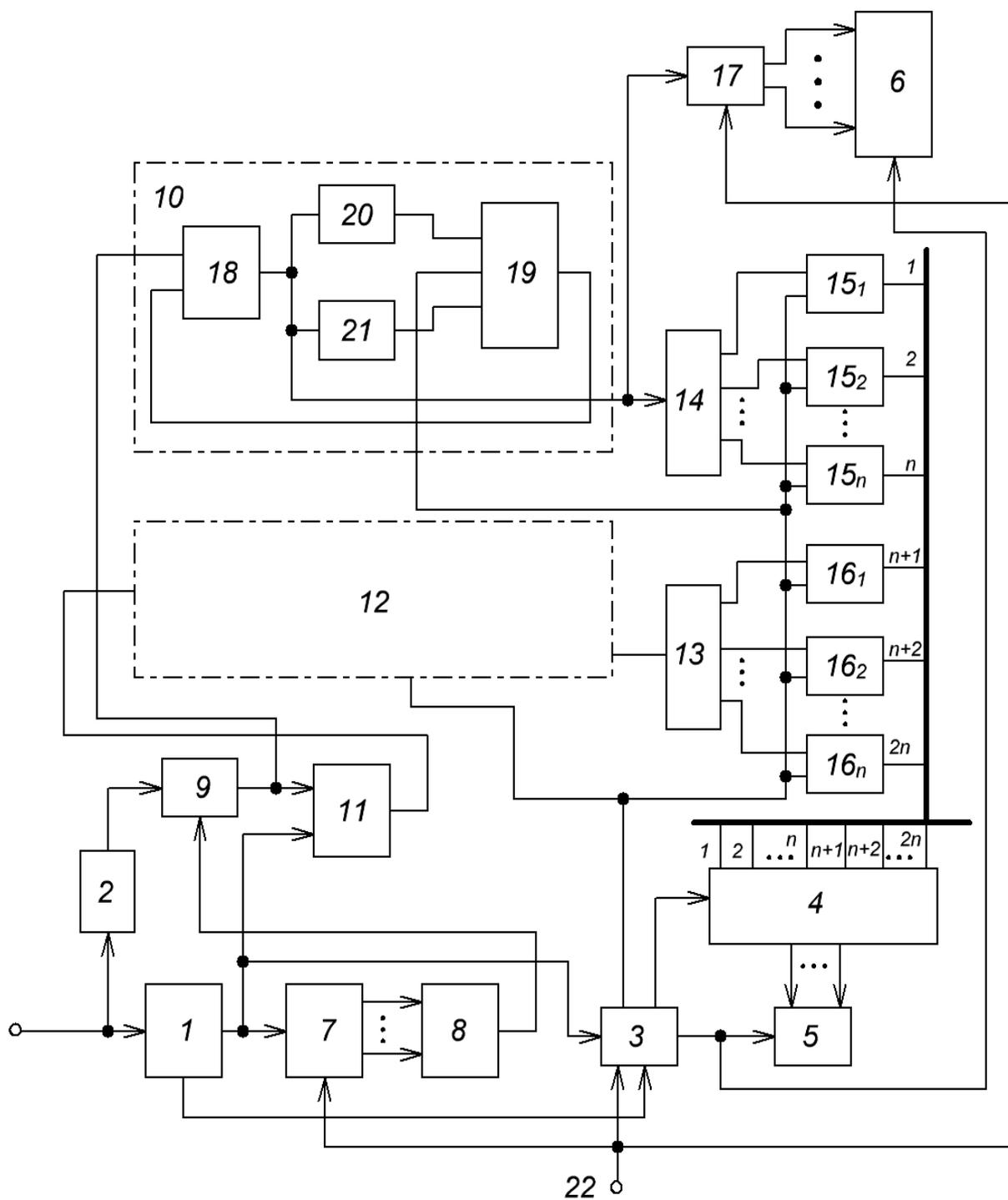


Рисунок 3.1 - Устройство регистрации форм и энергии (площади) РИС

Выход 1 - го ПД в ЧИ 10 подключен к входу КУ 14, n выходов которого подсоединены к сигнальными входами 1 - ой группы из 15_1-15_n счетчиков. В то время как n выходов КУ 13 в свою очередь подключены к сигнальным входам 2 - ой группы из 16_1-16_n счетчиков.

Причем входы управления 1-ой 15_1-15_n , и 2-ой 16_1-16_n групп из n счетчиков подключены к 3-му выходу БУ 3, выходы – к соответствующим входам БП 4, а выход 1-го ПД в ЧИ 10 подсоединен к сигнальному входу счетчика 17, выходы которого подключены к входами БВИ 6, а управляющий вход - к клемме устройства 22 "Пуск", к управляющему входу СТ 7 и ко 2-му входу БУ 3.

Причем 1-ый 10 и 2-ой 12 ПД в ЧИ имеют в своем составе схемы ИЛИ 18, 1 - ый вход которой, подключен к входу всего устройства.

Второй же вход -- к выходу схемы И 19, а выход -- к выходу ПД в ЧИ 10 и через 1 - ую 20 и 2 - ую 21 ЛЗ -- к обоим входам схемы И 19.

Третий вход схемы И19 подсоединен к управляющим входам 1-ой 15_1-15_n , и 2-ой 16_1-16_n групп счетчиков.

Механизм работы устройства визуализации формы РИС заключается в следующем.

Полный цикл визуализации формы разделяется на несколько тактов.

Повторяющийся изучаемый сигнал $U_x(t)$ идет, в одно и тоже время, на БС 1 и через ЛЗ 2 - на сигнальный вход устройства сравнения (УС) 9.

БС 1 генерирует импульсы синхронизации, начальная фаза которых устанавливается передним фронтом изучаемого сигнала (ИС), а длительность импульса синхронизации должна быть длиннее максимальной длительности изучаемого сигнала $t_{x\text{МАКС}}$.

Импульс синхронизации поступает на вход СТ 7, у которого выходной код преобразуется ПКН с дискретностью $U_{эм}$ ($U_{эм}$ - выбирается исходя из нужной точности регистрации форм и цифрового измерения энергии (площади) ИС в соответствующее ему номеру такта, образцовое напряжение,

которое идет на вход управления УС 9, где сравнивается с изучаемым сигналом $U_x(t)$, поступающим с ЛЗ 2, время задержки которой

$$t_{лэ} > t_{сх},$$

где $t_{сх}$ - время задержки БС 1).

Изменение кода в СТ 7 происходит по заднему фронту импульса синхронизации, генерируемого из каждого импульса последовательности изучаемого сигнала $U_x(t)$.

На выходе УС 9 в каждый из тактов генерируется, в общем случае n импульсов (число n определяется из степени сложности формы изучаемого сигнала на том или ином ОУН).

С выхода УС 9 сигнал идет на вход 1-го ПД в ЧИ 10, где поступает на его схему ИЛИ 18, а с неё -- на входы 1-ой 20 и 2-ой 21 ЛЗ.

Величина задержки t_3 1 - ой ЛЗ 20 должна быть больше длительности импульса синхронизации, снимаемого с выхода БС 1, а величина задержки 2-ой ЛЗ 21, должна быть больше величины задержки 1 - ой ЛЗ 20 на величину Δt . Значение Δt представляет собой дискретность преобразования длительности импульсов и устанавливает необходимую точность регистрации формы и цифрового измерения энергии (площади) изучаемого сигнала.

Импульсы с выходом 1-ой 20 и 2-ой 21 ЛЗ подаются на входы элемента И 19, а с его выхода через элемент ИЛИ 18 - вновь на входы 1-ой 20 и 2-ой 21 ЛЗ.

Таким образом, при подаче импульсного сигнала, который является результатом сравнения в УС 9 изучаемого сигнала $U_x(t)$ с опорным напряжением в каком либо такте измерения, на 1-ый вход схемы ИЛИ 18 (при условии, что значение его длительности не больше значения величины задержки равной t_3) во временном рециркуляторе (ВР), образованным логическими схемами 18-21, начинает циркулировать импульс, у которого с каждой рециркуляцией длительность уменьшается на величину Δt .

Одновременно с этим на выходе схемы ИЛИ 18 генерируется последовательность (или несколько, например n последовательностей, где число n зависит от формы изучаемого сигнала на том или ином уровне его амплитудного значения), регрессирующих по длительности импульсов, количество которых описывает цифровой результат преобразования в каком либо такте и равно

$$N_i = t_{xi}/\Delta t,$$

где t_{xi} - длительность импульса, поступающего на 1-ый вход схемы ИЛИ 18 от устройства сравнения (УС) 9 в соответствующем из β тактов преобразования.

В это время коммутатор 14 производит распределение снимаемых последовательностей по n счетчикам, например: 1-ая последовательность подается и фиксируется в счетчик 15_1 , 2-ая - в счетчик 15_2 и т.д. до n -й, которая фиксируется в счетчике 15_n .

То есть в счетчике 15_1 оказывается записанным цифровой код соответствующей длительности 1-го импульса, поступившего на вход 1-го ПД в ЧИ 10, в счетчике 15_2 - цифровой код, соответствующий длительности 2-го импульса, в счетчике 15_n - соответствующий длительности n -го импульса.

При помощи схемы И - НЕ 11 осуществляется подача сигнала с выхода УС 9 и его инвертирование, в результате чего генерируется импульсный сигнал, в котором значение его длительности равно длительностям пауз изучаемого сигнала на том или ином уровне его амплитудного значения.

2-ой ПД в ЧИ 12 (его устройство и работа аналогична 1-му) преобразовывает сигналы, которые поступают с выхода схемы И - НЕ 11, в число импульсов. С выхода 2-го ПД в ЧИ 12 сигнал идет на коммутатор 13.

Первая последовательность импульсов, с выхода коммутатора 13, фиксируется в счетчике 16_1 , 2-ая последовательность - в счетчике 16_2 , 3-я - в счетчике 16_3 и т.д. до n -й, которая фиксируется в счетчике 16_n .

Т.о., после окончания каждого из тактов преобразования в 1-ой 15_1-15_n и 2-ой 16_1-16_n группах из n счетчиков оказываются записанными цифровые коды, которые определяют временное положение изучаемого сигнала на том уровне его амплитудного значения, которое задается образцовым напряжением, формируемым ПКН 8.

По окончании любого такта преобразования сигнала с БУ 3 цифровые коды групп счетчиков 15_1-15_n , 16_1-16_n переносятся в БП 4, затем обе группы счетчиков и ПД в ЧИ 10 и 12 (посредством схемы И 19) переводятся в нулевое исходное состояние.

Поскольку задним фронтом импульса синхронизации цифровой код в СТ 7 увеличен на единицу, на управляющем входе устройства сравнения 9 имеется образцовое напряжение, которое соответствует такту и устройство изготовлено к последующему такту.

После окончания всех тактов, а их число

$$\beta = U_{x\text{МАКС}}/U_{\text{эм}},$$

где $U_{x\text{МАКС}}$ – максимальное амплитудное значение изучаемого сигнала.

Далее сигналом с БУ 3 коды цифрового результата (ЦР) измерения из БП 4 выводятся через БВИ 5 в требуемой для отображения форме.

Одновременно сигналом с БУ 3 через дополнительный БВИ 6 цифровой код

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_\beta$$

(N_1, N_2, \dots, N_β – ЦР преобразования в его соответствующих тактах), фиксируется в дополнительном счетчике 17 и представляет собой ЦР измерения энергии (площади), который далее используется для последующего исследования.

По сигналу «Пуск», подаваемому на клемму 22, осуществляется исходная установка всего устройства и начинается осуществляться очередной цикл преобразования.

3.2. Цифровая регистрация параметров одиночных импульсных сигналов

Данное устройство можно использовать при преобразовании в цифровой код (ЦК) энергии одиночных импульсов малой длительности и сложной формы, в том числе и гистограммы преобразуемого исходного одиночного электрического сигнала в виде параллельного кортежа цифровых кодов (ЦК).

Суть работы данного устройства заключается в том, что исходный импульсный сигнал $U_x(t)$ наносекундной длительности и сложной формы, подвергаются параллельному квантованию в N устройствах сравнения (УС) посредством равномерной шкалы из N образцовых уровней напряжений (ОУН) с шагом квантования равном ΔU .

Данная шкала формируется источником образцовых напряжений (ИОН), а шаг квантования ΔU выбирается исходя из нужной точности (дискретности) преобразования (ДП), причем

$$N = U_{\text{ох. МАКС}} / \Delta U,$$

где $U_{\text{ох. МАКС}}$ – максимальное амплитудное значение исходного импульса.

Если $U_{\text{ох. МАКС}}$ исходного импульсного сигнала $U_x(t)$ на сигнальном входе любого из УС превышает ОУН, который ему соответствует, то СУ генерирует импульс со стандартным значением амплитуды и длительности, равной длительности входного сигнала на этом ОУН.

На выводах УС, которые отметили превышение амплитудного значения преобразуемого импульса соответствующего ОУН, генерируется результат сравнения, представляющий из себя параллельный набор

импульсов стандартной амплитуды и длительности, равной длительности нахождения входного преобразуемого сигнала на соответствующих образцовых уровнях напряжения (ОУН) [14, 17].

Длительность импульсов этого результата сравнения (РС) преобразовывают, в N преобразователях длительность-код (ПВ - К) в ЦК с ДП

$$\Delta t = \Delta W / \Delta U.$$

Причем разрядность ПВ - К определяется из условия обеспечения востребованной ДП, то есть

$$\Delta t = \Delta W / \Delta U,$$

где ΔW - ДП энергии (площади), а значение информационной емкости ПВ - К равна

$$Q = t_{x\text{МАКС}} / \Delta t,$$

$t_{x\text{МАКС}}$ – наибольшее значение длительности исследуемого импульсного сигнала.

Полученные в N ПВ - К цифровые коды $n_1, n_2, n_3, \dots, n_N$ длительностей импульсов РС и служат гистограммой входного сигнала $U_x(t)$ в цифровой форме.

Одновременно с этим, полученные в N ПВ - К цифровые коды, суммируют в цифровом сумматоре (ЦС).

Результат суммы

$$\sum_{i=1}^N n_i = n_1 + n_2 + \dots + n_N,$$

представляет собой значение цифрового кода энергии (площади) одиночных импульсов малой длительности и сложной формы в ЦК.

Функция определения энергии выглядит, как

$$W_x = \Delta U \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^N n_i .$$

Считая, что

$$\Delta U = \Delta U_0 (1 + \delta_n),$$

а

$$\Delta t = \Delta t_0 (1 + \delta_t),$$

где δ_n , δ_t — соответственно относительные нестабильности ИОН и источника дискретности ПВ - К,

а значение относительной погрешности цифрового преобразования энергии

$$\gamma = \delta_u + \delta_u \delta_t + \delta_t,$$

так как

$$\delta_u < 1 \text{ и } \delta_t < 1,$$

то

$$\gamma = \delta_u + \delta_t.$$

На Рисунке 3.3 приведена схема структурная устройства, а на Рисунке 3.4 - временные диаграммы, которые иллюстрируют работу данного устройства.

Устройство включает в свой состав:

- N устройств сравнения УС $1_1—1_N$,
- шину 2 входа,
- ИОН 3,
- N ПВ - К 4_1-4_N ,
- шину «Уст.0» 5,
- формирователь сигнала считывания 6, выполненный на триггере 7 и

ЭЗ 8,

- шины «Цифровой выход гистограммы» 9,
- ЦС 10,
- шину «Цифровой выход энергии» 11.

Функционирование устройства осуществляется следующим образом.

В начале преобразования устройство сигналом «Устр.0» обнуляется, то есть ПВ - К 4₁-4_N и формирователь сигнала считывания б устанавливаются в нулевое (исходное) состояние.

На управляющие входы УС 1₁-1_N подается сетка (с шагом ΔU) ОУН, например, на УС 1₁- ΔU, 1₂-2ΔU, 1₃- 3ΔU, ..., 1_N- NΔU.

Далее на шину 2 приходит импульс U_x(t) (Рисунок 3.4, а).

В УС 1.1÷1.N происходит операция его сравнения с равномерной шкалой из N ОУН, имеющей шаг ΔU (Рисунок 3.4, а).

Результат операции сравнения, в вид параллельного кортежа широтных импульсов, который вырабатываются на выходах УС 1.1÷1.N (Рисунок 3.4, б - д, импульсы с длительностями соответственно tx1, tx2, tx3, tx4), затем подвергается кодированию в ПВ - К 4.1÷4.N с дискретностью равной Δt.

В итоге в ПВ - К 4₁-4_N фиксируются ЦК n₁, n₂, ..., n_N, которые соответствуют гистограмме одиночного импульса и с помощью сигнала считывания, который вырабатывается формирователем сигнала считывания б, подаются на шины «Цифровой выход гистограммы» 9 и на соответствующие входы ЦС 10) [15, 16].

В последнем происходит сложение ЦК n₁, n₂, ..., n_N, в результате на его выходе получают ЦК, описывающий значение цифрового кода энергии одиночного импульсов с малой длительностью и сложной формой, который далее заводится на клемму «Цифровой выход энергии» 11.

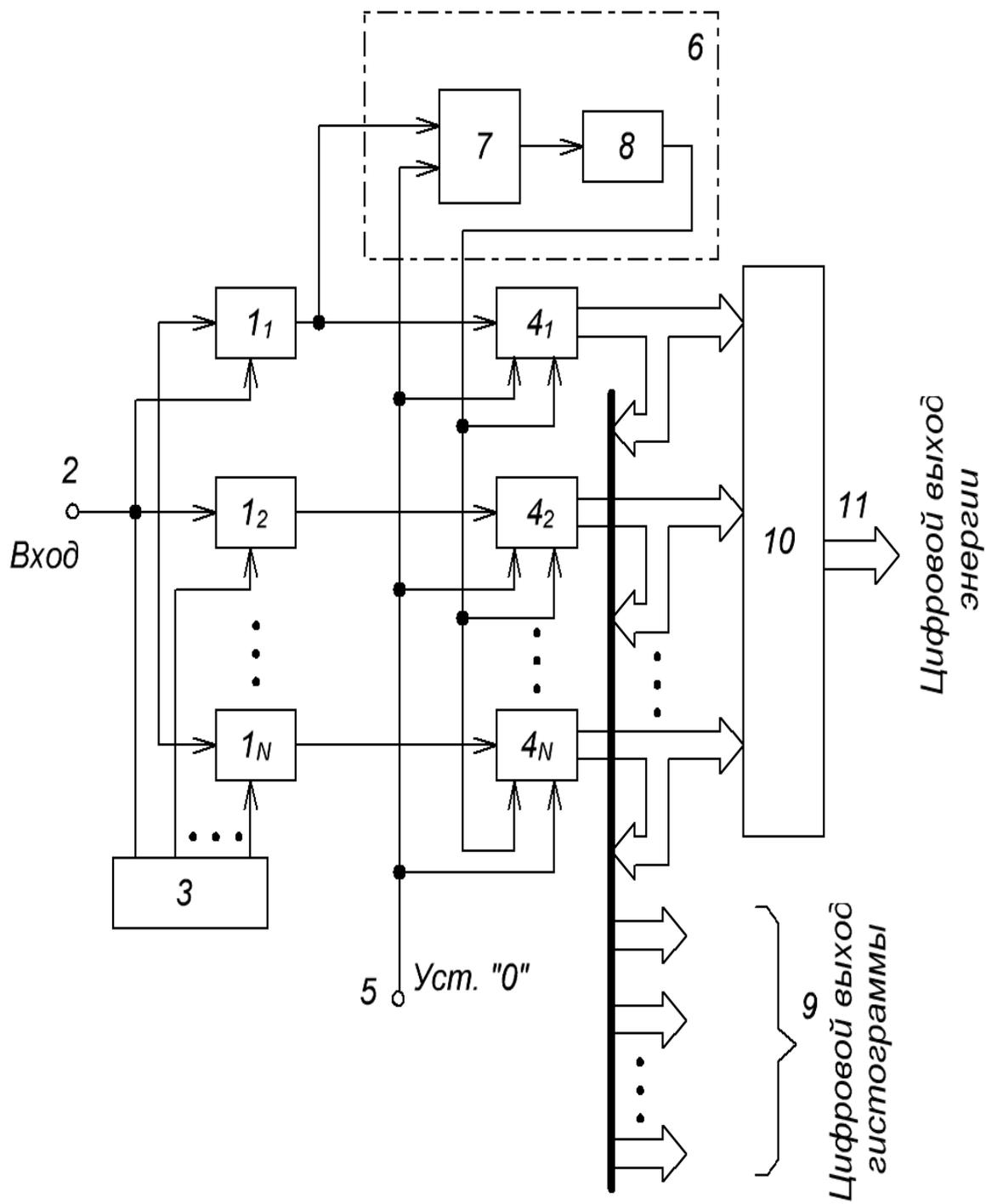


Рисунок 3.3 - Схема структурная устройства

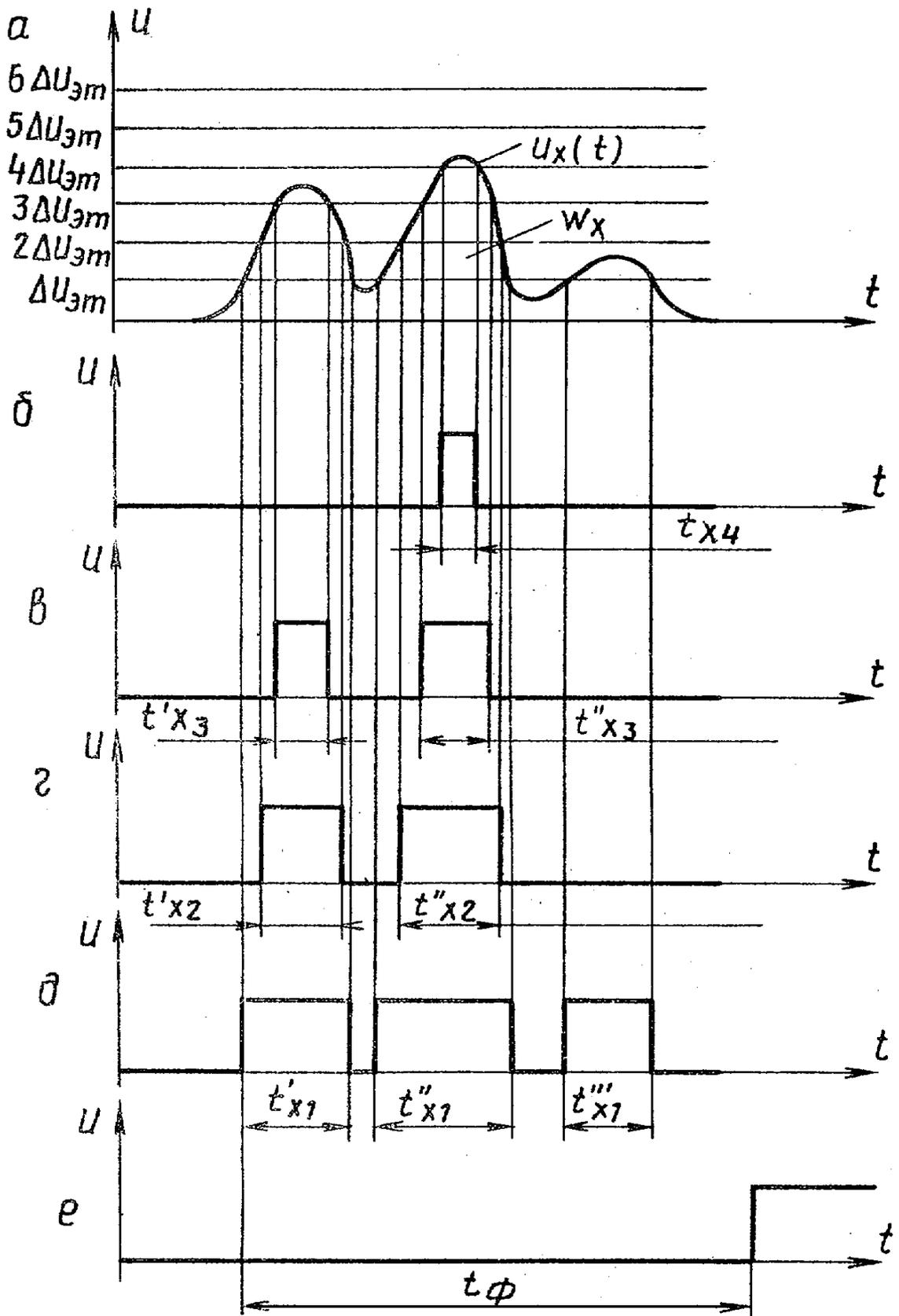


Рисунок 3.4 - Временные диаграммы поясняющие работу устройства

Формирователь сигнала считывания δ генерирует из переднего фронта 1-го импульса, снимаемого с выхода СУ 1₁ (Рисунок 3.4, д, первый импульс) через промежуток времени

$$t_{\phi} > t_{\text{ПВК}}$$

($t_{\text{ПВК}}$ - время преобразования ПВ - К 4₁÷4_N сигнал считывания (Рисунок 3.4, ж), перепад напряжения, который является сигналом чтения ЦК n_1, n_2, \dots, n_N ПВ - К 4₁÷4_N).

Уравнения преобразования рассматриваемого устройства для случая преобразовании энергии (площади) выглядит как

$$W_x = (n_1 + n_2 + \dots + n_N) \Delta U \Delta t = \Delta U \Delta t \sum_{i=1}^N n_i ,$$

где - W_x - значение цифрового кода (ЦК) энергии исследуемого одиночного электрического импульса с малой длительностью и сложной формы;

- n_1, n_2, \dots, n_N - ЦК преобразования соответствующего из ПВ – К 4.1÷4.N.

Таким образом, благодаря наличию в предлагаемом методе операций одновременного сравнения преобразуемого импульса со всеми ОУН и преобразованию полученного результата сравнения в ЦК в параллельном наборе из N ПВ - К, с последующим суммированием их результатов в ЦС, происходит кодирование энергии (площади) одиночных импульсов малой длительности и сложной формы в ЦК. А также и формирование гистограммы исследуемого (входного) импульсного сигнала в форме ЦК.

4. Визуализация и цифровая регистрация оптических одиночных импульсных сигналов

Представленное ниже устройство относится к области техники контрольных измерений и может использоваться для визуализации и цифровой регистрации одиночных оптических импульсных сигналов и применяться, например, в исследованиях по ядерной физике.

В нынешнее время для исследования формы оптических сигналов (субнано - и наносекундный диапазон) применяют их модификацию в электрический аналог с дальнейшей его регистрацией, как обыкновенного электрического сигнала.

Для цифрового регистрирования электрических сигналов в данном временном диапазоне наиболее часто применяют способ изменения временного масштаба.

В принципе данного способа лежит дискретизация эл. сигнала, что означает вычленение выборок мгновенных значений из исследуемого импульсного сигнала, которые соответствуют известным временным моментам, запоминание этих значений и дальнейшее их замедленным чтением.

Известны приборы для изучения одиночных импульсов, которые возникают при атомных взрывах и содержит направленный волоконно - оптический ответвитель (ВОО), волоконно - оптический (ВО) кольцевой тракт с усилителем и запоминающий осциллоскоп [17-19].

Исследуемый оптический сигнал посредством направленного ВОО вводится в ВО тракт, где происходит его циркуляция.

Потери мощности сигнала, которые возникают при циркуляции, восполняются усилителем.

Часть мощности циркулирующего импульсного сигнала, после каждой циркуляции, подается посредством направленного ВОО на осциллоскоп с памятью для фиксирования в режиме выборки.

Однако данное устройство не производит цифровой регистрации параметров исследуемого сигнала.

Недостаток этого устройства является так же необходимость в усилении регистрируемого сигнала, которое приводит к искажениям из-за шумов и нелинейности усиления в усилителе.

Известно устройство для фиксирования формы моноимпульсных оптических сигналов, которое содержит главный оптический циркуляционный контур (ОЦК), который соединен с основным оптическим ответвителем (ОО).

А также оптический элемент задержки (ОЭЗ), светоделителя - разделителя, фотодетекторы, оптический коммутатор (ОК), дополнительный ОЦК, подключенный к дополнительному ОО и блоки формирования строб импульсов (БФСИ) и выбора и сохранения (БВ и Х) [[17-18].

При этом вход светоделителя - раздвоителя через ОК подключен к информационным входам устройства, 1-ый и 2-ой входы с основным и дополнительным ОО соответственно, выход дополнительного ОО напрямую, а выход основного ОО через ОЭЗ соединены с 1-ым и 2-ым фотодетекторами соответственно, выход 2-го фотодетектора соединен с 1-ым выходом БВ и Х, выход 1-го фотодетектора через БФСИ с входом 2-го входа БВ и Х, выход которого представляет собой информационный выход устройства.

Недостатком устройства служит не большой динамический диапазон исследуемой мощности импульсного оптического сигнала.

Сопряжено это с тем, что циркуляция последующего сигнала в ОЦК приводит к деградации, которая выражается в понижении мощности сигнала в ОЦК из-за отвода ее части через ОО на предшествующих циркуляциях для регистрации и потерях в ОО и ОК в соответствии с формулой:

$$P_n = K_d (1-K)^2 K^{n-2} a_1^{n-1} a^n P_0, n = 2, 3, \dots, \quad (1)$$

здесь n – количество циркуляций; K_d, K – коэффициенты, соответственно деления оптического раздвоителя, связи направленного ВОО; a, a_1 – коэффициенты пропускания ОО и ОК.

Нижняя граница динамического диапазона P_{\min} из выражения (1) в случае N циркуляций (или число выборок), которые соответствуют времени разверстки $dT = N^* \Delta t$, находится по формуле

$$P_{\min} = dP_{\phi} / K_d (1-K)^2 K^{N-2} a_1^{N-1} a^N, \dots, \quad (2)$$

где dP_{ϕ} – значение чувствительности фотодетектора.

Если $N = 32, K_d = 0,5, K = 0,9375, a_1 = 0,9954, a = 0,9988, dP_{\phi} = 0,5$ мкВт, то нижняя граница динамического диапазона равняется

$$P_{\min} = 2127,5 \text{ мкВт.}$$

Близким техническим решением будет устройство [20-21] для исследования параметров одиночных оптических импульсов, которое содержит:

- основной ОЦК, подключенный к ОО,
- светоделитель - раздвоитель,
- ОЭЗ, ОК, фотодетекторы,
- дополнительный ОЦК, БФСИ и БВ и Х.

Данное устройство обладает таким же малым динамическим диапазоном измеряемой мощности импульсного оптического сигнала.

Технический результат, обеспечиваемый данным устройством, состоит в уменьшении нижней границы динамического диапазона исследуемого импульсного оптического сигнала, за счет изменения числа циркуляций импульсного оптического сигнала, без снижения количества выборок.

Это обеспечивается наличием в устройстве волоконно - оптической рециркуляционной линии задержки (ВОРЛЗ), фотодетектора, БВ и Х,

генератора строб импульсов (ГСИ), блок преобразования информации (БПИ), и достигается тем, что дополнительно устройство включает в себя высокочастотный делитель (ВД), блок запуска генератора (БЗГ), 2-ой БВ и Х.

Причем выход ВОРЛЗ посредством фотодетектора подключается к входу ВД, 1 - й и 2 - ой, выходы которого через 1 - й и 2 - й БВ и Х соединены с 1-ым и 2-ым входами БПИ соответственно.

А 3 - й выход через БЗГ подсоединен к входу ГСИ, 1-ый и 2-ой выходы которого подключены к 2-ым входам 1 - го и 2 - го БВ и Х, соответственно.

Технический результат обеспечивается тем, что ГСИ имеет источник излучения (ИИ), 1-ую и 2-ую ВОРЛЗ, оптический делитель, волоконно - оптическую линию задержки (ВОЛЗ), 1 - й и 2 - ой фотодетекторы и БФСИ, 2-ую ВОЛЗ и 2-ой БФСИ.

Причем выход источника излучения (ИИ) через первую ВОЛЗ соединен с входом оптического делителя, 1- ый выход которого через 1 - ю ВОРЛЗ подключен к входу 1 - го фотодетектора.

Выход первого фотодетектора соединен с входом 1 - го БФСИ, 2-ой выход оптического делителя через 2 - ю ВОЛЗ соединен с входом 2 - ой ВОРЛЗ, выход которой через 2- ой фотодетектор соединен с входом 2 - го БФСИ. Сущность рассмотренного устройства состоит в существенном уменьшении деградации изучаемого сигнала путем уменьшения количества его рециркуляций, при этом снижения количества выборок не требуется.

На Рисунке 4.1 приведена схема устройства визуализации и цифровой регистрация одиночных оптических импульсных сигналов, на Рисунке 4.2 схема функциональная его ГСИ, а на Рисунке 4.3 изображены временные диаграммы работы всего устройства.

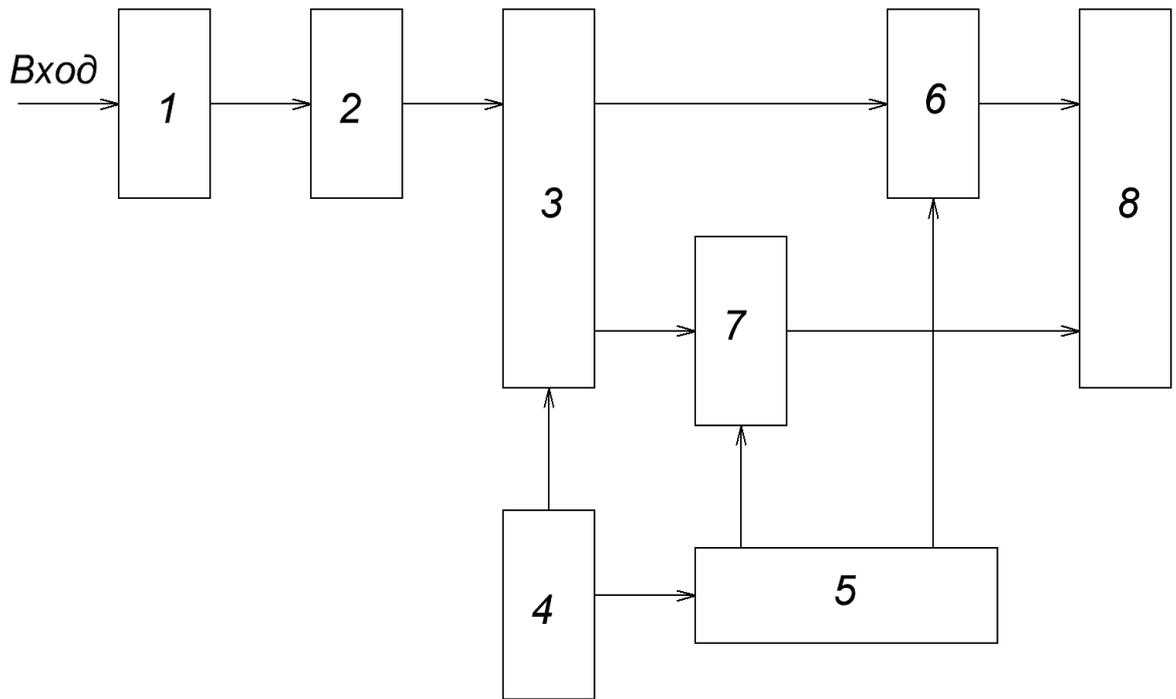


Рисунок 4.1 - Устройство визуализации (УВ) и цифровой регистрации (ЦР) одиночных оптических импульсных сигналов

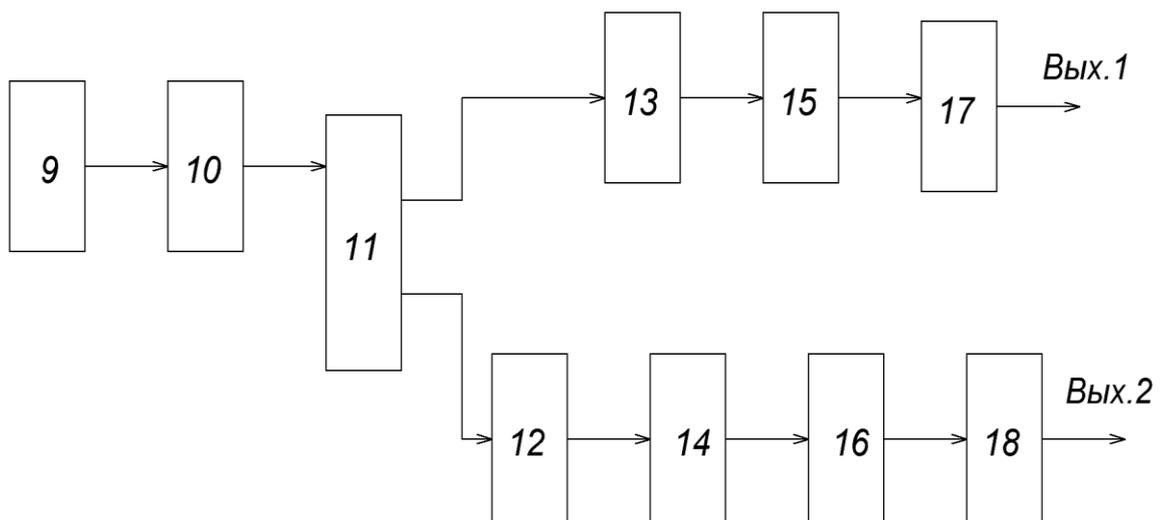


Рисунок 4.2 - Схема функциональная ГСИ

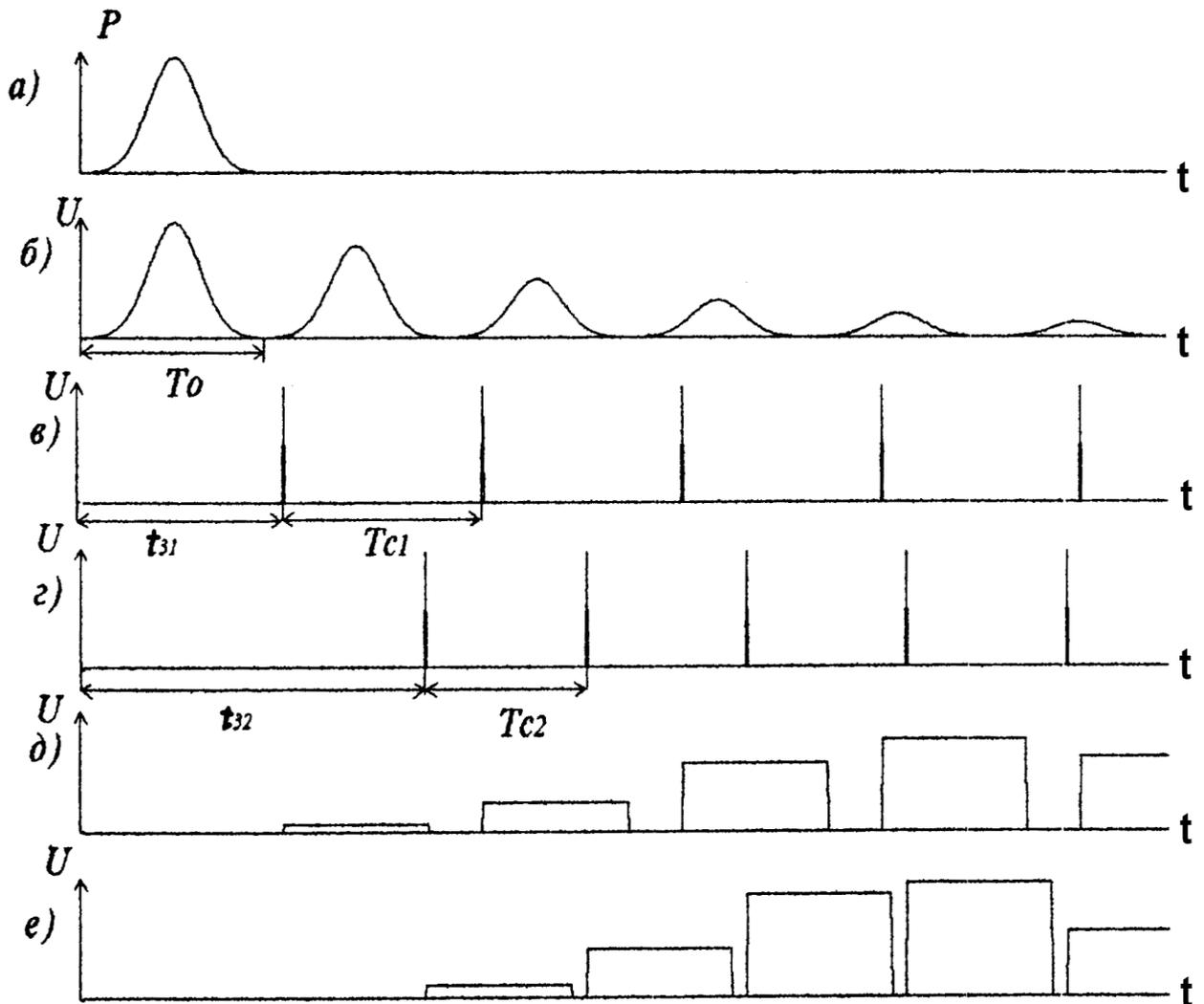


Рисунок 4.3 - Временные диаграммы, работы устройства.

Устройство состоит из ВОРЛЗ 1, фотодетектора 2, ВД 3, БЗГ 4, ГСИ 5, БВ и Х 6 и 7, БПИ 8.

ГСИ 5 содержит в себе ИИ 9, ВОЛЗ 10, оптический делитель 11, ВОЛЗ 12, ВОРЛЗ 13 и 14, фотодетектора 15, фотодетектора 16, БФСИ 17 и 18.

Данное устройство, имеет возможность быть изготовлено из следующих блоков: ВОРЛЗ 1, 13 и 14 ВОРЛЗ из [4].

Фотодетектор 2, фотодетектор 15 и фотодетектор 16 лавинные фотодиоды ЛФДГ 70, изготавливаемых на заводе "Полюс" МП "Мэтэк".

ВД 3, сопряженный по нагрузке делитель мощности в диапазоне частот от 0 до 18 ГГц из серийных осциллографов С119.

БЗГ 4 --- серийных генераторов Г5-84.

БВ и Х 6,7 и БФСИ 17, БФСИ 18 аналогичные блоки из серийно изготавливаемых стробоскопических осциллографов С1-122, ЯЧС-100.

БПИ 8, из прибора преобразования информации СУПИ 24, который выпускается отечественным производителем.

Источник излучения 9 это лазерный диод типа ИЛПН-206, выпускаемый на заводе «Полюс» НТЦ «Микролазер».

В качестве ВОЛЗ 10 и ВОЛЗ 12 могут применяться такие же отрезки оптического кабеля, что и в ВОРЛЗ 1 с длиной

$$L = c \cdot t_3,$$

где c – скорость света в оптическом кабеле ($2 \cdot 10^8$ м/с), t_3 требуемое время задержки, оптический делитель 11 – оптический разветвитель 12.

Устройство функционирует по описанному ниже алгоритму.

Оптический импульсный сигнал идет на вход ВОРЛЗ 1 (Рисунок 4.3,а), где циркулирует, образуя на выходе ВОРЛЗ 1 последовательные импульсные сигналы с периодом T_0 , являющимися копиями исходного однократного импульсного оптического сигнала, амплитуда которых умножается на значение K (коэффициент масштабирования амплитудного значения), численное значение которого определяется порядковым номером рециркуляции согласно выражения

$$K(n) = (1-K)^2 K^{n-2} a_1^{n-1} a^n, \quad n = 2, \dots, N. \quad (3)$$

Данная последовательность идет через фотодетектор 2, где она преобразуются в последовательность электрических импульсных сигналов, на вход ВД 3 (Рисунок 4.3,б).

С 1-го, 2-го и 3-го выходов ВД 3 последовательность данных импульсных сигналов идет на входы БВ и Х 6, БВ и Х 7 и БЗГ 4.

По 1 - му импульсу данной импульсной последовательности, БЗГ 4 генерирует сигнал, который поступает на вход ГСИ 5 и по которому на 1 - м и 2 - м выходах генератора 5 происходит образование последовательности стробирующих импульсов (СБ – импульсы) со следующими временными соотношениями:

- на 1- ом выходе с временем задержки

$$t_{з1} = T_0 + dt$$

и периодом следования

$$T_{с1} = T_0 + dt,$$

- на 2-ом выходе с временем задержки

$$t_{з2} = T_0 + dT - dt$$

и периодом следования

$$T_{с2} = T_0 - dt,$$

где dt - шаг дискретизации по времени, а dT временная развертка.

Данные СБ - импульсы идут на 2-е выходы БВ и Х 6 и 7 (Рисунок 4.3, в, д).

При поступлении СБ - импульсов БВ и Х 6 и 7 осуществляют выборки сигнала, который присутствует в этот момент на их 1 - ых входах, которые поступают на 1 - ый и 2 - ой входы устройства преобразования информации

8, которое копипит эти выборки в виде цифровых массивов данных M1 и M2, полученных с 1 - го и 2 - го входов устройства преобразования информации 8 соответственно.

Затем БПИ 8 обрабатывает информацию об импульсном оптическом сигнале по программе, следующего алгоритма:

1) Массивы данных M1 и M2 делятся на коэффициент масштабирования амплитуды K(n),

$$M1(n) = M1(n) / K(n),$$

$$M2(n) = M2(n) / K(n),$$

$$n = 1, \dots, N.$$

2) В массиве M2 элементы переставляются так, чтобы 1-ый стоял на последнем месте, 2-ой на предпоследнем и т.д.

Обозначая переставленный массив как M2, то можно записать:

$$M2(n+1) = M2(N-n), n = 0, \dots, N-1;$$

3) Создается массив отсчетов времени:

$$T(n) = (n-1) \cdot dt, n = 1, \dots, 2N.$$

4) Создается массив амплитудных значений импульсного оптического сигнала во временные моменты T(n):

$$M(n) = M1(n), n = 1, \dots, N;$$

$$M(n) = M2(n-N), n = N+1, \dots, 2N.$$

Массивы T(N) и M(N), после формирования, могут быть изображены или сохранены для их последующего использования.

ГСИ 5 функционирует по нижеследующему образу.

Входной электрический импульсный сигнал Запуска переводится посредством источника излучения 9 в оптический запускающий импульс.

Данный оптический импульс Запуска через ВОЛЗ 10 с временем задержки t_{31} , поступает на оптический делитель 11, где разделяется на две части, которые с 1-го и 2-го выходов оптического делителя 11 идут на вход ВОРЛЗ 13 и посредством ВОЛЗ 12 на ВОРЛЗ 14.

В ВОРЛЗ 13 и ВОРЛЗ 14 разделенный сигнал Запуска начинает рециркулировать, создавая на их выходах импульсные последовательности с периодами следования, соответственно T_{c1} и T_{c2} .

Которые далее через фотодетекторы 15, 16, где они преобразуются в электрические аналоги, поступают, соответственно на блоки БФСИ 17, 18, БФСИ 17, которые преобразуют данные импульсы уже в СБ - импульсы.

Получается, что БВ и Х 6 цифрует переднюю половину импульсного оптического сигнала, производя выборки слева направо, а БВ и Х 7 цифрует заднюю половину импульсного оптического сигнала, производя выборки справа налево.

В результате этого удастся уменьшить количество циркуляций импульсного оптического сигнала в 2 раза по сравнению с прототипом при том же количестве выборок. Что обеспечивает уменьшение нижней границы динамического диапазона.

Нижняя граница динамического диапазона P'_{min} в рассмотренном устройстве находится по формуле

$$P'_{min} = dP_{\phi} / (1-K)^2 K^{N'-2} a_1^{N'-1} a^{N'}, \quad (4)$$

где N' количество выборок, которое связано с количеством рециркуляций N как $N' = N/2$, остальные величины те же, что и в выражении (2).

При тех же значениях параметров, что и в (2) рассмотренное устройство имеем $P'_{\min} = 345,1$ мкВт, что почти в шесть раз лучше, чем в ранее известном прототипе.

Генератор оптических импульсов обладает теми же недостатками, что прототип, но так как количество рециркулирующих импульсов в каждом из его каналов в два раза меньше, то данные недостатки для него малосущественны.

Таким образом, рассмотренное устройство визуализация и цифровой регистрацией одиночных оптических импульсных сигналов понижает нижнюю границу динамического диапазона исследуемого сигнала в шесть раз по сравнению с подобными устройствами.

Заключение

В бакалаврской работы осуществлен глубокий анализ работы и технических характеристик таких способов и средств визуализации и цифровой регистрация параметров МИ – сигналов как:

- визуализация электрических МИ – сигналов способом периодического параллельного квантования (ППК) и синтезом в каждом из периодов копии исследуемого сигнала посредством амплитудных и временных рециркуляторов;

- способы цифровой регистрация (ЦР) амплитудных и временных параметров (формы, энергии, гистограммы временные распределения по амплитудному значению) электрических и оптических МИ - сигналов

Рассмотренные средств визуализации и ЦР параметров электрических МИ – сигналов обладают простой структурой и технически выполняются на элементной базе отечественных цифровых ИМС и рекомендуются к применению в современном научном приборостроении и информационно – измерительных системах.

Особенностью бакалаврской работы служит подробный анализ устройства визуализации и цифровой регистрация оптических одиночных импульсных сигналов.

Список используемой литературы

1. Грязнов М. И. Гуревич М. Л. и Рябинин Ю. А. Измерение параметров импульсов. Радио и связь, 1991.
2. Устройство измерения длительности по двум уровням: пат.№ 2399922: МПК G01R29/02/ Беляев Д. В, Зикий А. Н, Зорин Р. Л, Румянцев К. Е, Черкасов В. И – заявка 2009107158/28; опубл. 20.09.2010.
3. Динамическое запоминающее устройство радиосигналов с бинарной волоконно-оптической структурой: пат. № 2210121: МПК G11C 11/44.1/ Румянцев К. Е, Горбунов А. В – заявка № 1001135692/09; опубл. 10.08.2003.
4. Устройство для регистрации импульсных электрических сигналов: пат. №2282861: МКП G01R29/02/ Дмитриев Ю. В, Зюзин Л. Н, Кремлев И. Е, Минеев А. Н., Шувалов В. М – заявка №2005108713/28; опубл. 27.08.2006
5. Устройство для регистрации формы однократных оптических и электрических импульсных сигналов: пат. №2100815: МКП G01R29/02/ Воробьев Б.П., Даниленко К.Н., Евреев А.И., Зюзин Л.Н., Шувалов В.М. – заявка №95121779/09; опубл. 27.12.1997.
6. Устройство для цифрового отображения формы электрического импульса: пат. №789908: МКП G01R29/02/ Жертовский В.В., Василенко О.Н., Сердюков В.Г.– заявка №2716591/18-21; опубл. 23.12.1980.
7. Устройство для цифрового отображения формы электрического импульса: пат. №890273: МКП G01R29/02/ Жертовский В.В., Василенко О.Н., Сердюков В.Г.– заявка №2891202/18-21; опубл. 15.12.1981
8. Устройство для цифрового отображения формы электрического импульса: пат. №1140060 А: МКП G01R29/02/ Жертовский В.В., Василенко О.Н., Черниченко Н.А. – заявка №3647302/24-21; опубл. 15.02.1985

9. Устройство для цифрового отображения формы электрического импульса: пат. №993159: МКП G01R29/02/ Жертовский В.В., Василенко О.Н., Черниченко Н.А., Сасин П.И. – заявка №3313532/18-21; опубл. 30.01.1983.
10. Найденов А. И. и Новопольский В. А. Электронно-лучевые осциллографы. Энергоатомиздат, 1983.
11. Thomas E. McEwan HIGH SPEED TRANSIENT SAMPLER, US Patent №5471162, МКИ Н 03 К 5/125, НКИ 327/92.
12. Doyle J.F. A wavelet deconvolution method for impact force identification // Experimental Mechanics. - 1997. -V.37. -№4. - P. 403-408.
13. Daubechies I. The wavelet transform, time-frequency localisation and signal analysis // IEEE Trans. Inform. Theory. -1990. - V.36. - №5. - P. 961-1004.
14. Mallat S.G. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. - 1989. - V.
15. Бусурин В. И. , Носов Ю.Р. Волоконно-оптические датчики: физические основы, вопросы расчета и применения. - М.: Энергоатомиздат, 1990, с. 85.
16. Рыжевский, А. Г. Автоматизация контроля формы моноимпульсных сигналов [Текст]: производственное издание. / А. Г. Рыжевский, Д. В. Шабалов. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 96 с. – (Библиотека по автоматике).
17. Signal transmission, proceeding, sensor monitoring system. Korea-Russia Joint-Workshop 2006 , October 26-28, Khabarovsk, Russia.
18. Е.Макэван, Дж.Килкенни 32-ГГц регистратор однократных импульсов R&D Magazin, oct.1993.
19. Цифровой рециркуляционный измеритель параметров коротких одиночных импульсов сложной формы. Абрамов Г.Н., Евстигнеев А.А., Никитенков А.А. В сборнике: Техника и Технология современных производств. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. Под редакцией В.А. Скрыбина, А.Н. Машкова. 2015. С. 14-18.

20. Иванов В. Э. Алгоритмы и средства классификации моноимпульсных сигналов на основе дискретного вейвлет - преобразования в информационно-измерительных системах : дис. ... канд. техн. наук : 05.11.16 Хабаровск, 2007 161 с. РГБ ОД, 61:07-5/2336

21. Цифровой синтезатор сигналов произвольной формы. А. М. Метальников А.М Приборы и техника эксперимента, 2009, № 1, с. 65-67