



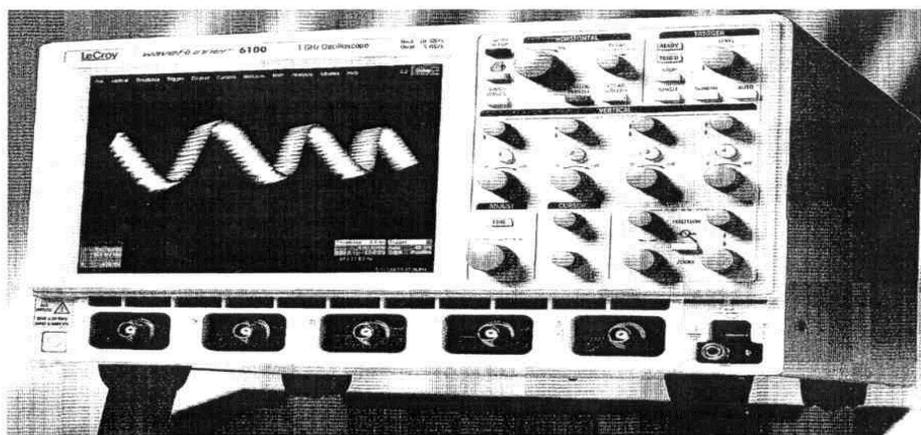
Кафедра конструирования  
и производства радиоаппаратуры

---

А.П.Кулинич

## ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ

Учебное пособие.



ТОМСК 2011

Министерство образования и науки Российской Федерации  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

А.П. Кулинич

## **ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ**

Учебное пособие. Часть 1.

### **ЦИФРОВЫЕ И АНАЛОГОВЫЕ РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

Методическое пособие для студентов радиоконструкторского факультета специальностей 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» и 201300 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», изучающих дисциплины «Основы радиоэлектроники и связи» и «Радитехнические цепи и сигналы».

2011

**Рецензент:** профессор, д.т.н. Шостак А.С.

**Технический редактор:** доцент кафедры КИПР ТУСУР, к.т.н. Озерки Д.В.

**Кулинич А.П.**

Основы радиоэлектроники и связи. Часть 1. Учебное пособие.

Цифровые и аналоговые радиоизмерительные приборы. Методическое пособие по лабораторному практикуму и групповому проектному обучению для студентов радиоконструкторского факультета специальностей 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» и 201300 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования».

Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011.-295с.

В учебном пособии кратко изложены основы цифрового представления сигналов, принципы аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования сигналов, общие сведения и описания работы радиоизмерительных приборов широкого применения. Приведены технические данные, порядок работы и методика выполнения измерений при помощи современных цифровых и аналоговых радиоизмерительных приборов, используемых в лабораторном практикуме (вольтметр универсальный цифровой, двухканальный осциллограф со встроенным многофункциональным генератором, частотомер с микропроцессорным управлением, анализатор спектра, осциллограф цифровой, генератор сигналов специальной формы). Методическое пособие написано для студентов специальностей 210201 и 201300, изучающих дисциплины «Основы радиоэлектроники и связи» и «Радитехнические цепи и сигналы», выполняющих лабораторный практикум и проходящих групповое проектное обучение на кафедре КИПР ТУСУР. Пособие может быть использовано и студентами других специальностей как при изучении радиоизмерительных приборов и методик выполнения измерений, так и при подготовке к лабораторным работам и их выполнении с применением радиоизмерительных приборов.

© Кулинич А.П., 2011

© Кафедра КИПР Томского  
государственного университета систем  
управления и радиоэлектроники, 2011

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОДЕРЖАНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>1 ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>7</b>
<b>2 ЦИФРОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ .....</b>	<b>9</b>
2.1 Аналого-цифровое преобразование: дискретизация, квантование, кодирование.	
2.2 Принцип квантования гармонического сигнала	
2.3 Цифровые преобразователи	
2.4 Аналого- цифровые преобразователи	
<b>3 РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ.....</b>	<b>30</b>
3.1 Общие сведения, классификация, параметры.	
3.2 Измерительные генераторы.	
3.3 Электронные вольтметры.	
3.4 Частотомеры.	
3.5 Электронные осциллографы.	
3.6 Цифровые осциллографы.	
<b>4 ВОЛЬТМЕТР УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ.....</b>	<b>49</b>
4.1 Назначение.	
4.2 Технические данные.	
4.3 Органы управления и индикации.	
4.4 Порядок работы и выполнение измерений.	
<b>5 ОСЦИЛЛОГРАФ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ (GOS-620/620FG) ДВУХКАНАЛЬНЫЙ СО ВСТРОЕННЫМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ.....</b>	<b>67</b>
5.1 Назначение.	
5.2 Технические данные.	
5.3 Назначение органов управления.	
5.4 Порядок работы и проведение измерений.	
<b>6 ЧАСТОТОМЕТР С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ LG FC-7150.....</b>	<b>96</b>
6.1 Описание частотомера.	
6.2 Технические характеристики.	
6.3 Назначение органов управления.	
6.4 Порядок работы и проведение измерений.	

6.5 Влияние соединительного кабеля на точность измерений в диапазоне радиочастот.

**7 АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА G-SP-810.....109**

7.1 Назначение.

7.2 Технические характеристики.

7.3 Назначение органов управления.

7.4 Порядок работы и проведение измерений.

**8 ОСЦИЛЛОГРАФ ЦИФРОВОЙ.....136**

8.1 Назначение

8.2 Технические характеристики

8.3 Назначение органов управления

8.4 Порядок работы и проведение измерений

**9 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....271**

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В течение длительного времени в измерительной технике, в радиоэлектронике и технике связи использовались преимущественно аналоговые сигналы, с помощью которых удавалось решать достаточно сложные технические задачи [1-8]. Аналоговые сигналы сравнительно просто генерировать, усиливать, преобразовывать и обрабатывать электронными устройствами непрерывного действия на основе интегральных микросхем, полупроводниковых приборов и электронных ламп [1, 3].

Начиная со второй половины XX в. создают измерительные приборы и радиотехнические системы передачи информации, использующие обработку дискретных сигналов [6, 7]. Эти системы позволяют размещать в интервалах времени между отсчетами одних дискретных сигналов отсчеты других дискретных сигналов. В результате появилась возможность по одной радиолинии передавать одновременно несколько сообщений, осуществляя многоканальную связь с разделением каналов по времени [4, 5].

Дальнейший прогресс в радиоэлектронике и технике многоканальной связи обусловлен развитием методов цифровой обработки сигналов (ЦОС) и широким применением цифровых систем. Наиболее существенное влияние на разработку цифровых систем оказало расширение функциональных возможностей микроэлектронных схем. Широкое применение цифровых методов обработки сигналов в радиоэлектронике позволило увеличить дальность связи и повысить помехоустойчивость. Цифровые методы применяются также при обработке, преобразовании и хранении двумерных сигналов и изображений (радиолокационных, телевизионных и пр.). Среди преимуществ цифровой обработки по сравнению с аналоговой отметим следующие [4-6]:

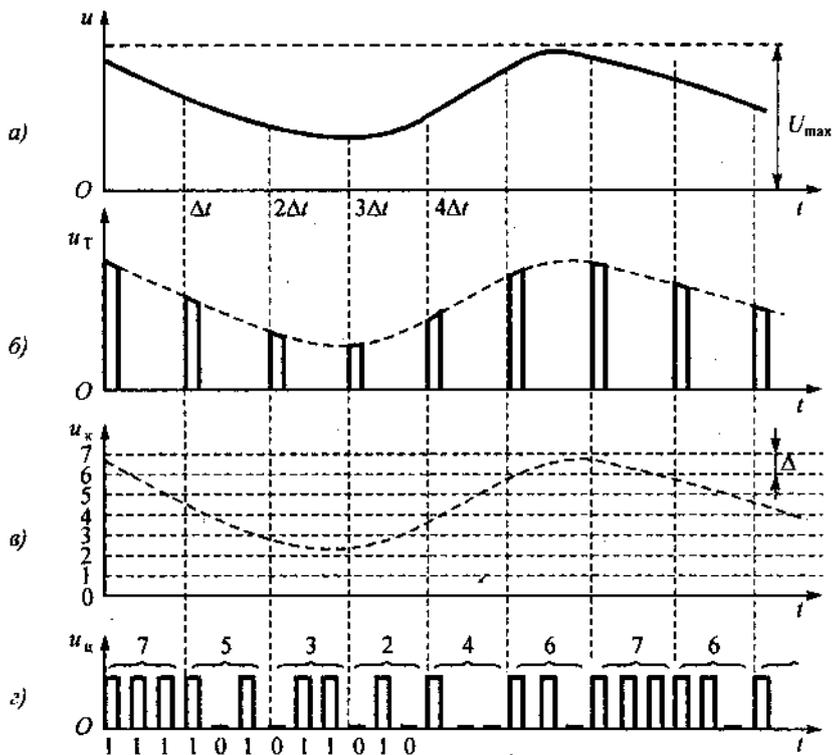
- Более высокая точность обработки сигналов по сложным алгоритмам;
- Возможна гибкая оперативная перестройка алгоритмов обработки сигналов, обеспечивающая как создание многорежимных устройств, так и реализацию адаптивных (подстраивающихся) систем;
- Высокая технологичность изготовления устройств ЦОС (нет настройки при изготовлении и нет регулировки при эксплуатации);
- Возможна реализация устройств ЦОС программными методами;
- Высокая степень совпадения расчетных и реализуемых характеристик устройств ЦОС;
- Возможна автоматизация проектирования устройств ЦОС;
- Высокая экономическая эффективность РЭС с ЦОС при решении сложных задач, практически не выполнимых на базе аналоговой техники;
- Возможно устранение накопления шумов и искажений путем восстановления формы импульсов в связанных ретрансляционных, спутниковых и других системах, что влечёт, однако, требование более широкой полосы частот, занимаемой информационными сигналами.

## 2.ЦИФРОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ

### 2.1 Аналого-цифровое преобразование: дискретизация, квантование, кодирование

Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой состоит из трёх операций (рис. 2.1): *дискретизации по времени*, *квантования по уровню величины* напряжения или силы тока и *кодирования* [1,2] .

*Дискретизация* - процесс преобразования непрерывного во времени сигнала в дискретную последовательность *отсчетов (выборок)*, следующих с определенным *временным интервалом  $\Delta t$*  по которым можно вновь восстановить первичный сигнал. В простейшем случае при дискретизации непрерывного сигнала формируется множество его *отсчетных значений* в виде коротких импульсов соответствующей амплитуды, следующих через интервал времени  $\Delta t$ . При этом амплитуда  $k$ -го отсчета  $u_k(t)$  равна значению непрерывного сигнала  $u(t)$  в момент времени  $t = k \Delta t$  (рисунок 2.1, а, б) [1,4].



**Рисунок 2.1 –(. 7.1.) Последовательность аналого-цифрового преобразования сигнала: а — аналоговый сигнал; б — дискретизация по времени; в — квантование по уровню; г — кодирование двоичным кодом (цифровой сигнал)**

Для представления дискретных отсчётов цифровыми сигналами (кодирования) их предварительно квантуют по уровню. В процессе квантования весь диапазон возможных изменений уровня аналогового сигнала от 0 до  $U_{max}$  разбивается на определенное число фиксированных уровней, отстоящих друг от друга на величину  $\Delta$ , называемую *шагом квантования* (рис. 2.1, в). Различают равномерное ( $\Delta$  — постоянная величина) и *неравномерное* ( $\Delta$  — переменная величина) квантование. Неравномерное квантование применяется при большом динамическом диапазоне квантуемого сигнала.

При равномерном квантовании каждому фиксированному уровню сигнала  $u_k(t)$  присваивают определенное значение в форме условного числа - цифрового кода. Наиболее часто используют двоичные цифровые коды,

составленные из  $n$  ( $n$  — целое натуральное число) разрядов, каждый из которых представлен «1» — импульсом или «0» — паузой. Общее число уровней квантования составляет  $2^n$ . Величина шага квантования (рис. 2.1, в) связана с количеством разрядов двоичного кода формулой:

$$\Delta = U_{max} / 2^n. \quad (2.1)(7.2)$$

На рис. 2.1 показано квантование некоторого временного отрезка однополярного аналогового сигнала на  $2^n = 2^3 = 8$  уровней, что соответствует трехразрядному коду. На временной оси трехразрядный код изображается различными комбинациями из трех импульсов и пауз. Каждый из этих импульсов на одном интервале дискретизации  $\Delta t$  в соответствии с занимаемой позицией, отвечающей разряду  $2^2$ ,  $2^1$ ,  $2^0$ , имеет множитель 1 или 0. Наличие на данном интервале дискретизации импульсов с тем или иным множителем определяет уровень квантования. В частности, при кодировании значения напряжения  $u(0) = 7$  каждый разряд имеет множитель 1, чему соответствует присутствие всех трех импульсов на интервале дискретизации «111». Аналогично значение  $u(2\Delta t) = 3$  представлено двоичным кодом «011», т. е. паузой и двумя импульсами. (Используется также метод кодирования отсчетов непрерывного сигнала, при котором разрядные импульсы (и паузы) следуют в одном временном интервале без промежутков, при этом несколько очередных коротких импульсов могут сливаться в один более длинный).

Процесс преобразования непрерывного сигнала в цифровой сопровождается округлением мгновенных значений до ближайших разрешенных уровней квантования (рис. 2.1, в). В результате этого при восстановлении аналогового сигнала из дискретного возникает систематическая погрешность, величина которой не превышает половины шага квантования. Задавая достаточно малый шаг квантования можно обеспечить требуемую степень отклонения квантованного сигнала от исходного. Погрешность (ошибка) квантования, представляющая собой разность между исходным сообщением и сообщением, восстановленным по квантованным отсчетам, называется *шумом квантования*. Качество квантования характеризуют отношением *сигнал/шум* — чем выше это отношение, тем ближе квантованный

(цифровой) сигнал к неквантованному. На практике исходное колебание уже является смесью сигнала и шума. Поэтому квантование сигнала понижает общее отношение *сигнал/шум*. Так как шум квантования определяется выбором числа уровней квантования, то его можно сделать достаточно малым, увеличивая число уровней. Однако при этом придётся увеличивать и число кодовых символов, приходящихся на один отсчёт, а, следовательно, уменьшать длительность символа, что ведёт к расширению спектра сигнала. Таким образом, снижение шума квантования сопровождается расширением спектра сигнала в цифровой системе связи.

*Теорема Котельникова.* Для восстановления первичного аналогового сигнала из дискретизированного с малыми искажениями, необходимо оптимально выбрать интервал дискретизации  $\Delta t$ .

Точность восстановления аналогового сигнала по последовательности его отсчетов зависит от величины интервала дискретизации  $\Delta t$ . Чем он короче, тем меньше будет отличаться функция  $u_k(t)$  от плавной кривой, проходящей через точки отсчетов. Однако с уменьшением интервала дискретизации  $\Delta t$  усложняется устройство обработки, а при большом интервале дискретизации  $\Delta t$  возрастают искажения и потери информации при восстановлении аналогового сигнала из цифрового.

Оптимальную величину интервала дискретизации устанавливает *теорема Котельникова (теорема отсчётов)*, которая определяет также и оптимальный способ его восстановления по отсчетным значениям [1, 2]. (Под этими названиями в теории сигналов и теории связи существует достаточно много формулировок в виде теорем. Известно также много полезных частных случаев теоремы Котельникова, имеющих более простой вид, чем первоначальная [6]).

Согласно этой теореме, *произвольный сигнал  $u(t)$ , спектр которого ограничен частотой  $F_B$ , может быть восстановлен по своим дискретным отсчётам, взятым с интервалом времени  $\Delta t = \frac{1}{2F_B}$ .*

При этом сигнал  $u(t)$  представляется временным рядом Котельникова:

$$u(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} u(k\Delta t) \frac{\sin \omega_g (t - k\Delta t)}{\omega_g (t - k\Delta t)}, \quad (2.2)$$

где,  $k$ -номер отсчета;  $u(k\Delta t)$  – значение непрерывного сигнала в точках отсчета;  $\omega_g = 2\pi F_g = \pi / \Delta t$  -верхняя частота спектра сигнала.

Из этого соотношения следует, что непрерывная функция  $u(t)$  определяется совокупностью дискретных отсчётов в моменты времени  $k \Delta t$ .

Простейшие сигналы вида

$$s_k(t) = \frac{\sin \omega_g (t - k\Delta t)}{\omega_g (t - k\Delta t)}, \quad (2.3)$$

ортогональные друг другу на интервале времени  $[-\infty, \infty]$ , называются *функциями отсчетов*, (*базисными функциями Котельникова*). Временная диаграмма  $k$ -той функции Котельникова представлена на рис. 2.2.

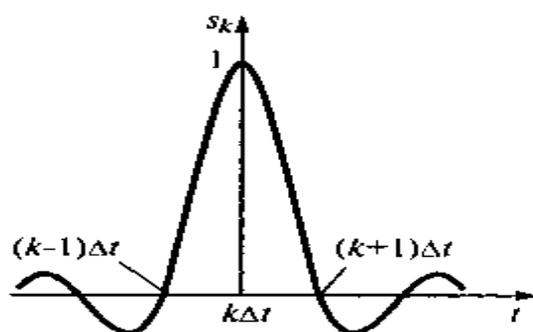


Рисунок 2.2 – (. 7.3). Базисная функция Котельникова

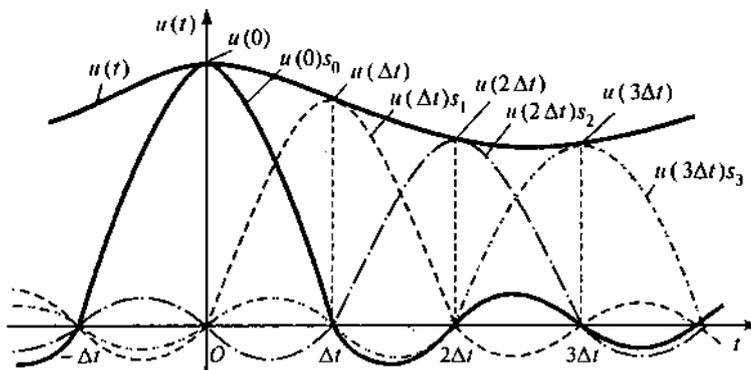
Каждая из базисных функций  $s_k(t)$  сдвинута относительно ближайшей функции на интервал дискретизации  $\Delta t$ . Из формулы (2.3) и графика на рис. 2.2 видно, что сигнал  $s_k(t)$  отображается функцией  $\sin x/x$ , которая также определяет огибающую спектральной плотности прямоугольного импульса.

Аппроксимация непрерывного сигнала  $u(t)$  рядом Котельникова (2.2) иллюстрируется временными диаграммами на рис. 2.3. На графике построены четыре первых члена ряда, соответствующие отсчётам сигнала в моменты

времени  $0, \Delta t, 2\Delta t$  и  $3\Delta t$ . При суммировании этих членов ряда в любые отсчётные моменты времени  $k\Delta t$ , непрерывный сигнал абсолютно точно аппроксимируется независимо от числа выбранных отсчётов. В интервале же между любыми отсчётами сигнал  $u(t)$  аппроксимируется тем точнее, чем больше суммируется членов ряда.

Рассмотрим применимость теоремы Котельникова к импульсному сигналу  $u(t)$  конечной длительности  $T_u$ , который имеет бесконечно широкий спектр. Применяя энергетический критерий, можно ограничиться некоторой верхней частотой  $F_e$  за пределами которой в спектре содержится пренебрежимо малая доля энергии (например, менее 10%) по сравнению с энергией исходного сигнала и влияние неучтённых спектральных составляющих будет мало. Такой импульсный сигнал можно представить достаточно точно рядом Котельникова с ограниченным числом отсчётов  $N = T_u / \Delta t = 2 F_e T_u$ :

$$u(t) = \sum_{k=0}^N u(k\Delta t) \frac{\sin \omega_e (t - k\Delta t)}{\omega_e (t - k\Delta t)}.$$



**Рисунок 2.3 -. 7.4. Аппроксимация аналогового сигнала временным рядом Котельникова**

Практическая значимость теоремы Котельникова заключается в том, что она даёт теоретическое обоснование возможности передачи непрерывных

сообщений дискретными значениями и является основой различных видов импульсной и цифровой связи

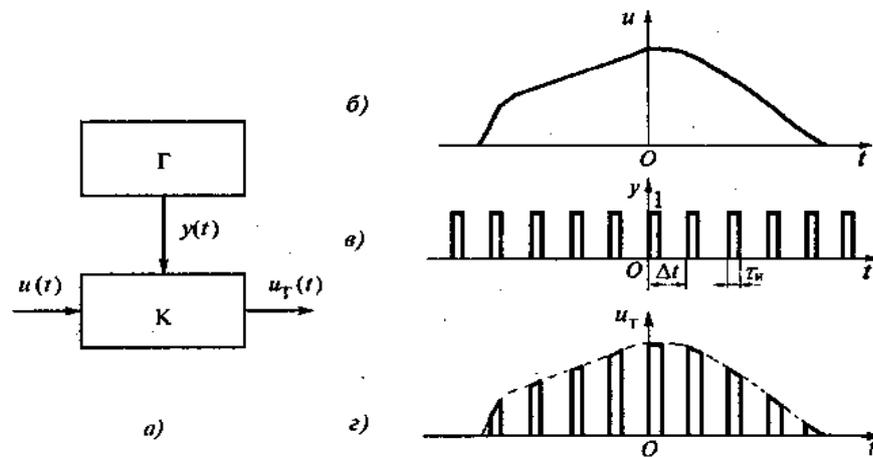
*Дискретизация непрерывного сигнала.* Преобразование непрерывного сигнала в дискретный  $u_{\delta}(t)$  можно представить операцией умножения непрерывного сигнала  $u(t)$  на дискретизирующую последовательность  $y(t)$  прямоугольных импульсов единичной амплитуды и большой скважности

$$u_{\delta}(t)=u(t)y(t). \quad (7.12)$$

Эту операцию осуществляют с помощью электронного ключа  $K$ , процесс открывания и закрывания которого управляется генератором прямоугольных импульсов  $G$  (рис. 2.4, *a*). Длительность дискретизирующих импульсов  $\tau_u$  должна быть много меньше интервала дискретизации  $\Delta t$ . Поэтому скважность импульсной последовательности выбирают достаточно большой,  $(T/\tau_u \gg 1)$ . Большие временные интервалы между импульсами используют для передачи импульсов переносчика от других источников сообщений, т.е. для реализации многоканальной связи с временным разделением каналов [4].

Несмотря на то, что математики считают теорему Котельникова всего лишь частным случаем теоремы интерполяции (известной с 1915 г.) в теории целых функций, однако лишь В.А.Котельников впервые увидел в ней физический смысл и обосновал инженерные применения [6]. Это стало возможным благодаря тому, что «В.А.Котельников был примером блестящего учёного, глубоко знающего теорию, и одновременно настоящего инженера и конструктора» [7].

Принцип формирования дискретного сигнала показан на рис. 2.4 б...з, где изображены графики функций  $u(t)$ ,  $y(t)$  и  $u_{\delta}(t)$  [1,2]. Дискретный сигнал  $u_{\delta}(t)$  на выходе ключа  $K$  имеет вид сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией (рис. 7.8, з).



**Рисунок 2.4 -7.8. Принцип формирования дискретного сигнала: а-структурная схема дискретизатора; б- непрерывный первичный сигнал; в-дискритизирующая последовательность импульсов;г-дискретный сигнал на выходе ключа**

*Спектр дискретного сигнала.* Определим спектральный состав дискретного сигнала  $u_{\delta}(t)$ . Пусть непрерывный сигнал  $u(t)$  имеет спектральную плотность  $S(\omega)$  (рис. 7.9, а), а последовательность дискретизирующих прямоугольных импульсов  $y(t)$  задана рядом Фурье:

$$y(t) = \frac{\tau_u}{\Delta t} \left[ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cos n\omega_1 t \right], \quad 7.13$$

где круговая частота  $\omega_1 = 2\pi / \Delta t$ ; коэффициенты

$$I_n = \frac{\sin(n\omega_1 \tau_u / 2)}{n\omega_1 \tau_u / 2} \quad 7.14$$

Используя теорему о спектрах -“Спектр произведения двух сигналов равен свертке спектров этих сигналов”- можно спектральную плотность дискретного сигнала  $u_{\delta}(t)$  записать в следующем виде:

$$K_3 = -8R_0Q_3 / R$$

$$C_0 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} u_k$$

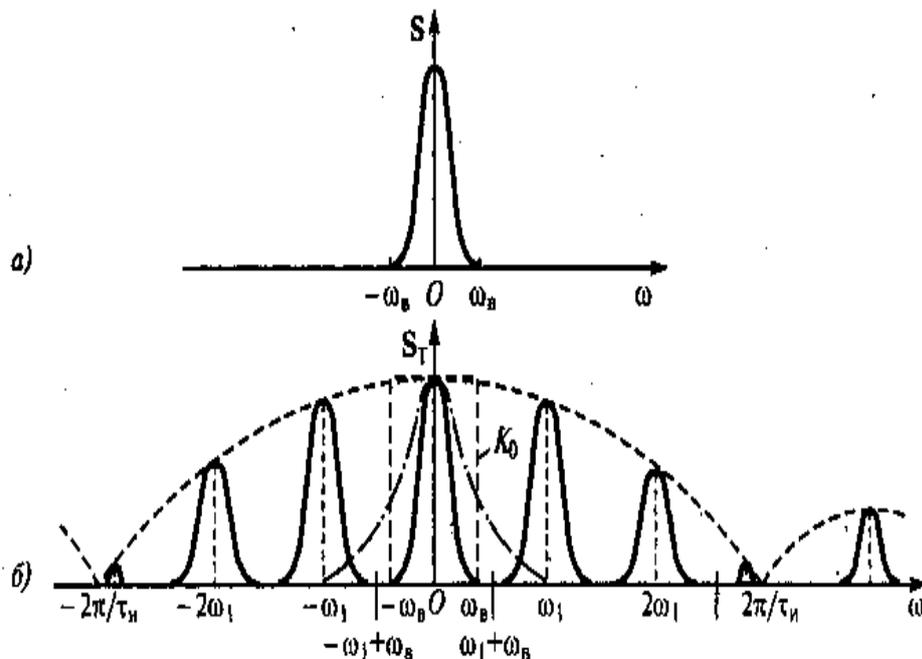
$$S_{\partial}(\omega) = \frac{\tau_u}{\Delta t} \left[ \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{\sin(n\omega_1\tau_u/2)}{n\omega_1\tau_u/2} S(\omega - n\omega_1) \right]$$

$$S_{\partial}(\omega) = \frac{\tau_u}{\Delta t} \left[ S(\omega) + \sum_{n=1}^{\infty} I_n S(\omega - n\omega_1) + \sum_{n=1}^{\infty} I_n S(\omega + n\omega_1) \right]$$

$$S_{\partial}(\omega) = \frac{\tau_u}{\Delta t} \left[ S(\omega) + \sum_{n=1}^{\infty} I_n S(\omega - n\omega_1) + \sum_{n=1}^{\infty} I_n S(\omega + n\omega_1) \right] \quad 7.17$$

Так как при  $n=0$  коэффициент  $I_0 = 1$ , то выражение для спектральной плотности дискретного сигнала можно записать в более компактном виде:

$$S_{\partial}(\omega) = \frac{\tau_u}{\Delta t} \left[ \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{\sin(n\omega_1\tau_u/2)}{n\omega_1\tau_u/2} S(\omega - n\omega_1) \right]. \quad 7.18$$



**Рисунок 2.5 -7.9 Спектральная плотность сигналов: а –непрерывного первичного; б- дискретного**

Графики спектральной плотности непрерывного первичного сигнала и соответствующего дискретного сигнала, показаны на рис. 2.5.

Сформулируем основные свойства спектров дискретных сигналов:

- *спектральная плотность  $S_\delta(\omega)$  дискретного сигнала  $u_\delta(t)$  представляет собой бесконечную последовательность спектральных плотностей  $S(\omega)$  исходного непрерывного сигнала  $u(t)$  сдвинутых друг относительно друга на частоту дискретизации  $\omega_1$ ;*
- *огibaющая спектральной плотности  $S_\delta(\omega)$  дискретного сигнала  $u_\delta(t)$  с точностью до коэффициента  $1/\Delta t$  повторяет огibaющую спектральной плотности дискретизирующего прямоугольного импульса.*

Чтобы восстановить непрерывный сигнал  $u(t)$  из дискретного  $u_\delta(t)$ , достаточно выделить центральную часть спектра  $S_\delta(\omega)$  при помощи идеального ФНЧ. с коэффициентом передачи  $K(\omega) = K_0$  при  $-\omega_\epsilon \leq \omega \leq \omega_\epsilon$ .

. АЧХ идеального ФНЧ показана штриховой линией прямоугольной формы на рис. 2.5 б. Реальный ФНЧ имеет частотную характеристику, отличную от идеальной из-за конечной крутизны скатов АЧХ., которая перекрывает несколько лепестков спектра дискретного сигнала. (штрих-пунктирная линия на рис. 2.5, б). Этот недостаток устраняется уменьшением интервала дискретизации непрерывного сигнала.. При этом отдельные составляющие спектра дискретного сигнала достаточно удалены друг от друга по оси частот и не перекрываются (как это и показано на рис. 2.5, б). Поэтому они могут быть легко выделены реальным ФНЧ или ПФ, с центральной частотой полосы пропускания, совпадающей с частотой дискретизации.

С уменьшением длительности дискретизирующего импульса  $\tau_u$  амплитуды спектральных составляющих с ростом частоты убывают медленнее. В предельном случае, при  $\tau_u \rightarrow 0$ , спектр дискретного сигнала будет представлять собой бесконечную последовательность «копий» спектров исходного сигнала, имеющих одинаковые амплитуды. Если одновременно с уменьшением длительности увеличивать амплитуду импульса так, чтобы его площадь оставалась неизменной и равной единице, то теоретически дискретизирующим сигналом может быть бесконечная последовательность дельта-функций. Это существенно упрощает

анализ аналоговых сигналов. В частности, спектральную плотность  $S_{\delta}(\omega)$  можно вычислить непосредственно по совокупности временных отсчетов  $\{u(k\Delta t)\}$ . При такой дискретизации сигнал  $u_{\delta}(t)$  представляет последовательность дельта-функций, следующих с интервалом времени  $\Delta t$ , а амплитудные коэффициенты этих функций будут равны по величине уровням аналогового сигнала в точках дискретизации  $t=k\Delta t$ . Представление дискретного сигнала в виде:

$$u_{\delta}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} u(k\Delta t) \delta(t - k\Delta t) \quad (7.20)$$

существенно упрощает его численный анализ. Так, спектральную плотность  $S_{\delta}(\omega)$  можно вычислить по совокупности временных отсчетов  $\{u(k\Delta t)\}$ , применив прямое преобразование Фурье к сигналу (7.20) и учтя фильтрующее свойство дельта-функции («интеграл от произведения дельта-функции на функцию сигнала равен значениям амплитуды сигнала в отсчетные моменты времени»). С учетом этого спектральную функцию  $S_{\delta}(\omega)$  получим в следующем виде:

$$S_{\delta}(\omega) = \sum_{k=0}^{\infty} u(k\Delta t) e^{-j\omega k\Delta t} . \quad (7.22)$$

Такое представление позволяет значительно сократить время обработки аналоговых сигналов.

*Алгоритм дискретного преобразования Фурье.* В современных РЭС производят обработку дискретных сигналов в частотной области, что позволяет повысить производительность вычислительных устройств и улучшить весогабаритные показатели РЭС.

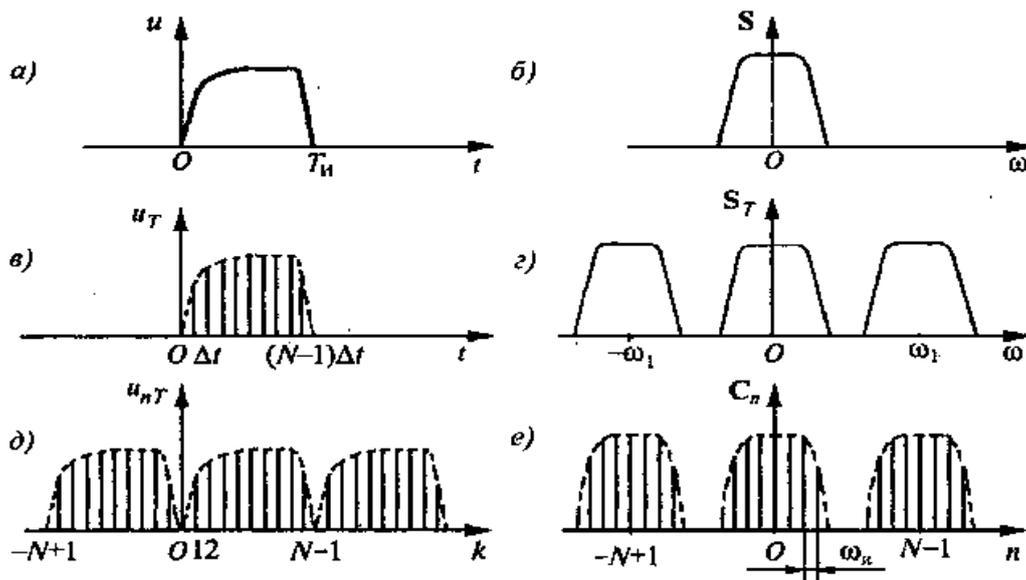
Выполнив дискретное преобразование непериодического импульсного сигнала  $u(t)$  с длительностью  $T_u$  и со спектральной плотностью  $S(\omega)$ , получим формулу для вычисления комплексных коэффициентов преобразования Фурье в следующем виде:

$$C_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} u_k e^{-j2\pi nk/N} , \quad (7.27)$$

где  $N = T_u / \Delta t$  - число отсчетов уровня импульсного сигнала;

$u_k$  - отсчеты уровня импульсного сигнала.

Полученное соотношение называется *дискретным преобразованием Фурье (ДПФ)*. Последовательность перехода от аналогового импульсного сигнала к дискретному преобразованию Фурье показана на рис. 2.6. ДПФ позволяет вычислить гармонические составляющие спектра  $C_n$  по заданным дискретным отсчетам  $u_k$  аналогового сигнала  $u(t)$ .



**Рис. 2.6-** Дискретизация импульсного сигнала и дискретное преобразование Фурье: *a, б* — аналоговый сигнал и его спектр; *в, з* — дискретный сигнал и его спектр; *д* — периодическая последовательность дискретного сигнала; *е* — ДПФ импульсного сигнала

ДПФ обладает следующими свойствами.

1. Линейность ДПФ – спектр суммы (разности) дискретных сигналов равен сумме (разности) их ДПФ.

2. Коэффициент  $C_0$  равен среднему значению (постоянной составляющей) всех дискретных отсчетов сигнала

$$C_0 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} u_k .$$

3. Число определяемых коэффициентов  $C_n$  равно числу отсчетов  $N$  за длительность сигнала  $T_u$ ; при  $n = N$  коэффициент  $C_N = C_0$ .

Из формулы (7.27) следует, что для определения одного коэффициента ДПФ сигнальной последовательности из  $N$  отсчетов, необходимо выполнить около  $N$  операций умножения на комплексное число и столько же сложений, а для нахождения всех коэффициентов —  $N^2$  вычислений. В частности, при  $N = 2^{10} = 1024$  надо осуществить более миллиона ( $1024^2$ ) умножений и сложений. Если длины обрабатываемых массивов превышают тысячу единиц, то дискретная спектральная обработка в реальном масштабе времени требует существенного увеличения быстродействия и усложнения вычислительных устройств РЭС.

*Быстрое преобразование Фурье.* Многократно сократить число операций позволяет быстрое преобразование Фурье (БПФ), обеспечивающее более скоростное и эффективное цифровое вычисление коэффициентов ДПФ. В основу этого алгоритма положен принцип разбиения (прореживания во времени) заданной последовательности отсчетов дискретного сигнала на ряд промежуточных последовательностей (подпоследовательностей). Это значит, что число дискретов  $N$  разделяется на множители (например,  $N = 8 = 2 \cdot 2 \cdot 2$ ,  $N = 60 = 3 \cdot 4 \cdot 5$ ). Затем определяются спектры этих промежуточных последовательностей и через них находится спектр всего сигнала. В зависимости от состава, числа и порядка следования указанных множеств можно создать различные алгоритмы БПФ. В цифровой технике удобнее обрабатывать сигнальные последовательности со значениями числа отсчетов  $N$ , являющимися степенью с основанием два (4, 8, 16 и т. д.). Это позволяет многократно делить входную последовательность отсчетов на более мелкие подпоследовательности.

Выражение для алгоритма БПФ имеет следующий вид:

$$C_{N/2+n} = C_{\text{нчт}} - e^{-j2\pi n/N} C_{\text{нч}}, \quad n=0,1,2,\dots,N/2-1, \quad (7.31)$$

где  $C_{\text{нчт}}$ ,  $C_{\text{нч}}$  - коэффициенты четной и нечетной подпоследовательностей.

Вычисление коэффициентов ДПФ последовательности из  $N$  отсчетов по алгоритмам БПФ требует совершения примерно  $N \log_2 N$  операций умножения. Алгоритмы БПФ сокращают число операций по сравнению с алгоритмами

ДПФ в  $N/\log_2 N$  раз. В частности, при количестве отсчетов  $N = 2^{10}$ , имеем  $\log_2 N = 10$  и сокращение числа операций достигает 100 раз. При очень больших массивах отсчетов входного сигнала выигрыш в скорости обработки может достигать нескольких тысяч.

## 2.2 Принцип квантования гармонического сигнала

При построении радиоэлектронных систем, связывающих потребителя информации с устройствами цифровой обработки, требуется преобразовать сигналы из аналоговой формы в цифровую и из цифровой в аналоговую. Такие операции с сигналами осуществляют аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи. АЦП и ЦАП характеризуются погрешностью, быстродействием и динамическим диапазоном. Основные погрешности систем цифровой обработки сигналов связаны, главным образом, с квантованием сигнала в АЦП на конечное число уровней, определяемое разрядностью кода. При квантовании происходит округление значений аналогового сигнала в отсчетные моменты времени. Как и всякое округление, квантование приводит к погрешностям, называемым *шумами квантования*.

Один из основных путей снижения шумов квантования — использование многоразрядных кодов. Однако это автоматически приводит к уменьшению быстродействия цифровых фильтров вследствие увеличения времени обработки сигналов. При проектировании цифровых устройств специалисты стремятся снизить шум квантования до уровня, обеспечивающего необходимую точность восстановления непрерывного сигнала. Отсюда исходит и требование к необходимому количеству разрядов в кодах.

Процесс равномерного квантования аналоговых сигналов показан на рисунке 2.7. Если на вход схемы квантования АЦП подано линейно нарастающее напряжение  $u_1(t) = u_1$  (штриховая линия), то выходное напряжение

$u_2(t) = u_2$  будет представлять собой линию ступенчатой формы (рисунок. 2.7, а). Эта линия носит название *характеристики квантования*. Разность двух напряжений  $q(t) = q = u_2(t) - u_1(t)$  представляет собой шум (ошибку или погрешность) квантования. Очевидно, что для рассматриваемого случая максимальное значение погрешности квантования не зависит от уровня напряжения  $u_1(t)$  и всегда равно половине шага квантования  $\Delta/2$ .

Положим, что на вход АЦП поступает полупериод гармонического колебания  $u_{ВХ}(t)$  (рисунок 2.7, а). Выходной сигнал  $u_{ВЫХ}(t) = u_{ВЫХ}$  приобретает ступенчатую форму (ступенчатая линия на рисунке 2.7, б), отличающуюся от входной синусоиды  $u_{ВХ}(t)$ . Функция погрешности квантования (рисунок 2.7, в) аналитически запишется в виде:

$$q(t) = u_{ВЫХ}(t) - u_{ВХ}(t) \quad (7.95)$$

Возможные изменения амплитуды и частоты входного гармонического сигнала приводят лишь к изменению частоты следования зубцов функции  $q(t)$ , а их форма остается практически треугольной.

Среднюю мощность (дисперсию) шума квантования легко вычислить из геометрических построений, приведенных на рисунке 2.7, в:

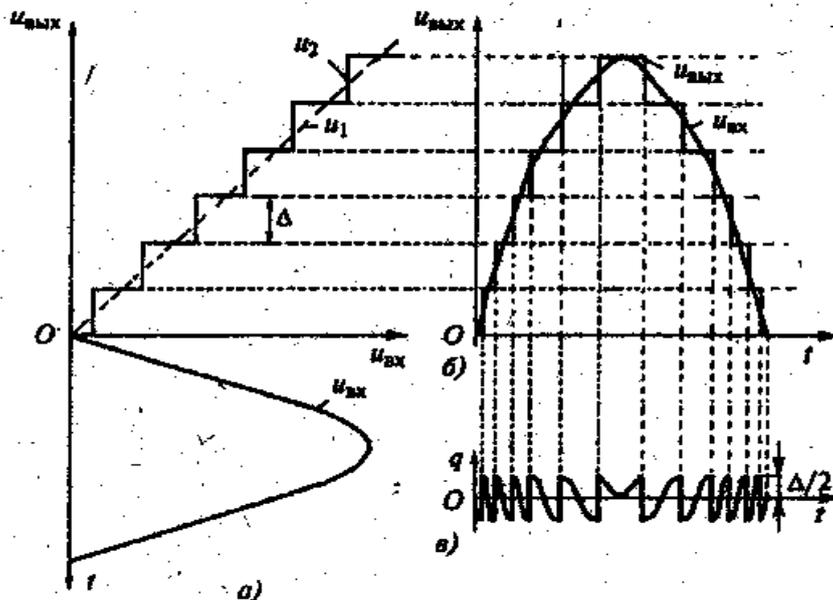


Рисунок 2.7 - Квантование гармонического сигнала

а — характеристика квантования и сигнал на входе; б — сигнал на выходе; в — шум квантования

$$\sigma^2 = \frac{1}{3} \left( \frac{\Delta}{2} \right)^2 = \frac{\Delta^2}{12}.$$

Из этой формулы следует, что шумы квантования снижаются с увеличением разрядности цифрового кода, т. е. с уменьшением шага квантования  $\Delta$ .

### 2.3 Цифроаналоговые преобразователи

Проанализируем один из вариантов построения схем ЦАП, основанного на методе *суммирования фиксированных напряжений* нескольких источников, каждое из которых соответствует определенному разряду двоичного числа.

Принцип действия четырехразрядного ЦАП иллюстрируется с помощью одной из простейших схем на операционном усилителе, представленной на рисунке 2.8, а. Основу схемы составляет матрица резисторов с источником постоянного напряжения, соединенных с инвертирующим входом ОУ ключами, управляемыми двоичным кодом (например, выходным кодом счетчика). В зависимости от поступающего кода цифрового сигнала подключаются резисторы с различными номиналами сопротивлений. В схеме ключи замыкаются только при поступлении на них команд, соответствующих логической единице. Коэффициенты усиления инвертирующего усилителя по входам  $2^0$ ,  $2^1$ ,  $2^2$  и  $2^3$  соответственно равны:

$$K_0 = -R_0 Q_0 / R; \quad K_1 = -2R_0 Q_1 / R; \quad K_2 = -4R_0 Q_2 / R; \quad K_3 = -8R_0 Q_3 / R. \quad (7.97)$$

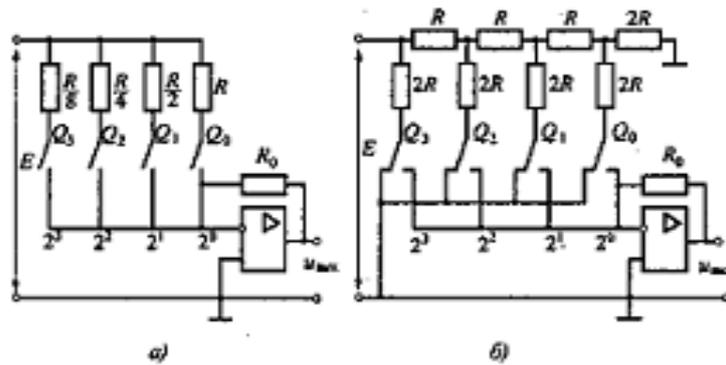
Здесь  $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3$  – кодовые числа, принимающие два значения — либо 1 (ключ замкнут), либо 0 (ключ разомкнут).

Напряжение на выходе ЦАП определяется выражением:

$$u_{\text{вых}} = -E(K_0 + K_1 + K_2 + K_3) = \Delta(Q_0 + 2Q_1 + 4Q_2 + 8Q_3), \quad (7.98),$$

где амплитудное значение  $\Delta = -ER_0/R$  соответствует младшему разряду двоичного числа, т. е. уровню квантования.

Из (7.98) следует, что четырехразрядный двоичный код преобразуется в выходное напряжение, изменяющееся от 0 до  $15\Delta$ . Например, двоичному числу 1001 соответствует напряжение  $u_{\text{вых}1} = \Delta(1*1 + 2*0 + 4*0 + 8*1) = 9\Delta$ , а числу 1100 –  $u_{\text{вых}2} = 12\Delta$ . Поскольку на вход резистивной матрицы подается постоянное напряжение  $E$ , то выходное напряжение ЦАП изменяется скачками при переключении кода цифрового сигнала. Сглаживание сигнала на выходе осуществляется с помощью ФНЧ.



**Рисунок 2.8 –Схемы четырехразрядных ЦАП**  
**а – простейшей; б – с резистивной матрицей R-2R**

Недостатки рассмотренной схемы —высокие требования к стабильности сопротивлений резисторов матрицы.

Во многом лишена указанных недостатков схема ЦАП с *резистивной матрицей R-2R* (рисунок 2.8, б), содержащая резисторы с сопротивлениями всего двух номиналов. Резисторы соединены в матрицу таким образом, что ее входное сопротивление со стороны источника питания  $E$  всегда равно  $R$  и не зависит от положения ключей (кодовых чисел цифрового сигнала). При поступлении кодовых нулей ключи подсоединяют резисторы с сопротивлением  $2R$  к нулевой точке, а при поступлении кодовых единиц — к входу операционного усилителя. При этом токи, протекающие через резисторы с сопротивлением  $2R$ , не изменяются. Для  $k$ -разрядного ЦАП выходное напряжение записывается в общем виде:

$$u_{\text{ВЫХ}} = (\Delta/2^k)(Q_0 + 2Q_1 + \dots + 2^k Q_k). \quad (7/99)$$

Современные ЦАП в основном изготавливают в виде отдельных интегральных микросхем, позволяющих преобразовывать цифровые коды с 16 и более разрядов. При этом увеличение разрядности кодов не приводит к резкому уменьшению быстродействия.

## 2.4 Аналого-цифровые преобразователи

По своей структуре аналого-цифровые преобразователи более сложны, чем ЦАП. Известно три принципиально различных метода построения схем АЦП: последовательный, параллельный и последовательно-параллельный.

*Последовательный* метод построения АЦП является наиболее распространенным в современной цифровой технике. Он основан на подсчете числа суммирований опорного напряжения младшего разряда, необходимого для получения напряжения, равного входному. При этом  $k$ -разрядный двоичный код одного отсчета определяется в схеме за  $2^k$  тактовых интервалов дискретизации.

Проанализируем упрощенную структурную схему четырехразрядного АЦП последовательного счета (рисунок 2.9). Начало преобразования входного сигнала определяется временем поступления импульса запуска, который через RS-триггер  $T$  подключает счетчик Ст2 к выходу генератора тактовых (счетных) импульсов  $M$ . Схема ЦАП D/A, куда поступает цифровой код со счетчика, формирует выходное напряжение  $u_{\text{ВЫХ}}$ , которое сравнивается в компараторе  $K$  с входным напряжением  $u_{\text{ВХ}}$ . При сравнении напряжений, компаратор через логический элемент И (&) выдает сигнал прекращения подачи тактовых импульсов на счетчик Ст2. В результате осуществляется считывание со счетчика выходного четырехразрядного кода, представляющего в момент окончания преобразования цифровой эквивалент выходного напряжения.

В описанном АЦП значения выходного цифрового кода в процессе преобразования многократно изменяются, поэтому он обладает сравнительно

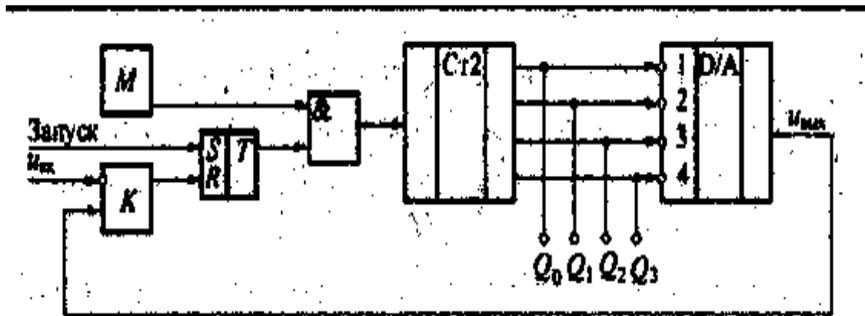


Рисунок 2.9 - Упрощенная структурная схема АЦП последовательного счета

низким быстродействием. Максимальное время преобразования сигнала в АЦП:

$$t_{\text{пр. max}} = (2^k - 1) \Delta t. \quad (7.100)$$

Так как число разрядов АЦП задается, то время преобразования определяется минимальным периодом повторения тактовых импульсов, который зависит от длительности установления переходных процессов. Минимальное время преобразования аналогового сигнала

$$\Delta t_{\text{min}} = t_{\text{сч.}} + t_{\text{ЦАП}} + t_T + t_K + t_L, \quad (7-101)$$

где  $t_{\text{сч.}}$  — длительность переходного процесса в счетчике;  $t_{\text{ЦАП}}$  — время установления переходных процессов ЦАП в режиме преобразования;  $t_T, t_K, t_L$  - длительность переключения соответственно триггера, компаратора и логического элемента.

Известны и другие варианты построения АЦП, различающиеся источниками напряжений, схемами их сравнений, схемами определения кода сигналов и т. д.

Работа *параллельных*  $k$  -разрядных АЦП основана на использовании  $2^k - 1$  компараторов (рисунок 2.10). Неинвертирующие входы ОУ компараторов объединены, и на них подается непрерывный сигнал, а к каждому

инвертирующему входу подключено индивидуальное опорное напряжение, снимаемое с резистивного делителя. Разность между опорным напряжением двух соседних компараторов равна шагу квантования  $\Delta = U_{оп} / 2^k$ . Компараторы, у которых входное напряжение превысит соответствующее опорное напряжение, вырабатывают логическую 1, а остальные — логический 0. Информация с выходов компараторов поступает на шифратор CD, который преобразует ее в двоичный код.

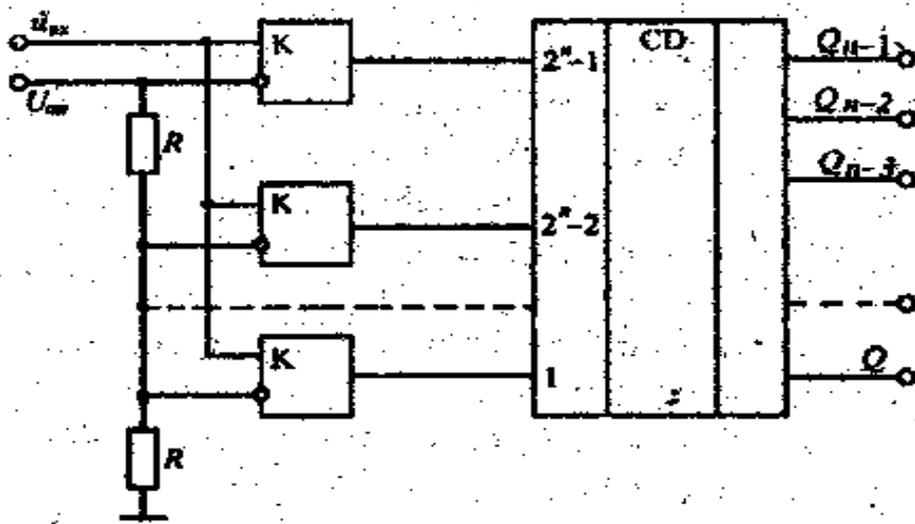


Рисунок 2.10 - Структурная схема параллельного АЦП

Параллельные схемы обладают наибольшим быстродействием среди других типов АЦП. Однако для повышения точности и уменьшения мощности шумов квантования необходимо увеличение в принципиальных схемах числа компараторов.

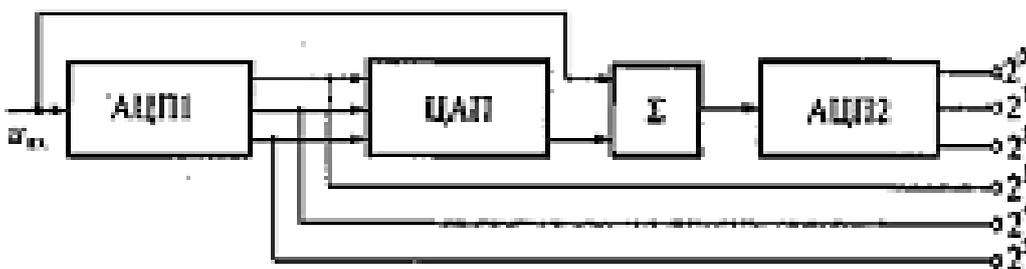


Рисунок 2.11 – Структурная схема последовательно-параллельного АЦП

В *последовательно-параллельных* схемах АЦП используется сочетание методов последовательного и параллельного преобразования, что существенно увеличивает быстродействие последовательных преобразователей. На рисунке 2.11 показана структурная схема шестиразрядного аналого-цифрового преобразователя данного типа, в которой используются два трехразрядных параллельных АЦП, один трехразрядный ЦАП и сумматор  $\Sigma$ .

Аналого-цифровой преобразователь формирует из входного напряжения три старших разряда выходного кода, соответствующие значениям  $2^3$ ,  $2^4$  и  $2^5$ . Эти разряды поступают на вход трехразрядного ЦАП, в котором они вновь преобразуются в аналоговое напряжение, отличающееся от входного напряжения  $u_{BX}$  на погрешность преобразования схемы АЦП1. Аналоговое напряжение с выхода ЦАП подается на сумматор  $\Sigma$ , где оно вычитается из входного напряжения  $u_{BX}$ . Полученное разностное напряжение подается на АЦП2, где оно преобразуется в младшие цифровые разряды  $2^2$ ,  $2^1$ ,  $2^0$  выходного кода.

## 3 РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

### 3.1 Общие сведения, классификация, параметры [8 ]

Значения физических величин и характеристики реальных процессов в лабораторных или производственных условиях определяют экспериментальным путем с помощью средств измерений. Средства измерения электрических величин делят на меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки, измерительно-вычислительные комплексы и информационно-измерительные системы.

*Меры* предназначены для воспроизведения электрических величин заданных размеров. К мерам относятся образцовые конденсаторы, магазины сопротивлений и др.

Измерительные преобразователи преобразуют измеряемый сигнал в некоторый другой. В качестве примера можно указать в электронных вольтметрах используемые преобразователи переменного напряжения в постоянное, в частотомерах — используемые преобразователи переменного напряжения в сигнал, соответствующий частоте, в цифровых приборах — используемые аналого-цифровые преобразователи, масштабные преобразователи, изменяющие сигнал в заданное число раз, и др.

Совокупность преобразователей, осуществляющих все необходимые преобразования измерительного сигнала, называют *измерительной цепью средства измерения*.

*Измерительный прибор* — средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. В состав измерительного прибора входят измерительные преобразователи и устройство индикации.

*Измерительной установкой* называют совокупность расположенных в одном месте функционально объединенных мер, измерительных

преобразователей, приборов и вспомогательных устройств, предназначенных для выработки измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем.

*Измерительно-вычислительным комплексом* называют автоматизированное средство измерений, имеющее в своем составе измерительные преобразователи и приборы, вспомогательные устройства, один или несколько процессоров с необходимыми интерфейсными устройствами, обеспеченными программами для взаимодействия перечисленных компонентов комплекса и для обработки измерительных сигналов.

*Информационно-измерительная система* — это совокупность функционально объединенных измерительных, вычислительных и вспомогательных средств для получения измерительной информации, ее преобразования и обработки с целью представления потребителю в требуемом виде либо автоматического осуществления логических функций контроля, диагностики, идентификации (распознавания). Информационно-измерительные системы реализуются на основе измерительно-вычислительных комплексов.

Перечисленные определения показывают, что необходимым компонентом всех средств измерений (кроме мер) являются измерительные преобразователи и приборы (ИП).

Структурная и электрическая схемы ИП, его конструкция определяются назначением прибора. По назначению ИП грубо делят на три группы.

К первой группе относятся генераторы гармонических, импульсных, шумовых и других сигналов. Ко второй группе — вольтметры, амперметры, частотомеры, фазометры, измерители коэффициента гармоник, коррелометры, анализаторы спектра, осциллографы и др. К третьей группе относят ИП, предназначенные для измерения сопротивлений, емкостей, индуктивностей, параметров электронных приборов, частотных характеристик четырехполюсников и др.

Показатели качества ИП делятся на общетехнические и метрологические. Общетехнические показатели определяют назначение и эксплуатационные возможности, например параметры допустимых климатических и механических воздействий, неинформационные параметры измеряемых сигналов (например, диапазон частот измеряемых вольтметром напряжений), надежность.

*Метрологические показатели*—это все показатели, оказывающие влияние на результат и погрешность измерения. К ним относятся: погрешность (систематическая, случайная, суммарная); вариация показаний; пределы измерений; цена деления шкалы аналогового прибора и число разрядов цифрового; входное и выходное сопротивления, частотные и временные (динамические) характеристики и другие.

Обеспечение необходимых высоких показателей ИП достигается тщательной проработкой структурной и электрической схем прибора, рациональным выбором элементной базы, конструкции, технологии и строгим соблюдением заданного технологического режима при производстве.

### 3.2 Измерительные генераторы

Для испытаний и аттестации современных радиоэлектронных устройств, приборов и комплексов, для научных исследований необходимы источники измерительных сигналов различной формы с частотами от долей герца до десятков гигагерц при мощностях от  $10^{-14}$  Вт до нескольких ватт. Такое разнообразие требований не удастся удовлетворить в одном приборе, поэтому выпускается множество различных измерительных генераторов (ИГ).

Распространены ИГ, создающие гармонические, импульсные, шумовые колебания, а также колебания специальной формы.

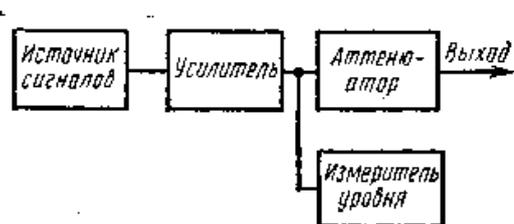


Рисунок 3.1

В структурных схемах ИГ независимо от формы создаваемых колебаний можно выделить четыре функциональных узла: задающий источник сигналов, усилитель, аттенюатор и измеритель уровня (рисунок 3.1).

Задающий источник сигналов создает маломощные колебания необходимой формы. Усилитель усиливает эти колебания. Уровень усиленных колебаний контролируется измерителем уровня, в качестве которого чаще всего используют вольтметр. Аттенюатор представляет собой управляемый резистивный делитель напряжения и предназначен для установления заданного уровня выходного сигнала. Требования к усилителю, аттенюатору и вольтметру, применяемым в ИГ, высокие. Они не должны вносить искажений, превышающих допустимые, во всех диапазонах изменения параметров сигнала.

**Измерительные генераторы гармонических сигналов.** Задающий источник сигналов представляет собой управляемый задающий генератор. В некоторых ИГ к выходу задающего генератора подключается амплитудный модулятор (рис. 3.2 а).

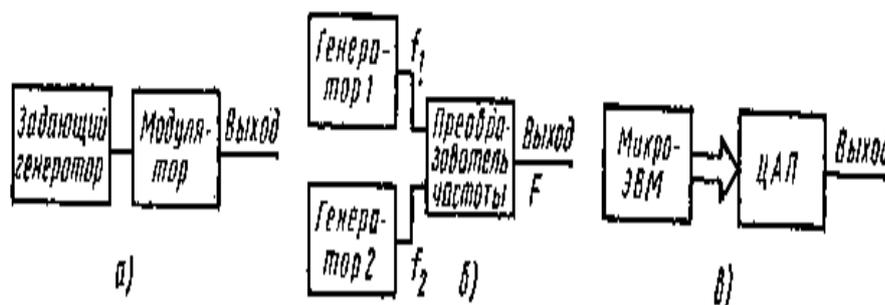


Рисунок 3.2 (26.2)

Задающие генераторы, в зависимости от диапазона частот, выполняются по различным схемам: в высокочастотных ИГ (100 кГц — 1 ГГц) используют *LC*-генераторы, в низкочастотных ИГ (20 Гц — 200 кГц) - *RC*-генераторы.. Частоту перестраивают скачкообразным и плавным изменением параметров задающих *LC*- или *RC*-контуров.

В низкочастотных ИГ задающий источник сигналов иногда выполняют на двух  $LC$ -генераторах и преобразователе частоты (рисунок 3.2, б). Преобразователь частоты выделяет низкочастотное колебание, равное разности частот  $LC$ -генераторов ( $F=f_2-f_1$ ). Достоинство такого источника низкочастотных сигналов заключается в том, что, изменяя частоту одного из  $LC$ -генераторов в относительно узком диапазоне, удается изменять низкую частоту  $F$  от нуля до нескольких десятков килогерц. Очевидно, такой источник структурно сложнее  $RC$ -генератора. Точность установки и стабильность частоты перестраиваемых  $LC$ - и  $RC$ -генераторов сравнительно низкие. Существенное повышение этих показателей достигается, если в качестве задающего источника сигналов в ИГ используют синтезаторы частоты.

Колебания инфранизких частот (измеряемые в долях герца и выше) можно получить, используя схему, показанную на рисунке 3.2, б. Однако обеспечить высокие точность установки и стабильность частоты, а также незначительный коэффициент гармоник по этой схеме не удастся. В современных прецизионных ИГ инфранизкие частоты получают решением дифференциального уравнения второго порядка с помощью цифровой микроЭВМ. Результат решения—последовательность чисел, соответствующих дискретным отсчетам генерируемого сигнала,—поступает на цифро-аналоговый преобразователь (рисунок 3.2, в), с выхода которого снимается ступенчатое напряжение сигнала. Измерительный генератор на основе микроЭВМ обеспечивает высокую точность параметров генерируемых колебаний. Кроме того, параметры и форма колебаний таких ИГ легко изменяются программным путем, что важно при создании автоматизированных измерительных комплексов. Возможности ИГ на микроЭВМ ограничиваются быстродействием ЭВМ.

**Измерительные генераторы импульсных сигналов.** Их используют в качестве источников сигналов запуска, модулирующих сигналов, измерительных (тестовых) сигналов при измерении переходных характеристик.

Схема источника ИГ импульсных сигналов представлена на рисунке 3.3. Задающий генератор вырабатывает импульсное напряжение.

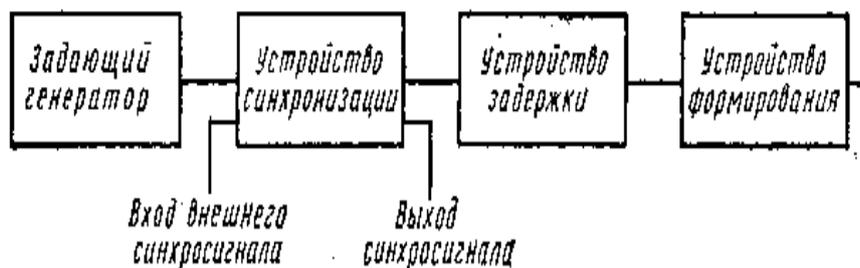


Рисунок 3.3

В простейших ИГ задающий генератор представляет собой мультивибратор, в более сложных —  $LC$ - или  $RC$ -генератор с ограничителем. Частота следования импульсов ИГ определяется частотой задающего генератора.

Устройство синхронизации обеспечивает запуск остальных устройств ИГ. Импульсы запуска получают от задающего генератора или от внешнего источника. Устройство синхронизации вырабатывает также синхросигнал для запуска внешних устройств (например, осциллографа). Схемотехнически устройство синхронизации—это формирователь коротких импульсов.

Устройство задержки формирует короткий импульс, задержанный на регулируемое время  $\Delta t$  относительно синхроимпульса. Основу устройства задержки представляет ждущий мультивибратор или таймер.

Устройство формирования обеспечивает формирование импульсов необходимой длительности, поступающих через усилитель и аттенюатор ИГ на выход. Выше описаны ИГ импульсных сигналов общего применения. Наряду с ними выпускают ИГ кодовых последовательностей импульсов, которые необходимы для испытания и настройки различных импульсных и цифровых устройств, таких, как цифровые БИС, цифровые ЭВМ, цифровые

системы связи. В отличие от схемы, представленной на рисунке 3.3, схема источника сигнала ИГ кодовых последовательностей содержит устройство кодирования, выполняемое в виде генератора чисел.

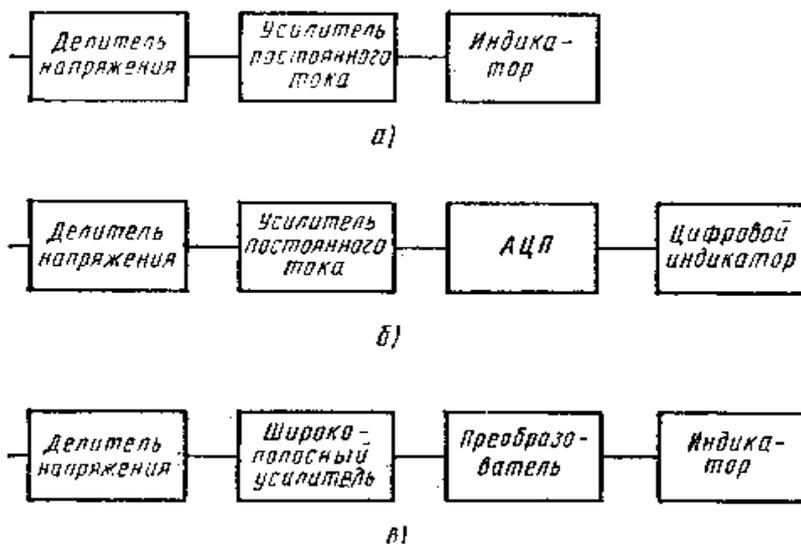
**Измерительные генераторы шумовых сигналов.** Эти генераторы вырабатывают шумовые радиотехнические сигналы с заданными вероятностными и статистическими характеристиками и применяются при исследованиях помехоустойчивости и в качестве имитаторов источников сложных сигналов. Схема ИГ шумовых сигналов совпадает со схемой, показанной на рисунке 3.1, в которую включен источник шумового сигнала.

Источник шумового сигнала чаще всего представляет собой усилитель собственных шумов резисторов, полупроводникового или вакуумного диодов, газоразрядной трубки.

### 3.3 Электронные вольтметры постоянного и переменного напряжения

Вольтметры по принципу действия и индикации разделяют на аналоговые (стрелочные) и цифровые.

*Аналоговый электронный вольтметр постоянного напряжения* состоит из входного резистивного делителя напряжений, усилителя постоянного тока и стрелочного индикатора (рисунок 3.4, а).



### Рисунок 3.4( 26.4)

Делитель напряжения с изменяемым коэффициентом деления служит для расширения диапазона измеряемых напряжений. Усилитель постоянного тока предназначен для увеличения уровня измеряемого напряжения и согласования сопротивлений высокоомного источника измеряемого напряжения с малым сопротивлением стрелочного индикатора. Основным требованиям, предъявляемым к усилителям (большое входное сопротивление, малый дрейф нуля, высокая стабильность коэффициента усиления, малый коэффициент шума), наиболее полно удовлетворяют интегральные усилители, охваченные отрицательной ОС.

*Цифровой электронный вольтметр постоянного тока* также содержит входной делитель напряжения и усилитель, к выходу которого подключены аналого-цифровой преобразователь и цифровой индикатор (рисунок 3.4, б).

*Вольтметры переменного напряжения* отличаются от вольтметров постоянного напряжения тем, что содержат преобразователь переменного напряжения в постоянное. По типу используемого преобразователя различают вольтметры пиковых (амплитудных), среднеквадратических и средневыпрямленных значений напряжения.

*Преобразователь амплитудных значений* переменного напряжения в постоянное представляет собой пиковый амплитудный параллельный детектор. Для получения большого входного сопротивления в цепь нагрузки измерительного детектора включают большое сопротивление, из-за чего приходится применять диоды с большим обратным сопротивлением.

Для измерения напряжений сигналов, содержащих большое число гармоник, а также напряжений случайных колебаний применяют *вольтметры среднеквадратических значений* напряжения. Такие вольтметры можно реализовать, как и вольтметры амплитудных значений, заменив в последних пиковые детекторы квадратичными. Однако точность вольтметров с квадратичными детекторами получается низкой, поэтому в вольтметрах

среднеквадратических значений обычно используют термоэлектрические преобразователи напряжения, которые реагируют не на мгновенные значения напряжения, а на эффективное, пропорциональное средней мощности.

*В вольтметрах средневыпрямленного значения* применяют выпрямительные преобразователи

Вольтметры среднеквадратического и средневыпрямленного значений обычно строятся по схеме: делитель напряжения—широкополосный усилитель—преобразователь—индикатор (рисунок 3.4, в). Такая схема построения обусловлена малым входным сопротивлением преобразователей и не позволяет обеспечить такую же широкополосность, как у вольтметров амплитудных значений.

Для измерения импульсных напряжений выпускают специальные импульсные вольтметры. Основное отличие последних от вольтметров амплитудных значений заключается в том, что в них применяют преобразователи, представляющие собой последовательный амплитудный детектор, пропускающий постоянный и переменный токи. Очевидно, в зависимости от полярности импульсов в таких преобразователях приходится менять направление включения диода.

Цифровые вольтметры переменного тока можно строить по той же схеме, что и аналоговые - преобразователь переменного напряжения в постоянное, аналого-цифровой преобразователь, цифровой индикатор. Однако развитие микропроцессорной техники позволило создать универсальные цифровые вольтметры, пригодные для измерения напряжений любой формы. Такой вольтметр строится по схеме - аналого-цифровой преобразователь микроЭВМ, в состав которой входит микропроцессор,—клавиатура для ввода команд—цифровой дисплей.

Микропроцессорный цифровой вольтметр вычисляет среднеквадратическое значение напряжения.

Микропроцессорный вольтметр дает исследователю дополнительные возможности по обработке результатов измерения. Например, можно вычислять: относительное отклонение результата измерения от заданного значения; отношения напряжений; максимальное и минимальное значения и др. Конкретное содержание выполняемых микропроцессорным вольтметром функций определяется заложенной программой.

### 3.4 Измерение частоты электромагнитных колебаний

В зависимости от диапазона частот, требуемых быстродействия и точности применяют различные методы измерения частоты [8-10]. В современной измерительной технике наибольшее распространение получили метод сравнения измеряемой частоты с известной (образцовой) частотой и методы, основанные на физических явлениях, вызываемых прохождением переменного тока через различные устройства (резонансный, заряда-разряда конденсатора при прохождении через него переменного тока и мостовой).

Принцип действия цифрового частотомера основан на подсчете числа  $N$  периодов измеряемого колебания, укладывающихся в заданном интервале времени счета  $T_c$ , формируемом образцовой частотой. При помощи образцовой частоты формируют временной интервал известной длительности  $T_c$  и заполняют его импульсами, следующими с неизвестной частотой  $f$ . Подсчет числа импульсов, попадающих в интервал  $T_c$  производится по формуле

$$N = T_c f$$

Измеряемая частота

$$f = N/T_c.$$

Если выбрать  $T_c = 1$ с, то число  $N$  будет равно частоте (Гц). Результаты подсчета числа импульсов, попавших в интервал  $T_c$ , фиксируются в цифровой форме при помощи счетчика импульсов.

Схема цифрового частотомера показана на рисунке 3.5. Измеряемый входной сигнал подается на формирующее устройство, преобразующее электромагнитные колебания в последовательность коротких импульсов, частота которых равна частоте электромагнитных колебаний. Формирующее устройство состоит из входного делителя напряжения, усилителя-ограничителя и формирователя однополярных коротких импульсов.

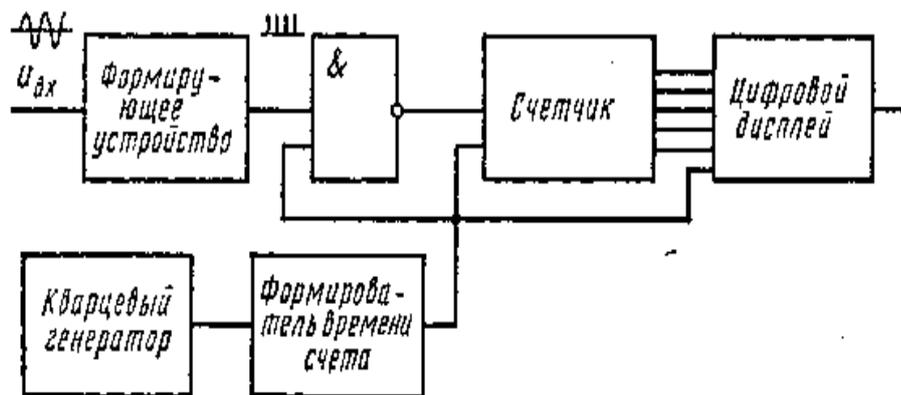


Рисунок 3.5 (26.5)

Кварцевый генератор и формирователь времени счета вырабатывают импульсы калиброванной длительности  $T_c$ . Эти импульсы совместно с короткими импульсами с выхода формирующего устройства поступают на входы схемы совпадения, с выхода которой пакеты импульсов попадают на счетчик и цифровой дисплей, показывающий среднее значение измеренной частоты.

Погрешность измерения частоты определяется погрешностями установки номинального значения времени счета  $T_c$  и дискретности счета, не превышающей 1 в младшем индицируемом разряде.

Описанный частотомер может быть использован и как измеритель временных интервалов. Для этого выход кварцевого генератора подключают ко входу формирующего устройства, а входной сигнал подается на вход формирователя времени счета. В этом режиме, очевидно, счетчик

подсчитывает число периодов колебания кварцевого генератора, укладываемых в измеряемом интервале времени. В современных частотомерах и измерителях временных интервалов применяются микропроцессоры, которые позволяют увеличить число функций, выполняемых измерителем (усреднить результаты многократных измерений, выполнить коррекцию систематической погрешности, вычислять нестабильность частоты и др.), упростить управление и конструкцию, повысить надежность прибора.

### 3.5 Электронные осциллографы

Это приборы для наблюдения и измерения параметров электрических сигналов, использующие отклонение одного или нескольких электронных лучей для получения изображения мгновенных значений переменного напряжения.

Осциллограф состоит из электронно-лучевой трубки со схемой управления лучом, канала вертикального отклонения (канал  $Y$ ), канала горизонтального отклонения (канал  $X$ ), канала управления яркостью (канал  $Z$ ) и калибраторов амплитуды и длительности (рисунок 3.6).

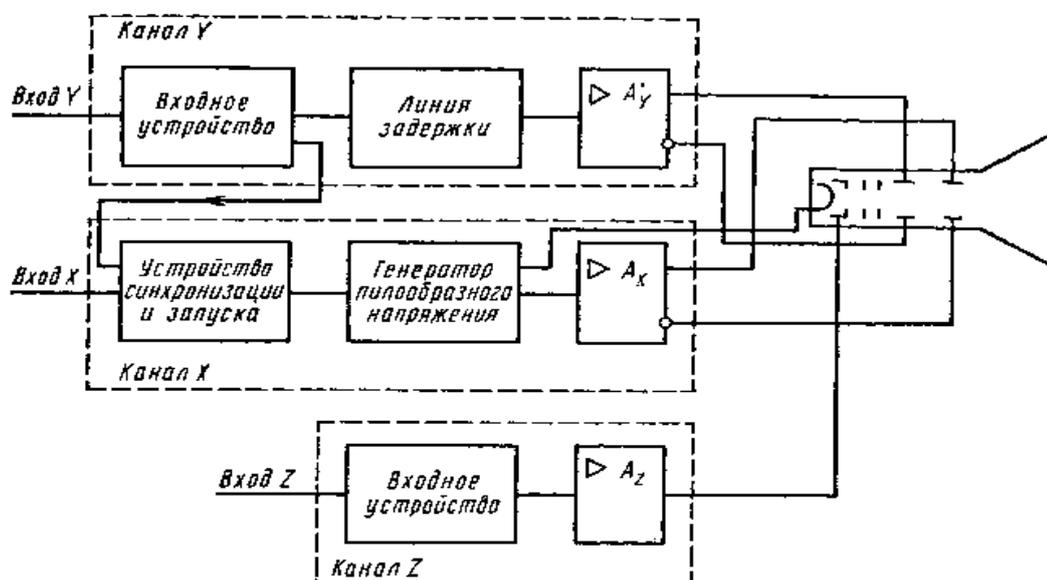


Рисунок 3.6.(26.6)

В осциллографах применяются широкополосные ЭЛТ с электростатическим управлением. На пластины X подается пилообразное напряжение развертки (рисунок 3.7, а).

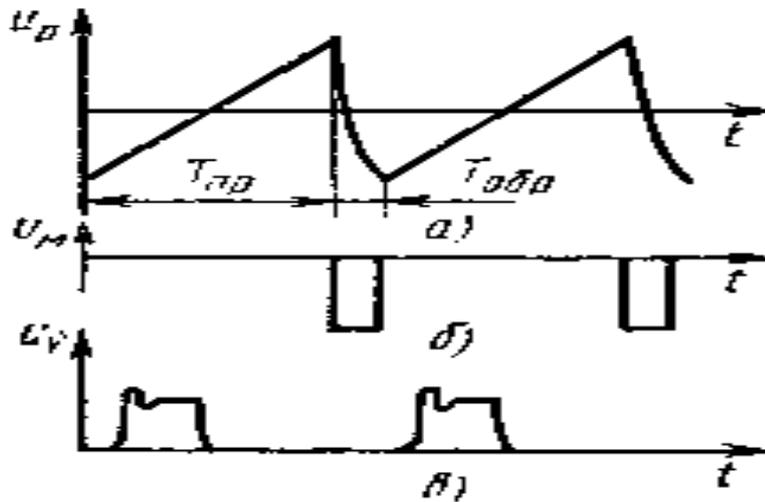


Рисунок 3.7(26.7)

Во время прямого хода луча  $T_{пр}$  линейно нарастающее напряжение перемещает луч по экрану слева направо. Так как смещение луча прямо пропорционально приложенному напряжению, то линейность нарастания напряжения развертки гарантирует неизменность по оси  $x$  масштаба изображения. Во время *обратного хода*  $T_{обр}$  напряжение на пластинах X уменьшается, луч быстро перемещается обратно. Для того чтобы обратный ход луча не наблюдался на экране, во время обратного хода вырабатывается импульс отрицательной полярности (рисунок 3.7, б), который подается на модулятор ЭЛТ и гасит луч.

На пластины Y ЭЛТ поступает усиленный исследуемый сигнал. Он перемещает луч вверх и вниз по оси  $y$ . Так, во время прямого хода луча по оси  $x$  на экране ЭЛТ луч вычерчивает кривую, по форме совпадающую с отрезком исследуемого сигнала (рисунок 3.7, в). Такой процесс повторяется во время следующего прямого хода луча. Очевидно, при многократном

вычерчивании кривой на экране ЭЛТ будет четко наблюдаться одна кривая, если каждый раз луч будет чертить одну и ту же кривую. Это возможно только при строгой синхронизации колебания развертки с наблюдаемым сигналом.

Канал  $Y$  предназначен для передачи исследуемого сигнала на вертикально-отклоняющие пластины и включает в себя входное устройство, линию задержки и усилитель  $A_y$ .

Входное устройство состоит из набора делителей напряжения со ступенчато изменяемым коэффициентом передачи и входного предварительного усилителя. Линия задержки необходима при исследовании импульсных сигналов для опережающего запуска генератора развертки. Усилитель  $A_y$  с симметричным выходом обеспечивает усиление сигнала, необходимое для отклонения луча ЭЛТ в пределах экрана по вертикали.

Основные параметры канала  $Y$ —коэффициент отклонения, полоса пропускания или время нарастания переходной характеристики и входные сопротивление и емкость.

Коэффициент отклонения  $K_\theta$  определяется как отношение входного напряжения  $u_y$  к значению отклонения луча  $h$  на экране ЭЛТ. Минимальное значение коэффициента отклонения ограничивается собственными шумами и дрейфом нуля усилителей канала  $Y$ .

Полоса пропускания или время нарастания *переходной характеристики* канала  $Y$  ограничивает быстродействие осциллографа. Они определяются постоянной времени  $\tau_y$ , равной произведению выходного сопротивления  $R_{iy}$  усилителя  $A_y$  и емкости отклоняющих пластин  $Y$  ( $\tau_y = R_{iy}C_y$ ). Для уменьшения  $\tau_y$  приходится увеличивать мощность усилителя.

Канал  $X$  предназначен создания и подачи на горизонтально-отклоняющие пластины напряжения развертки. Канал состоит из генератора пилообразного напряжения, усилителя  $A_x$  и устройства синхронизации и

развертки. Применяются автоколебательный, ждущий и одиночный виды разверток.

Автоколебательная развертка обеспечивается автоколебательным режимом генератора пилообразного напряжения. В этом режиме устройство синхронизации управляет периодом развертки  $T_x$  так, что в него укладывается целое число периодов исследуемого сигнала  $T_y$  ( $T_x = nT_y$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$ ).

Ждущая развертка реализуется с помощью ждущего режима работы генератора пилообразного напряжения. В этом режиме генератор, получив запускающий синхроимпульс, генерирует один период пилообразного колебания, затем ждет поступления следующего синхроимпульса. Ждущую развертку используют при исследовании редко повторяющихся импульсных сигналов.

Одиночная развертка осуществляется так же, как и ждущая, с тем отличием, что устройство синхронизации и запуска вырабатывает всего один запускающий импульс. Такую развертку применяют при фотографировании исследуемых сигналов.

Для измерения временных интервалов с повышенной точностью в специальных осциллографах применяют задержанную и задерживающую развертки.

*Задержанная развертка*—такой вид развертки, когда генератор пилообразного напряжения запускается с заданной задержкой после запускающего импульса. Время задержки этой развертки задается оператором с помощью другого генератора сигнала задерживающей развертки.

Предварительное исследование всего сигнала производится при использовании генератора задерживающей развертки. Затем, если необходимо более детально исследовать какую-то часть сигнала, оператор задает начало интересующего его участка путем установки порогового напряжения. В тот момент, когда напряжение генератора задерживающей развертки становится равным пороговому напряжению, запускается генератор

задержанной развертки, который обеспечивает развертку в несколько раз быстрее задерживающей.

Канал  $Z$  обеспечивает возможность управлять яркостью изображения на экране ЭЛТ. Сигнал управления яркостью подается на модулятор ЭЛТ. Например, если на вход этого канала подается последовательность прямоугольных импульсов, то изображение представляется не как сплошная линия, а как последовательность светящихся точек. Канал  $Z$  используется в основном для яркостной отметки характерных участков осциллограммы.

*Калибраторы амплитуды и длительности* представляют собой генераторы сигнала с точно заданными амплитудой и периодом. Калибровочный сигнал подается на вход  $Y$  осциллографа. Изменением коэффициента усиления усилителей канала  $Y$  устанавливается нужный коэффициент отклонения  $K_c$ . Изменением скорости нарастания напряжения развертки устанавливается масштаб по оси  $x$ .

Универсальные осциллографы непригодны для исследования быстро протекающих процессов (импульсов нано- и пикосекундной длительности) из-за ограниченности полосы пропускания канала и малой скорости развертки. Для исследования быстрых процессов применяют скоростные осциллографы на трубках бегущей волны. Выпускают также стробоскопические осциллографы, принцип действия которых основан на преобразовании временного масштаба исследуемого импульса с помощью электронного стробоскопического преобразователя. После такого преобразования растянутый во времени сигнал может быть исследован универсальным осциллографом.

Такие параметры сигнала, как амплитуда, длительность времени нарастания и спада и др., по изображению на экране ЭЛТ приходится измерять визуально. Этот процесс мало точен, достаточно трудоемок и утомителен. Существенное повышение точности и производительности измерений дает

применение цифровых осциллографов, реализуемых с применением микропроцессоров (МП).

### 3.6 Цифровые осциллографы

Обобщенная схема цифрового осциллографического устройства показана на рисунке 3.8.

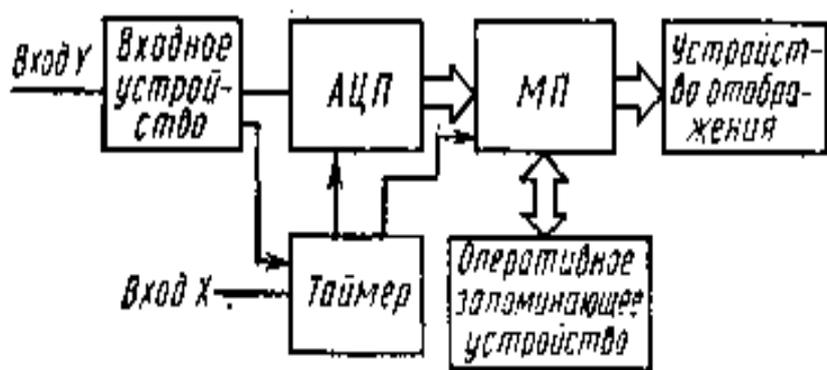


Рисунок 3.8 (26.8)

Входное устройство ВУ нормирует входной сигнал, смещая его и усиливая до значений, пригодных для преобразования в цифровую форму. Коэффициенты нормирования входного сигнала могут устанавливаться вручную или выбираться автоматически по командам микропроцессора. Входное устройство вырабатывает также сигналы синхронизации и запуска осциллографа.

На аналого-цифровой преобразователь АЦП подается сигнал определенной амплитуды. С выхода АЦП на МП поступает цифровой код преобразованного сигнала. Метрологические параметры цифрового осциллографа—быстродействие и точность в основном определяются параметрами АЦП, поэтому в осциллографах используются наиболее точные преобразователи. Метки времени—тактовые и цикловые импульсы—вырабатывает таймер  $T$ —функциональный узел, в состав которого входят генератор тактовых импульсов и формирователи других необходимых

сигналов времени. Сигналы синхронизации, поступающие на таймер с входного устройства, могут использоваться для подстройки частоты и фазы генерируемых импульсов и для запуска генератора.

Микропроцессор в цифровом осциллографе осуществляет общее управление работой всех функциональных узлов. Наличие МП позволяет осуществлять адаптивное согласование параметров осциллографа с параметрами исследуемого сигнала (адаптивная дискретизация, адаптивное квантование). Микропроцессор применяют также для расчета параметров сигнала (например, длительностей и времен нарастания импульсов, амплитуд), для цифровой фильтрации и других преобразований.

Назначение оперативного запоминающего устройства (ОЗУ)—запомнить и хранить массивы данных, отображающих входной сигнал.

Типовой цикл работы цифрового осциллографа состоит из циклов записи и наблюдения. Во время цикла записи поступающий на вход осциллографа аналоговый сигнал преобразуется в цифровой и запоминается в ОЗУ.

Во время цикла наблюдения цифровой сигнал считывается с ОЗУ и подается на устройство отображения.

Разделение во времени циклов записи и наблюдения позволяет исследовать одиночные импульсы, осуществлять трансформацию временного масштаба сигнала путем изменения скорости считывания, отдельно выделять наиболее интересные участки сигнала, а также подвергать сигнал заданной обработке. Типовым примером такой обработки является цифровая фильтрация сигнала, применяемая для подавления помех.

В цифровых осциллографах используются устройства отображения на ЭЛТ и на матричных индикаторных панелях. В первом случае цифровые сигналы с помощью ЦАП преобразуются в аналоговые и подаются на отклоняющие пластины трубки.

При отображении на матричной индикаторной панели коды отсчетов сигнала через дешифратор поступают на соответствующие элементы панели.



Рисунок 3.9 (26.9)

*Измерение параметров и характеристик радиоэлектронных цепей* реализуется по обобщенной схеме, показанной на рисунке 3.9. На вход исследуемой цепи подается сигнал от измерительного генератора. С выхода цепи сигнал поступает на измеритель параметров сигнала. Параметры исследуемой цепи определяются путем сравнения параметров сигналов на выходе и входе цепи. Например, измеряемая амплитудно-частотная характеристика определяется частотной зависимостью отношения амплитуд выходного и входного сигналов, фазочастотная характеристика—частотной зависимостью разности фаз выходного и входного гармонических сигналов. Промышленность выпускает специализированные измерители параметров и характеристик цепей.

## 4 ВОЛЬТМЕТР УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ

### 4.1 Назначение

Вольтметры универсальные цифровые (в дальнейшем вольтметры) GDM-8245, GDM-8246 предназначены для измерения постоянного и переменного напряжения, силы постоянного и переменного тока, сопротивления постоянному току, емкости, частоты, испытания р-n переходов полупроводниковых приборов, прозвона цепей. Вольтметры обеспечивают измерение среднеквадратического значения переменного напряжения и тока произвольной формы (True RMS), измерение переменного напряжения и тока со смещением (True RMS AC+DC).

Вольтметры имеют две цифровых шкалы, позволяющих одновременно отображать:

- уровень переменного напряжения и частоту;
- уровень напряжения (постоянное и переменное) в абсолютных (В) и относительных (дБм) единицах;
- уровень постоянного напряжения и уровень пульсаций (только GDM-8246).

Вольтметры обеспечивают регистрацию максимальных и минимальных значений,  $\Delta$ -измерения, удержание показаний. Вольтметр GDM-8246 дополнительно обеспечивает автоудержание показаний, допусковый контроль (компарирование) при измерении постоянного и переменного напряжения и тока, сопротивления и емкости.

Вольтметр GDM-8246 обеспечивает связь с внешними устройствами через интерфейсы RS-232 (стандартная комплектация), GPIB (опция).  
Функциональные особенности вольтметров:

- максимально индицируемое число на основной шкале составляет 50000;
- базовая погрешность (при измерении постоянного напряжения) составляет  $\pm 0,02 \%$  (GDM-8246),  $\pm 0,03 \%$  (GDM-8245);
- автоматический и ручной выбор диапазона измерения;
- измерение тока до 20 А;
- измерение напряжения до 1200 В;
- выбор опорного сопротивления при измерениях в дБм (только GDM-8246);
- верхняя граница рабочей полосы частот 100 кГц (GDM-8246), 50 кГц (GDM-8245);
- сохранение параметров профиля после выключения питания (только GDM-8246);
- обеспечение интерфейсных функций по стандартам RS-232, GPIB (только GDM-8246).

Вольтметры могут применяться для контроля и измерения электрических параметров при производстве и ремонте радиоэлектронной аппаратуры и электрорадиоэлементов, при научных и экспериментальных исследованиях в лабораторных и цеховых условиях.

Вольтметры предназначены для работы от сети переменного тока:

- GDM-8246: (100  $\pm$  10) В, (120  $\pm$  12) В, (220  $\pm$  22) В, (230  $\pm$  23) В;
- GDM-8245: (115  $\pm$  17) В, (230  $\pm$  35) В;

частотой (50  $\pm$  0,5) Гц, (60  $\pm$  0,5) Гц, с содержанием гармоник до 5 %.

## 4.2 Технические данные

1 Вход прибора при измерении постоянного и переменного напряжения изолирован от корпуса. Максимальное напряжение между входом СОМ и корпусом: постоянное 500 В; переменное 500 В (пиковое значение).

2. Основной индикатор – семисегментный, светодиодный, максимально индицируемое число - 50000.

3. Дополнительный индикатор семисегментный светодиодный, 4 разряда.

4. Вольтметр обеспечивает свои технические характеристики в пределах норм после времени прогрева, равного 30 минутам.

5. Параметры вольтметра соответствуют техническим характеристикам при питании от сети с напряжением:

115/230 В  $\pm 15$  % и частотой 50/60 Гц (GDM-8245);

100/120/220/230 В  $\pm 10$  % и частотой 50/60 Гц (GDM-8246).

6. Мощность, потребляемая прибором от сети переменного тока при номинальном напряжении, не превышает

8,0 В\*А; 6,0 Вт (GDM-8245);

12,5 В\*А; 10,5 Вт (GDM-8246).

7. Прибор допускает непрерывную работу в рабочих условиях эксплуатации в течение 8 часов.

8. Нормальные условия эксплуатации: температура от 0 до 50 °С, относительная влажность до 80 %.

9. Рабочие условия эксплуатации: температура от 0 до 50 °С, относительная влажность до 90 % в интервале от 0 °С до 35 °С и до 50 % в интервале от 35 °С до 50 °С. При измерении сопротивления постоянному току на пределах 2 МОм и 20 мОм - относительная влажность до 80 % в интервале от 0 до 35 °С.

10. Условия хранения: от минус 10 °С до 70 °С.

11. Габаритные размеры (мм): 91 (высота) x 251 (ширина) x 291 (глубина).

12. Масса (кг): приблизительно 2,6.

### 4.3 Органы управления и индикации

Таблица 4.1 - Назначение органов управления и индикации передней панели GDM-8245

№	Обозначение	Назначение
1	POWER	Включение/выключение питания
2	DCV / DCmV	1. [DCV] выбор режима измерения постоянного напряжения (> 500 мВ) 2. [Shift]+[DCmV] выбор режима измерения постоянного напряжения (< 500 мВ)
3	DCA / DC 20A	1. [DCA] выбор режима измерения постоянного тока (< 2 А) 2. [Shift]+[DC 20 А] выбор режима измерения постоянного тока (> 2 А)
4	ACV / ACmV	1. [ACV] выбор режима измерения переменного напряжения (> 500 мВ) 2. [Shift]+[ACmV] выбор режима измерения переменного напряжения (< 500 мВ)
5	ACA / AC 20A	1. [ACA] выбор режима измерения переменного тока (< 2 А) 2. [Shift]+[AC 20 А] выбор режима измерения переменного тока (> 2 А)
6	Q	Выбор режима измерения сопротивления
7	AC+DC / AC+Hz	1. [AC+DC] выбор режима измерения переменного сигнала со смещением 2. [Shift]+[AC+Hz] выбор режима измерения переменного напряжения (тока) и частоты
8	»»)/диод--	1. »») выбор режима прозвона цепи 2. . [Shift]+[ диод ] выбор режима испытания p-n переходов
9	C/dBm	1. [C] выбор режима измерения емкости 2. [Shift]+[dBm] выбор режима измерения относительного напряжения

10	MAX/MIN	Включение режима регистрации максимальных/минимальных значений
11	HOLD / REL	1. [HOLD] включение режима удержания показаний 2. [Shift]+[REL] включение режима А-измерений
12	A	Выбор большего предела измерения в ручном режиме
13	T	Выбор меньшего предела измерения в ручном режиме
14	AUTO / MAN	Переключение автоматический/ручной выбор предела измерения
15	SHIFT	Кнопка-префикс
16	2 A 250V	Держатель предохранителя измерительной цепи по току
17	COM, 20 A, 2 A, V- $\Omega$	COM- V- $\Omega$ - измерение напряжения, сопротивления, емкости COM-2 A (20 A) - измерение тока до 2 A (> 2 A)
18		Основная цифровая шкала
19		Дополнительная цифровая шкала

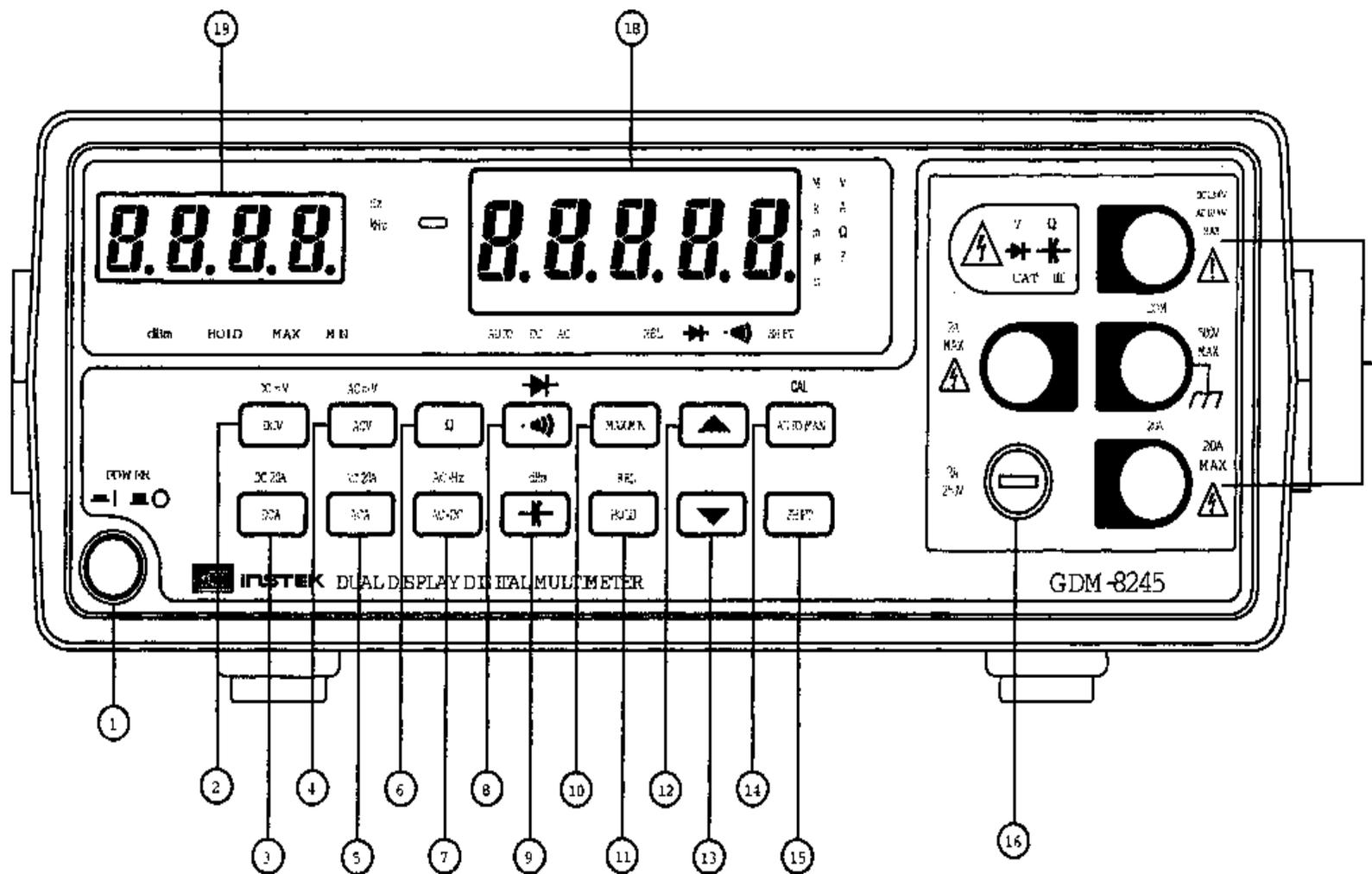


Рисунок 4.1- Передняя панель GDM-8246

Таблица 4.2 - Назначение органов управления и индикации передней панели GDM-8246

№	Обозначение	Назначение
1	POWER	Включение/выключение питания
2	DCV / DCmV / HI	1. [DCV] выбор режима измерения постоянного напряжения (> 500 мВ) 2. [Shift]+[DCmV] выбор режима измерения постоянного напряжения (< 500 мВ) 3. [Shift]+[Set]+[Hi] задание верхней границы режима компарирования
3	DCA / DC 20A	1. [DCA] выбор режима измерения постоянного тока (< 2 А) 2. [Shift]+[DC 20 A] выбор режима измерения постоянного тока (> 2 А)
4	ACV/ACmV/ LO	1. [ACV] выбор режима измерения переменного напряжения (> 500 мВ) 2. [Shift]+[ACmV] выбор режима измерения переменного напряжения (< 500 мВ) 3. [Shift]+[Set]+[Lo] задание нижней границы режима компарирования
5	ACA/AC20A	1. [ACA] выбор режима измерения переменного тока (< 1 А) 2. [Shift]+[AC 20 A] выбор режима измерения переменного тока (> 2 А)
6	Ω/диод/REF Ω	1. [Ω] выбор режима измерения сопротивления 2. [Shift]+[ диод ] выбор режима испытания р-п переходов 3. [Shift]+[Set]+[REF Ω] задание опорного сопротивления при измерении отн. напряжения

7	AC+DC/ /RIPPLE Hz	<p>1. [AC+DC] выбор режима измерения переменного сигнала со смещением</p> <p>2. [Shift]+[Hz] выбор режима измерения переменного напряжения (тока) и частоты</p> <p>3. [Shift]+[Set]+[Ripple] выбор режима измерения постоянного напряжения и уровня пульсаций</p>
8	»»» /REL/RS232	<p>1.[   »»»] выбор режима прозвона цепи</p> <p>2. [Shift]+[Rel] выбор режима Δ-измерений</p> <p>3. [Shift]+[Set]+[RS232] выбор скорости передачи через интерфейс RS-232</p>
9	C/dBm	<p>1. [C] выбор режима измерения емкости</p> <p>2. [Shift]+[dBm]выбор режима измерения относительного напряжения</p>
10	MAX- MIN/COMP/ GP1B	<p>1. [Max-Min] включение режима регистрации максимальных/минимальных значений</p> <p>2. [Shift]+[Comp] включение режима компарирования</p> <p>3. [Shift]+[Set]+[GP1B] задание адреса устройства при работе в АИС</p>
11	HOLD/AUTO HOLD	<p>1. [HOLD] включение режима удержания показаний</p> <p>2. [Shift]+[AutoHold] включение режима автоудержания показаний</p>
12	Δ	<p>1. Выбор большего предела измерения в ручном режиме</p> <p>2. Выбор параметра «вперед» в режимах: опорное сопротивление, RS-232, GPIB</p> <p>3. Установка значений границ допуска в режиме компарирования</p>
13	▼	<p>1.     Выбор меньшего предела измерения в ручном режиме</p>

		<p>2. Выбор параметра «назад» в режимах: опорное сопротивление, RS-232, GPIB</p> <p>3. Выбор разряда величины допуска в режиме ком <math>\Omega</math> парирования</p>
14	AUTO / MAN	Переключение автоматический/ручной выбор предела измерения
15	SHIFT	Кнопка-префикс
16	2 A 250V	Держатель предохранителя измерительной цепи по току
17	COM, 20 A, 2 A, V- $\Omega$	<p>COM- V-<math>\Omega</math> - измерение напряжения, сопротивления, емкости</p> <p>COM-2 A (20 A) - измерение тока до 2 A (&gt; 2 A)</p>
18		Основная цифровая шкала
19		Дополнительная цифровая шкала

**Кнопки двойного назначения.** Часть кнопок на лицевой панели прибора имеют двойное назначение - основное и дополнительное. Основной режим указан непосредственно на кнопке, дополнительный - над кнопкой и выделен синим цветом.

Основной режим включается нажатием соответствующей кнопки. Для включения дополнительного режима необходимо сначала нажать кнопку префикса [SHIFT], при этом включается индикатор SHIFT, а затем - соответствующую кнопку.

**Органы индикации.** В случае перегрузки по измерительному входу на основной шкале отображается "-OL-".

При измерении частоты в режиме измерения переменного напряжения/тока, когда входной уровень меньше порога чувствительности, на дополнительной шкале отображается "—". Когда частота входного сигнала превысит 51 кГц - на основной шкале отображается "-----".

**Указание мер безопасности.** К работе с прибором допускаются лица, ознакомившиеся с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации прибора, а также прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Помните - **в приборе имеются напряжения опасные для жизни.** Перед началом эксплуатации прибора внимательно ознакомьтесь с настоящим разделом.

**Общие требования по технике безопасности.** Соблюдение следующих правил безопасности значительно уменьшит возможность поражения электрическим током:

1. Старайтесь не подвергать себя воздействию высокого напряжения - это опасно для жизни. Снимайте защитный кожух и экраны только по мере необходимости. Не касайтесь высоковольтных конденсаторов сразу после выключения прибора, помните, что напряжения на них сохраняется в течение 3-5 минут.

2. Постарайтесь использовать только одну руку (правую) при регулировке цепей, находящихся под напряжением. Избегайте небрежного контакта с любыми частями оборудования, потому что эти касания могут привести к поражению высоким напряжением.

3. Работайте по возможности в сухих помещениях с изолирующим покрытием пола или используйте изолирующий материал под вашим стулом и ногами. Если оборудование переносное, поместите его при обслуживании на изолированную поверхность.

4. Внимательно изучите цепи, с которыми Вы работаете, для того чтобы избегать участков с высокими напряжениями. Помните, что электрические цепи могут находиться под напряжением даже после выключения оборудования.

5. Для исключения поражения электрическим током и порчи оборудования прибор перед началом эксплуатации должен быть надежно заземлен.

6. Никогда не работайте один. Необходимо чтобы в пределах досягаемости находился персонал, который сможет оказать Вам первую помощь.

## **4.4 Порядок работы и выполнение измерений**

### ***4.4.1 Измерение напряжения***

Режимы измерения: DCV, ACV, DCmV, ACmV.

1. Включить соответствующий режим измерения.
2. Используя клавишу [AUTO/MAN], установить автоматический или ручной режим выбора предела измерения.
3. Подсоединить измерительные провода к входам V (красный) и COM (черный).

4. Подключить измерительные щупы параллельно схеме измерения и считать результат с дисплея.

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ.** Если после измерения напряжения  $> 1000$  В сразу измерять напряжение  $< 100$  мкВ, то возможно появление дополнительных погрешностей. Для повышения точности измерений в этом случае необходимо выдержать паузу в течении 1 минуты

#### **4.4.2 Измерение тока**

Режимы измерения: DCA, ACA, DC20 A, AC20 A.

1. Включить соответствующий режим измерения.
2. Используя клавишу [AUTO/MAN], установить автоматический или ручной режим выбора предела измерения.
3. Подсоединить измерительные провода к входам 2 А или 20 А (красный) и СОМ (черный).
4. Подключить измерительные щупы последовательно схеме измерения и считать результат с дисплея.

#### **4.4.3 Измерение сопротивления, емкости, прозвонка целостности цепи**

Режимы измерения:  $\Omega$ ,

1. Включить соответствующий режим измерения.
2. Используя клавишу [AUTO/MAN], установить автоматический или ручной режим выбора предела измерения.
3. Подсоединить измерительные провода к входам  $\Omega$ , *емкость*(красный) и СОМ (черный).
4. Подключить измерительные щупы параллельно схеме измерения и считать результат с дисплея.

#### **4.4.4 Измерение емкости**

Режимы измерения: *емкость*

1. Включить соответствующий режим измерения.

2. Используя клавишу [AUTO/MAN], установить автоматический или ручной режим выбора предела измерения.

Примечание, для автоматического выбора пределов измерений емкости выберите верхний предел измерений, подключите конденсатор нажмите AUTO

3. Подсоединить измерительные провода к входам  $\Omega$ , емкости- (красный) и COM (черный).

4. Подключить измерительные щупы параллельно схеме измерения и считать результат с дисплея.

#### **4.4.5 Испытание p-n перехода**

Режим измерения:  $\blacktriangleleft$ .

1. Включить режим измерения.

2. Подсоединить измерительные провода к входам  $\blacktriangleleft$ (красный) и COM (черный).

3. Подключить измерительные щупы к p-n переходу: красный к «+», черный к «-». Считать результат с дисплея.

#### **4.4.6 Измерение относительного уровня по мощности дБм (для GDM-8245)**

Режим измерения: dBm.

Данный режим доступен только при измерениях напряжения (DCV, ACV, DCmV, ACmV, AC+DC). Одновременное использование режимов dBm и AC+Hz невозможно.

Для включения режима нажать клавиши [SHIFT] + [dBm]. При этом на дополнительной шкале результат измерения отображается в дБм, на основной шкале - в В, мВ. Измерение осуществляется относительно опорного сопротивления 600 Ом.

Выключение режима - повторным нажатием клавиш [SHIFT] + [dBm].

#### **4.4.7 Измерение относительного уровня по мощности дБм (для GDM-8246)**

Режим измерения: dBm.

Данный режим доступен только при измерениях напряжения (DCV, ACV, DCmV, ACmV, AC+DC). Одновременное использование режимов dBm и AC+Hz невозможно.

Для включения режима нажать клавиши [SHIFT] + [dBm]. При этом на дополнительной шкале результат измерения отображается в дБм, на основной шкале - в В, мВ. Измерение осуществляется относительно предварительно заданного опорного сопротивления.

Для задания опорного сопротивления необходимо:

1. Нажать последовательно клавиши [SHIFT] + [SET].
2. Нажать кнопку [REF Ω] для выбора опорного сопротивления. На дисплее будет присутствовать ранее заданное значение сопротивления
3. Набор необходимого значения сопротивления осуществляется кнопками «!!!» и «▼». Выбор сопротивления осуществляется в соответствии с Таблица 3.3-4.
4. После установки заданного значения, нажмите кнопку [ENTER] или кнопку [SHIFT] для удаления набранных значений. Выключение режима измерения относительного уровня по мощности осуществляется повторным нажатием клавиш [SHIFT] + [dBm].

#### **4.4.8 . Измерение частоты**

Режим измерения. AC+Hz.

Данный режим доступен только при измерениях переменного напряжения и тока (ACV, ACmV, ACA, AC20 A). Одновременное использование режимов AC+Hz и dBm невозможно.

Для включения режима нажать клавиши [SHIFT] + [AC+Hz]. При этом на дополнительной шкале будет отображаться частота входного сигнала, если уровень сигнала выше порога чувствительности.

Измерение частоты обеспечивается при регистрации min/max значений, Д-измерениях, удержании показаний.

Выключение режима - повторным нажатием клавиш [SHIFT] + [AC+Hz].

#### **4.4.9 Измерение полного сигнала**

Режим измерения: AC+DC.

Данный режим доступен только при измерениях напряжения и тока (DCV, ACV, DCmV, ACmV, DCA, ACA, DC20A, AC20 A. Для включения режима нажать клавишу [AC+DC]. При этом на основной шкале будет отображаться точное среднеквадратичное значение уровня входного сигнала, содержащего постоянную и переменную составляющие (Total RMS).

В данном режиме скорость измерения ниже.

Для выключения режима - нажать клавишу любого режима измерения.

#### **4.4.10 Измерение max/min значений**

Режим измерения: MAX/MIN.

Режим обеспечивает регистрацию и удержание наибольших или наименьших значений с момента активизации данного режима.

При нажатии клавиши [MAX/MIN] включается режим MAX, при котором показания основной шкалы будут изменяться только при увеличении входного сигнала. При нажатии клавиши [MAX/MIN] в режиме MAX включается режим MIN, при котором показания основной шкалы будут изменяться только при уменьшении входного сигнала.

Для выключения режима - нажать клавишу [MAX/MIN] в режиме MIN.

#### **4.4.11 Δ-измерения**

Режим измерения: REL.

Режим включается нажатием клавиш [SHIFT] + [REL]. При этом значение входной величины записывается в память, а показание основной шкалы обнуляется. В режиме Δ-измерений на дисплей выводится результат разности между входным значением и значением из памяти.

В режиме MAX/MIN режим REL обеспечивает регистрацию приращения (с учетом знака) входной величины.

Выключение режима- повторным нажатием клавиш [SHIFT] + [REL].

#### **4.4.12 Удержание показаний**

Режим измерения: HOLD.

Режим используется в тех случаях, когда необходимо полностью сосредоточиться на самом процессе измерения, например, в труднодоступном месте или при повышенной опасности, после чего в благоприятных условиях считать результат. Удержание показаний доступно во всех режимах измерений.

Режим включается нажатием клавиши [HOLD]. При этом последнее измеренное значение фиксируется на дисплее.

Выключение режима- повторным нажатием клавиш [HOLD].

#### **4.4.13 Автоматическое удержание показаний (только для GDM-8246)**

Режим измерения: AUTOHOLD.

Режим используется в тех случаях, когда необходимо полностью сосредоточиться на самом процессе безопасного подключения измерительных щупов к схеме измерения для предотвращения поражения электрическим током, например, в труднодоступном месте или при повышенной опасности, после чего в благоприятных условиях считать результат. Удержание показаний доступно во всех режимах измерений.

Режим включается нажатием клавиши [SHIFT] + [AUTOHOLD]. При этом на дисплее будут фиксироваться только показания большие чем  $I_{\text{ц}}$  от установленного предела измерения или больше чем на 200 единиц младшего разряда по сравнению с предыдущим значением. При уменьшении входной величины менее, чем на 10% от установленного предела измерения и более чем на 0,8% от установленного предела измерения предел измерения автоматически изменится в сторону уменьшения.

Выключение режима - повторным нажатием клавиш [SHIFT] + [AUTOHOLD].

#### **4.4.14 Режим допускового контроля (только для GDM-8246)**

Режим измерения: COMPARE.

Режим используется в тех случаях, когда во время измерения необходимо производить анализ на соответствие полученной величины, установленным минимальным и максимальным значениям (допусковый контроль). В режиме допускового контроля на вспомогательном дисплее будет присутствовать надпись «Hi», когда измеренное значение превышает заданный предел; «Lo» когда измеренное значение находится ниже заданного предела и «Pass», когда измеренное значение находится в пределах заданного допуска.

Данный режим может быть использован при следующих измерениях: DCV, DCmV, ACV, ACmV. AC+DC, DCA, DC 20A. ACA, ACA 20A, измерение сопротивления и емкости.

Для включения режима допускового контроля необходимо:

1. Выбрать необходимый режим измерения и предел измерения.
2. Установить верхний и нижний пределы, для этого нажмите последовательно клавиши [SHIFT] + [SET] + [HI], для задания верхнего предела или клавиши [SHIFT] + [SET] + [LO], для задания Нижнего предела. На дисплее будет присутствовать записанное ранее значение. Если на дисплее установить значение больше, чем 50000 дисплей покажет числа 60000.
3. Набор необходимого значения верхнего (нижнего) предела осуществляется кнопками «!!!» и «!!!!». Перемещение от старшего разряда к младшему осуществляется нажатием на кнопку «!!!», при этом корректируемый разряд будет мигать. Измерение значения выбранного разряда осуществляется нажатием на кнопку «▼», при этом будет происходить измерение значения в сторону увеличения.
4. После установки заданного значения нажмите кнопку [ENTER] или кнопку [SHIFT] для удаления набранных значений.

#### **4.4.15 Измерение уровня пульсаций (только для GDM-8246)**

При измерении постоянного напряжения на пределах 5/50/500 В дополнительную шкалу можно использовать для отображения уровня переменной составляющей (пульсации), для этого в режиме измерения постоянного напряжения нажмите последовательно кнопки [SHIFT] + [RIPPLE]. Основной дисплей будет индицировать измеренное показание постоянного напряжения на вышеуказанных пределах, а вспомогательный дисплей будет индицировать измеренное значение пульсации на пределе измерения 500 мВ переменного напряжения в диапазоне частот до 100кГц.

Для выхода из этого режима нажмите кнопку [RIPPLE] еще раз.

## **5.ОСЦИЛЛОГРАФ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ (GOS -620/ 620 FG) ДВУХКАНАЛЬНЫЙ СО ВСТРОЕННЫМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ**

### **5.1 Назначение**

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для лиц, работающих с прибором, а также для обслуживающего и ремонтного персонала.

Руководство включает в себя все данные о приборе, указания по работе.

Все радиоэлементы, встречающиеся в руководстве, обозначены позиционными номерами в соответствии со схемой электрической принципиальной. При изучении прибора следует пользоваться комплектом принципиальных электрических схем.

В связи с постоянной работой по совершенствованию изделия, повышающей его надежность и улучшающей условия эксплуатации, в конструкцию могут быть внесены незначительные изменения, не отражённые в настоящем издании.

При эксплуатации прибора в условиях тропического климата необходимо эксплуатировать его в помещении с кондиционированием воздуха. При эксплуатации прибора в помещении без кондиционирования воздуха необходимо дополнительное предварительное включение прибора на время не менее двух часов с целью его прогрева.

#### ***Описание.***

GOS-620 и GOS-620FG это двухканальный осциллограф со встроенным многофункциональным генератором. Полоса пропускания осциллографа 20 МГц, максимальная чувствительность 1 мВ/дел, минимальный коэффициент развёртки 0,2 мкс/дел. Возможно, установление времени развертки 100 нс/дел

при растяжке в 10 раз. Осциллограф имеет 6-дюймовую (12,5 см) прямоугольную электронно-лучевую трубку с красной внутренней шкалой.

Осциллограф прост в управлении, и имеет высокую эксплуатационную надежность.

### ***Особенности.***

1) Высокая интенсивность свечения, высокое напряжение ускорения анода:

ЭЛТ, с высокой яркостью и напряжением ускорения анода 2 кВ. Это способствует четкому изображению даже при высоких скоростях развертки.

2) Широкая полоса пропускания и высокая чувствительность:

Осциллограф обеспечивает полосу пропускания 20 МГц и чувствительность от 5 мВ/дел (1 мВ/дел с растяжкой в 5 раз).

3) Синхронизация суммарным сигналом

Когда одновременно исследуются два разных сигнала разной частоты возможно получить устойчивую синхронизацию.

4) ТВ-синхронизация:

Осциллограф имеет фильтр синхронизации для автоматической синхронизации по ТВ-кадрам и ТВ-строкам.

5) Выход сигнала канала 1

Сигнал канала 1 с 50 Ом выходом может быть использован для подключения частотомера или другого измерительного прибора.

6) Z-вход

Яркость луча может управляться сигналом положительного уровня, например от ТТЛ логики.

7) режим X-Y

При переводе осциллографа в режим X-Y канал 1 используется как ось X, а вход канала 2 как ось Y.

8) Встроенный функциональный генератор имеет 50 Ом выход.

9) Генератор формирует три формы сигнала частотой до 1 МГц.

## 5.2 Технические данные

### Тракт вертикального отклонения

- 1) Коэффициенты отклонения каждого из каналов вертикального отклонения имеют значения от 5 мВ/дел до 5 В/дел в последовательности 1;2;5 с перекрытием не менее чем 2,5 раза. И от 1 мВ/дел до 1 В/дел при усилении в 5 раз.
- 2) Осциллограф обеспечивает плавную регулировку усиления с перекрытием не менее, чем в 2,5 раза.
- 3) Пределы допускаемого значения основной погрешности коэффициентов отклонения каждого из каналов 1 и 2:
  - ±3 % при выключенном усилении в 5 раз;
  - ±5 % при включенном усилении в 5 раз;
- 4) Полоса пропускания осциллографа при непосредственном входе для коэффициентов отклонения от 5 мВ/ дел до 5 В/дел составляет 20 МГц при выключенном усилении в 5 раз.

Полоса пропускания осциллографа при непосредственном входе при включенном усилении в 5 раз составляет 7 МГц. При подключении делителя 1:10, из комплекта осциллографа, в положении 1:1 полоса пропускания осциллографа составляет 6 МГц во всех положениях переключателя В/дел, в положении делителя 1:10, полоса пропускания осциллографа составляет для коэффициентов отклонения составляет 20 МГц при выключенном усилении и 7 МГц при включенном усилении в 5 раз.

- 5) Время нарастания переходной характеристики (ПХ) каждого из каналов вертикального отклонения при непосредственном входе составляют не более 17,5 нс для коэффициентов отклонения от 5 мВ/дел до 5 В/дел при выключенном усилении и 50 нс при включенном усилении.

Параметры входов каждого из каналов усилителя:

При непосредственном входе

активное сопротивление	1 МОм ± 2 %
Входная емкость	25±2 пФ
С делителем 1:10	
активное сопротивление	10 МОм ± 2 %
Входная емкость	23±2 пФ

Примечание: в положении делителя 1:1 параметры осциллографа составляют:

Полоса пропускания	6 МГц
активное сопротивление	1 МОм ± 2 %
Входная емкость	128±2 пФ

б) Осциллограф обеспечивает следующие режимы связи входного усилителя:

Закрытый вход (AC) - обеспечивает прохождение сигналов на вход усилителя вертикального отклонения с частотой более 10 Гц.

Открытый вход (DC) обеспечивает прохождение сигналов на вход усилителя вертикального отклонения во всей полосе частот, включая постоянную составляющую.

Вход усилителя закорочен на корпус (GND), входной сигнал не поступает на вход усилителя и физически отключен от входа усилителя.

7) Осциллограф обеспечивает следующие режимы работы усилителя:

- Наблюдение сигналов по каналам 1,2, 1 и 2. При наблюдении сигнала по каналам 1 и 2, возможна работа в режиме поочередно или попеременно. Частота переключения коммутатора в режиме попеременно составляет примерно 250 кГц.

- Суммы 1+2 при открытых и закрытых входах каналов 1 и 2
- Инвертирование сигнала в канале 2

Допускаемое суммарное значение постоянного и переменного напряжения на входе каждого из каналов усилителя:

на входе каждого из каналов усилителя	Не более 400 В
С делителем 1:10	Не более 600 В

при этом частота переменного напряжения не должна превышать значения 1 кГц.

- 8) Коэффициент ослабления синфазных сигналов составляет не менее 50:1 для синусоидального сигнала 50 кГц, при равной чувствительности канала 1 и канала 2.
- 9) Коэффициент развязки между каналами не менее 1000 при частоте входного сигнала 50 кГц и не менее 30 при частоте входного сигнала 20 МГц, в положении В/дел 5 мВ/дел.
- 10) Осциллограф имеет дополнительный выход канала 1 на задней панели с крутизной, приблизительно, 20 мВ/дел и 50 мВ/дел при выходном сопротивлении 50 Ом.

#### **Тракт горизонтального отклонения**

- 1) Коэффициент развертки осциллографа имеет значения от 0,2 мкс/дел до 0,5 сек/дел, в последовательности 1;2;5.
- 2) Осциллограф обеспечивает растяжку развертки в 10 (до 100 нс/дел).
- 3) Предел допускаемого значения основной погрешности коэффициентов развертки составляет:
  - $\pm 3\%$  при выключенной растяжке;
  - $\pm 5\%$  при включенной растяжке, за исключением значений 20 нс/дел и 50 нс/дел;
  - не калиброванное значение для 20 нс/дел и 50 нс/дел
- 4) Осциллограф обеспечивает плавную регулировку коэффициентов развертки с перекрытием не менее чем в 2.5раза.

## Синхронизация

1) Осциллограф обеспечивает следующие режимы запуска развертки:

- Автоматический, с ручной установкой уровня синхронизации, для сигналов с частотой не менее 40 Гц;

- Ждущая.
- TV-H - синхронизация по строкам;
- TV-V - синхронизация по кадрам;

2) Осциллограф обеспечивает следующие режимы синхронизации:

- Синхронизацию сигналом в канале 1 (канале 2), в одноканальном режиме;

- Синхронизацию сигналом в канале 1 (канале 2), в двухканальном режиме и режиме суммирования входных сигналов;
- Синхронизацию сигналом поочередно в канале 1 и канале 2, в двухканальном режиме и режиме суммирования входных сигналов;
- Синхронизацию от сети;
- Синхронизацию от внешнего источника.

3) Осциллограф обеспечивает изменение полярности сигнала синхронизации.

4) Внутренняя синхронизация обеспечивается при следующих уровнях входного сигнала:

в диапазоне частот входного сигнала 20 Гц ... 2 МГц      Не менее 0,5 дел

в диапазоне частот входного сигнала 2 МГц ... 20 МГц      1,5 дел

ТВ сигналом, при амплитуде импульса синхронизации      Не менее 1 В

Внешняя синхронизация обеспечивается при следующих уровнях входного сигнала:

в диапазоне частот входного сигнала 20 Гц ... 2 МГц      200 мВ

в диапазоне частот входного сигнала 2 МГц ... 20 МГц      800 мВ

Параметры входа внешней синхронизации:

активное сопротивление  $1 \text{ МОм} \pm 2 \%$

входная емкость  $25 \pm 2 \text{ пФ}$

- 5) Допускаемое суммарное значение постоянного и переменного напряжения на входе внешней синхронизации более 300 В, при этом частота переменного напряжения не должна превышать значения 1 кГц.

### **X-Y вход**

- 1) Осциллограф обеспечивает режим работы X-Y входа.
- 2) При этом входом оси X является сигнала подаваемый на вход канала 1, а входом оси Y является сигнала подаваемый на вход канала 2.
- 3) Ширина полосы пропускания составляет 0...500 кГц.
- 4) Фазовый сдвиг -  $\pm 3^\circ$  на частоте 50 кГц.

### **Z вход**

- 1) Осциллограф обеспечивает яркостную модуляцию входного сигнала (режим работы Z-вход).
- 2) Чувствительность входа Z составляет 5 В, яркость свечения увеличивается при подаче отрицательного напряжения.
- 3) Полоса пропускания в этом режиме составляет 2 МГц.
- 4) Допускаемое суммарное значение постоянного и переменного напряжения на входе внешней синхронизации не более 30 В, при этом частота переменного напряжения не должна превышать значения 1 кГц.
- 5) Активное сопротивление входа внешней модуляции яркости составляет не менее  $47 \text{ кОм} \pm 2 \%$ .

### **Параметры калибратора (предназначен только для калибровки делителей 1:10)**

Форма сигнала	Импульсный сигнал положительной полярности
Частота	$(1 \pm 0,02) \text{ кГц}$

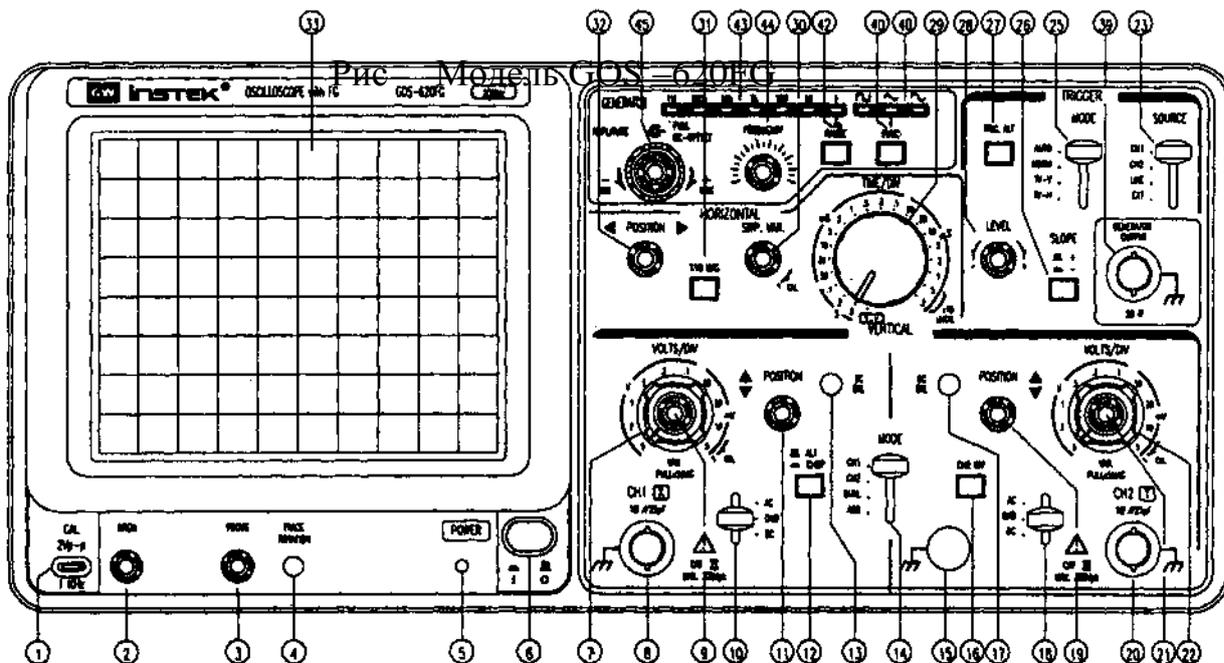
Отношение	В пределах 48:52
Амплитуда	(2±0,04) В
Выходное сопротивление	Приблизительно 1 кОм

### **ЭЛТ**

Тип шкалой	6-дюймовый прямоугольная с внутренней шкалой
Фосфор	P31
Напряжение ускорения анода	Приблизительно 2 кВ
Рабочая часть экрана	8 x 10 дел (1 дел = 10 мм)
Шкала	Внутренняя
Поворот луча	Обеспечивается

### **Функциональный генератор (только для GOS-620FG)**

- 1) Генератор обеспечивает формирование частот в диапазоне от 0,1 Гц до 1МГц на 7 поддиапазонах с перекрытием по частоте не менее 10:1.
- 2) Форма выходного сигнала:
  - Синус
  - Прямоугольник
  - Треугольник
- 3) Выходное сопротивление: (50 ± 5) Ом
- 4) Выходное напряжение не менее 14В; постоянное смещение ± 6 В
- 5) Коэффициент нелинейных искажений не более 2%; фазовый дрейф менее чем 1/33
- 6) Асимметрия сигнала прямоугольной формы не более 3% на частоте 1 кГц.
- 7) Время нарастания и спада сигнала прямоугольной формы не более 120 нс, на 50 Ом.



### 5.1 Назначение органов управления

Перевод обозначения органов управления.

(назначение органов управления см. далее в описании)

- |                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| 1. POWER             | СЕТЬ                               |
| 2. INTEN             | ЯРКОСТЬ                            |
| 3. TRACE             | ЛУЧ                                |
| 4. TRACE ROTATION    | ПОВОРОТ ЛУЧА                       |
| 5. FOCUS             | ФОКУС                              |
| 6. ILLUM             | ПОДСВЕТКА                          |
| 7. CAL               | КАЛИБРАТОР                         |
| 8. VERTICAL POSITION | ПОЛОЖЕНИЕ ПО ВЕРТИКАЛИ             |
| 9. VOLTS/DIV         | ВОЛЬТ/ДЕЛ                          |
| 10. VAR              | ПЛАВНО                             |
| 11. PULLx5MAG        | ТЯНУТЬ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ +<br>В 5 РАЗ |
| 12. CH1 CH2          | КАНАЛ1 КАНАЛ2                      |
| 13. AC/DC            | ПОСТОЯННЫЙ/ПЕРЕМЕННЫЙ              |

<b>14. GND</b>	<b>ЗЕМЛЯ</b>
<b>15. ALT/CHOP/ADD</b>	<b>ПОПЕРЕМЕННО/ПООЧЕРЕДНО/СУММА</b>
<b>16. INV</b>	<b>ИНВЕРСИЯ</b>
<b>17. HORIZONTAL POSITION</b>	<b>ПОЛОЖЕНИЕ ПО ГОРИЗОНТАЛИ</b>
<b>18. x10</b>	<b>РАСТЯЖКА 10 РАЗ</b>
<b>19. TRIGGER LEVEL</b>	<b>УРОВЕНЬ ЗАПУСКА</b>
<b>20. TRIGGER ALT</b>	<b>СЛОЖЕНИЕ СИГНАЛОВ</b>
<b>СИНХРОНИЗАЦИИ</b>	
<b>21. MODE</b>	<b>РЕЖИМ</b>
<b>22. SOURCE</b>	<b>ИСТОЧНИК</b>
<b>23. SLOPE</b>	<b>ПОЛЯРНОСТЬ</b>
<b>24. TV-V</b>	<b>ТВ СТРОКИ</b>
<b>25. TV-H</b>	<b>ТВ КАДРЫ</b>
<b>26. FREQUENCY</b>	<b>ЧАСТОТА</b>
<b>27. RANGE</b>	<b>ДИАПАЗОН</b>
<b>28. FUNC</b>	<b>ФОРМА СИГНАЛА</b>
<b>29. AMPLITUDE</b>	<b>АМПЛИТУДА</b>
<b>30. PULL DC-OFFSET</b>	<b>ТЯНУТЬ ПОСТОЯННОЕ</b>
<b>СМЕЩЕНИЕ</b>	

### **Расположение и назначение органов управления (передняя панель)**

#### **Цепи ЭЛТ:**

**(6) POWER** (Выключатель сетевого питания). Когда этот выключатель включен, загорается индикатор **(8)**.

**(2) INTEN** (яркость) Регулирует яркость изображения.

(3)**FOCUS** (фокус) Регулировка фокуса изображения.

(4)**TRACE ROTATION** (поворот) Регулировка изображения, параллельно линиям шкалы. (33) **FILTER** (Фильтр).

### **Органы управления тракта вертикального отклонения:**

(8) **CH 1(X)** (Канал 1) вход канала 1. В режиме X-Y, входной канал X-оси.

(20) **CH 2 (Y)** (Канал 2) вход канала 2. В режиме X-Y, входной канал Y-оси.

(10)(18) **AC-DC-GND** Переключатель режима входов усилителя.

AC: закрытый вход

DC: открытый вход

GND: Вход усилителя отключается от источника сигнала и заземляется.

(7)(22) **VOLTS/DIV** (вольт/дел) Устанавливают коэффициенты отклонения каналов от 5 мВ/дел до 5 В/дел в 10 диапазонах.

(9)(21) **VARIABLE** (плавно) Плавное изменение коэффициентов отклонения каналов с перекрытием не менее чем в 2.5 раза в каждом положении переключателей в/дел. Когда ручка вытянута (режим x5 раз) происходит увеличение амплитуды в 5 раз.

(13) (17) **CH 1 и CH2 DC BAL** балансировка каналов 1 и 2.

(11)(19) **POSITION** (положение) Регулировка положения лучей обеих каналов по вертикали. (16)

**INV CH 2** (инвертирование в канале 2) Инвертирование сигнала в канале 2

(14) **VERT MODE** (режимы) Переключатель режима работы усилителя в положениях:

CH 1: на экране наблюдается сигнал канала 1.

CH 2: на экране наблюдается сигнал канала 2.

**ALT:** на экране наблюдаются изображения сигналов обоих каналов.

**ADD:** На экране наблюдается алгебраическая сумма или разность (при нажатии кнопки CH 2 INV сигналов каналов 1 и 2.

**(12) ALT/CHOP** Когда кнопка отжата в двухканальном режиме, режим работы коммутатора выбирается автоматически исходя из положения ручки время/дел. При нажатии на кнопку коммутатор принудительно переключается в режим попеременный.

### **Органы управления синхронизации:**

**(23) EXT (EXT HOR)**(внешний). Вход внешней синхронизации и для подачи исследуемого сигнала непосредственно на входной усилитель X. Чтобы использовать этот вход переключите выключатель (23) в положение EXT. Для входа синхронизации используйте вход (24) на задней панели.

**(23) SOURCE** (источник). Выбирает режим внутренней синхронизации и внешней.

CH 1 (Канал 1)(X-Y): Развертка синхронизируется сигналом с первого канала.

CH 2 (Канал 2): Развертка синхронизируется сигналом со второго канала.

**(27) TRIG.ALT:** Развертка поочередно синхронизируется сигналом с 1-го и 2-го каналов.

**LINE** (сеть): Развёртка синхронизируется от сети

**EXT** (внешний): Развёртка синхронизируется внешним сигналом.

**(26) SLOPE** (полярность). Переключатель полярности синхронизирующего сигнала.

"+":Развёртки синхронизируются положительным перепадом исследуемого сигнала.

"-":Развёртки синхронизируются отрицательным перепадом исследуемого сигнала.

(28) **LEVEL** (уровень). Выбирает уровень исследуемого сигнала, при котором происходит запуск развёртки. |

(25) **TRIGGER MODE** выбор режима работы запуска развертки

**AUTO** если нет сигнала синхронизации или он меньше 25 Гц, развертка переходит в автоколебательный режим

**NORM** развертка запускается только при наличии входного сигнала

**TV-V** синхронизация по вертикали (по кадрам)

**TV-H** синхронизация по горизонтали (по строкам)

В обоих режимах полярность сигнала должна быть отрицательной

### **Органы управления развёрткой.**

(29) **ВРЕМЯ /ДЕЛ** устанавливает коэффициент развёртки от 0,2 мкс/дел до 0,5 с/дел 20 ступенями. При переводе в положение X-Y обеспечивается наблюдение фигур Лисажжу.

(30) **SWP.VAR** (развертка плавно) Обеспечивает плавную регулировку коэффициента развёртки с перекрытием 2.5 раза в каждом положении переключателя время/дел.

(32) **POSITION** (положение). Перемещает изображение по горизонтали.

(31) **x 10 MAG** (увеличение в 10). Скорость развёртки увеличивается в 10 раз.

### **Функциональный генератор.**

(39) **GENERATOR OUTPUT** Выход генератор 50 Ом

(40) **WAVEFORM SELECTOR** форма сигнала может быть изменена нажатием на кнопку, в последовательности синус-треугольник-прямоугольник-синус.

(41) **OUTPUT WAVEFORM DISPLAY** индикатор формы сигнала

(42) **FREQ RANGE** установка диапазона частоты выходного сигнала. При нажатии на кнопку выбирается диапазон 1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1кГц, 100 Гц, 10 Гц и 1 Гц.

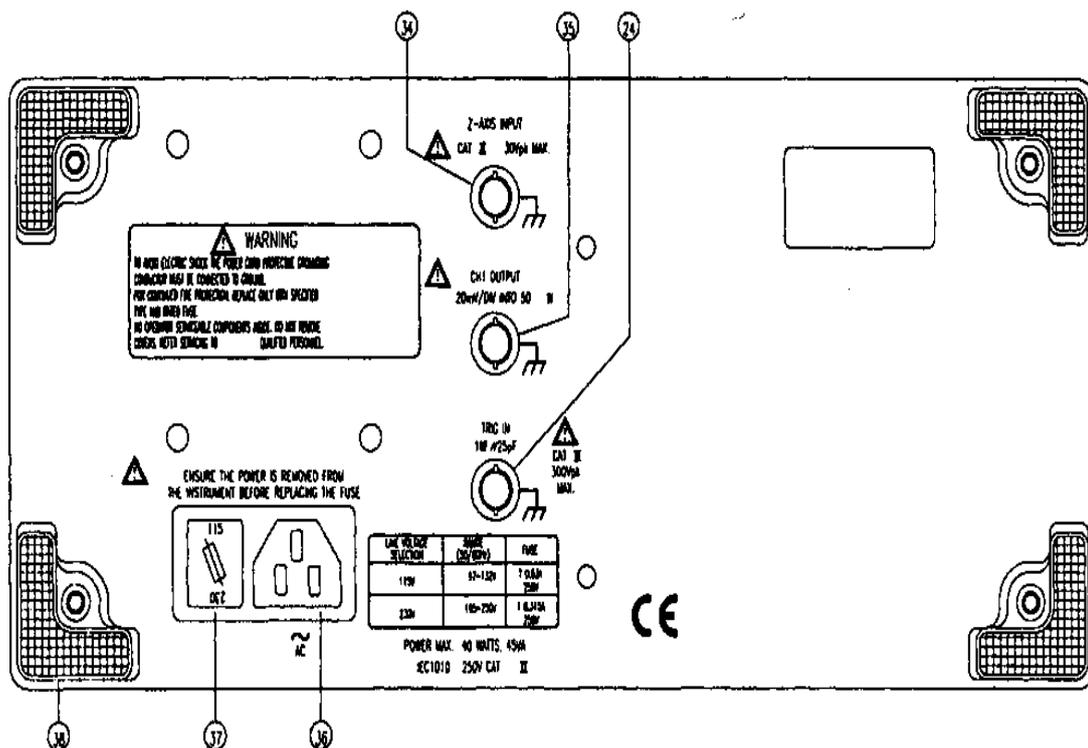
(43) **FREQUENCY RANGE DISPLAY** индикатор диапазона

(44) **FREQUENCY** при вращении ручки происходит плавная перестройка частоты

(43) **AMPLITUDE/DC LEVEL** вращение ручки изменяет амплитуду выходного сигнала. Если вытянуть ручку на себя и вращать, к выходному сигналу добавляется постоянная составляющая.

(1) **CAL** выход калибратора 2 В и частотой 1 кГц

(15) **GND** гнездо подключения заземления.



5.2 Расположение и назначение органов управления (задняя панель).

**(34)Z ВХОД.** Вход для подачи сигнала модулирующего яркость луча.

**(35)CH 1 (Канал 1) Signal Output.** Выход сигнала канала 1, с напряжением приблизительно 20 мВ/дел при нагрузке 50 Ом, для подключения частотомера или другого измерительного прибора.

**(24) EXT TRIG IN** вход сигнала внешней синхронизации

**(36)ВХОД СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ.** Подключите сетевой шнур к этому гнезду.

**(37)Предохранители.**

**(38)Ножки осциллографа.**

## **5.4 Порядок работы и проведение измерений**

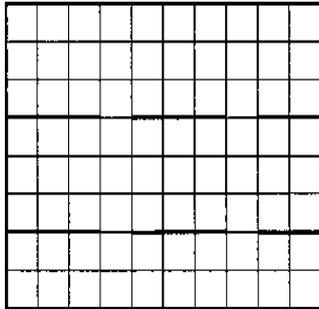
### **5.4.1 Подготовка к работе**

1. Приступая к работе с осциллографом, необходимо внимательно изучить все разделы настоящего руководства.
2. Перед включением осциллографа выполнить все меры безопасности, изложенные в разделе 4 настоящего руководства.
3. В случае большой разницы температур между складским и рабочим помещениями полученный со склада осциллограф перед включением выдерживать в нормальных условиях не менее 4 ч.
4. Проверить наличие предохранителей.
5. После длительного хранения или транспортирования в условиях повышенной влажности осциллографа перед включением выдержать в нормальных условиях не менее 8 ч.

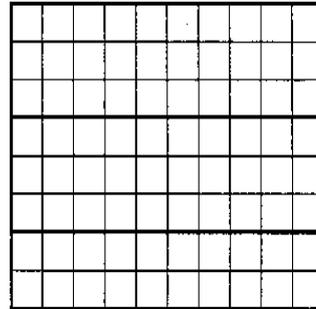
## 5.4.2 Проверка работоспособности осциллографа

1. Включите питание осциллографа и дайте прогреться в течение 15 минут.
2. Проверка яркости свечения луча.  
Вращение ручки «Яркость» по часовой стрелке должно приводить к увеличению яркости, против - к уменьшению.
3. Проверка фокуса.  
Переведите переключатель время/дел в положение X-Y. На экране появится точка. Вращением ручки «Фокус» установите минимальный размер точки на экране.
4. Проверка возможности поворота луча.  
Вращение ручки «TRACE ROTATION» должно приводить к повороту луча.
5. Проверка возможности перемещения луча.  
Вращение ручек «VERTICAL POSITION» и «HORIZONTAL POSITION» приводит к перемещению луча влево - вправо и вверх-вниз.
6. Проверка функционирования возможности регулировки канала вертикального отклонения.
  - 6.1 Подайте сигнал от встроенного калибратора на вход канала 1 и 2.
  - 6.2 Вращение ручек В/дел должно приводить к изменению амплитуды сигнала.
7. Проверка функционирования возможности регулировки канала горизонтального отклонения. Вращение ручек время/дел должно приводить к изменению скорости развертки.
8. Проверка работы коммутатора в режимах попеременно и поочередно.

8.1 Установите режим работы канал 1 и канал 2, переключатель время/дел в положение 0,5 сек/дел...5 мсек/дел, нажмите кнопку «СНОР» будет виден прерывистый след развертки как показано на рис.5.3 Переключатель время/дел в положение 2 мсек/дел...0,1 мсек/дел, отожмите кнопку «СНОР» будет виден непрерывный след развертки как показано на рис.5.4.



**Рисунок .5.3**



**Рисунок 5.4**

9. Проверка режима сложения сигнала от канала 1 и канала 2.  
Установите режим работы сложение канал 1 и канал 2 («ADD») две линии развертки на экране станут одной. Вращение ручек «VERTICAL POSITION» канала 1 и канала 2 приводит к перемещению луча вверх-вниз.
10. Проверка инверсии в канале 2.  
10.1 Подайте сигнал от встроенного калибратора на вход канала 2.  
Нажмите кнопку «инверсия» («INV»). Положение сигнала изменится на 180°.
11. Проверка растяжки развертки в 10 раз.  
При нажатии на кнопку x 10MAG (растяжка) линия развертки становится длиннее.
12. Проверка режима X-Y.  
Переведите переключатель время/дел в положение X-Y. На экране появится точка.
13. Проверка работы режимов развертки.

- 13.1 Нажмите кнопку «AUTO» появится линия развертки.
- 13.2 Нажмите кнопку «NORM» линия развертки исчезнет. При вращении ручки «Уровень» («Level») появится линия развертки.
14. Проверка возможности регулировки усиления канала вертикального отклонения и плавной регулировки длительности развертки.
- 15.1 Соедините выход генератора с входом осциллографа.
- 15.2 На экране ЭЛТ должен присутствовать сигнал.
- 15.3 Проверьте возможность переключения под диапазонов и плавной регулировки частоты.
- 15.4 Вращением ручки «амплитуда» проверьте возможность регулировки амплитуды выходного сигнала.
- 15.5 Вытяните ручку «амплитуда», проверьте возможность регулировки постоянного смещения сигнала.

### 5.4.3 Одноканальный режим.

Убедитесь перед включением прибора в соответствии положения переключателя напряжения сети. Установите органы управления осциллографа, как показано ниже:

<b>1 Наименование</b>	<b>Номер</b>	<b>Положение переключателя</b>
<b>POWER</b>	<b>(6)</b>	Отжат
<b>INTEN</b>	<b>(2)</b>	Среднее положение
<b>FOCUS</b>	<b>(3)</b>	Среднее положение
<b>VERT MODE</b>	<b>(39)</b>	CH1
<b>ALT/CHOP</b>	<b>(12)</b>	Отжат (ALT)
<b>CH2INV</b>	<b>(16)</b>	Отжат
<b>POSITION</b>	<b>(11)(19)</b>	Среднее положение

<b>VOLTS/DIV</b>	<b>(7)(22)</b>	0,5 В/дел
<b>VARIABLE</b>	<b>(9)(21)</b>	CAL (по часовой стрелке)
<b>AC-DC-GND</b>	<b>(10) (18)</b>	GND
<b>SOURCE</b>	<b>(23)</b>	CH1
<b>SLOPE</b>	<b>(26)</b>	+
<b>TRIG ALT</b>	<b>(27)</b>	Отжат
<b>TRIGGER MODE</b>	<b>(28)</b>	AUTO
<b>TIME/DIV</b>	<b>(18)</b>	0,5 мс/дел
<b>SWP.VER</b>	<b>(30)</b>	Отжат
<b>POSITION</b>	<b>(32)</b>	Среднее положение
<b>  XIO MAG</b>	<b>(31)</b>	Отжат

После установки органов управления, как указано выше, подключите сетевой шнур к розетке, и затем, продолжите следующим образом:

1) Включите кнопку СЕТЬ и убедитесь, что загорается индикатор сети. В течении приблизительно 20 секунд, на экране должна появиться линия развертки. Если луч не появляется приблизительно в течении 60 секунд, проверьте правильность установки органов управления.

2) Установите желательную яркость и фокус изображения с помощью ручек ЯРКОСТЬ и ФОКУС.

3) Установите изображение луча параллельно горизонтальной линии шкалы, вращая ручки ПОВОРОТ ЛУЧА отверткой.

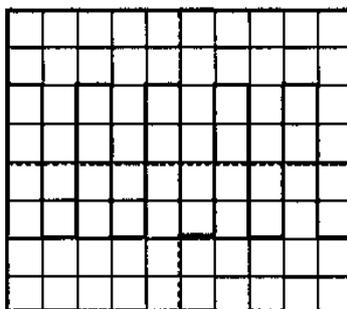
4) Подайте на вход CH1 (Канал 1) сигнал с КАЛИБРАТОРА через пробник 1:1.

5) Установите переключатель AC-DC-GND в положение AC. На экране должно наблюдаться изображение сигнала соответствующее рисунку 5.5.

6) Отрегулируйте четкость изображения ручкой ФОКУС

7)С помощью переключателей В/ДЕЛ и ВРЕМЯ/ДЕЛ установите желаемые размеры сигнала.

8)Совместите с помощью переключателей изображение сигнала с линиями шкалы, так чтобы можно было легко рассчитать амплитуду ( $V_{p-p}$ ) и период (Т).



**Рисунок 5.5.**

Описанное выше-это основные положения работы с осциллографом при включении канала 1 (CH 1). При работе с каналом 2 следует поступать аналогично.

#### **5.4.4 Двухканальный режим работы.**

Установите переключатель VERT в положение DUAL. На экране будет наблюдаться прямая линия канала 2 (органы управления должны быть установлены, как описано выше), при этом на первом канале будет наблюдаться сигнал калибратора.

Подайте сигнал калибратора на второй канал. Переключатель AC-DC-GND установите в положение AC. Установите изображение аналогично показанному на рис.5.6 с помощью ручек В/ДЕЛ и ВРЕМЯ/ДЕЛ.

При использовании двухканального режима (DUAL или ADD режим), сигнал канала 1 или канала 2 может быть засинхронизирован посредством переключения выключателя SOURCE. Если и CH1 (Канал 1) и CH2 (Канал 2) сигналы эквивалентны, то они могут быть стабильно отображены одновременно;

Если нет, то только сигнал канала, выбранный переключателем SOURCE может быть отображен стационарно. Если нажать кнопку TRIG.ALT, то возможно стабильное наблюдение двух сигналов. (Не используйте "CHOP" и "ALT" переключатель в то же самое время). Переключение между CHOP режимом, и ALT режимом автоматически происходит путём изменения положения переключателя TIME/DIV.

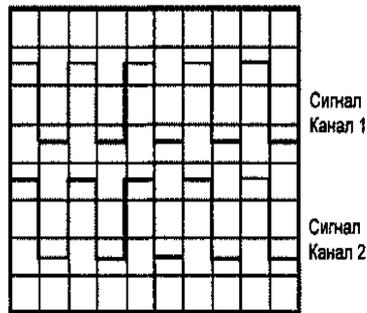


Рисунок 5.6

### 5.5 Режим сложения.

Алгебраическую сумму сигналов CH1 (Канал 1) и CH2 (Канал 2) можно наблюдать на экране, установив переключатель VERT в положение ADD, разность сигналов, если CH 2 INV выключатель нажат.

Для более точных вычислений, желательно чтобы чувствительность каждого из двух каналов была одинаковой, что можно сделать посредством VARIABLE кнопок. Вертикальное перемещение может быть сделано ручкой AV POSITION любого канала. Ввиду линейности вертикальных усилителей, поставьте обе кнопки в их средние положения.

### 5.5 Синхронизация.

Выбор синхронизации необходим для эффективных действий с осциллографом. Пользователь должен быть полностью знаком с функциями переключателей режимов и источников синхронизации.

### **(1) Назначение переключателя MODE:**

**AUTO (автоматический)** Выбор автоматического режима работы развертки осуществляется установкой переключателя в положение AUTO. Генератор развертки работает в автоколебательном режиме без сигнала синхронизации. Как только появится сигнал синхронизации генератор развертки будет работать синхронно с входным сигналом. Режим AUTO удобно использовать при включении прибора для наблюдения луча и входного сигнала и последующего включения других режимов работы прибора. При установке органов управления в необходимые положения можно вернуться в режим NORM. Режим AUTO должен использоваться при исследовании постоянных напряжений и сигналов с малыми амплитудами когда нет синхронизации развертки.

**NORM (ждущий)** Генератор развертки не будет запускаться до тех пор, пока не будет установлен необходимый уровень запуска развертки ручкой «УРОВЕНЬ». Генератор развертки формирует только один ход луча и в дальнейшем активируется только при поступлении другого сигнала синхронизации. В режиме NORM на экране не будет отображения луча, до тех пор, пока не будет синхронизации. В режиме сложения сигнала от канала 1 и 2 и режиме синхронизации NORM не будет отображения ни одного канала до тех пор, пока не будет синхронизации.

**TV-V** Перевод переключателя MODE в положение TV-V позволяет выделять кадровые синхроимпульсы из полного видеосигнала. Синхронизация кадровыми импульсами позволяет наблюдать ТВ кадры. При этом коэффициент развертки желательно установить в положение 2мс/дел для наблюдения одного кадра и 5 мс/дел для наблюдения двух кадров видео сигнала.

**TV-H** Перевод переключателя MODE в положение TV-H позволяет выделять строчные синхроимпульсы из полного видеосигнала. Синхронизация строчными импульсами позволяет наблюдать ТВ строки. При этом коэффициент развертки желательно установить в положение 10 мкс/дел. Более удобный размер изображения можно установить ручкой SWP VAR.

Синхронизация возможна только "-" полярностью, это означает что синхросигнал должен быть отрицательным и видео сигнал положительным. Как показано на рис. 5.7.

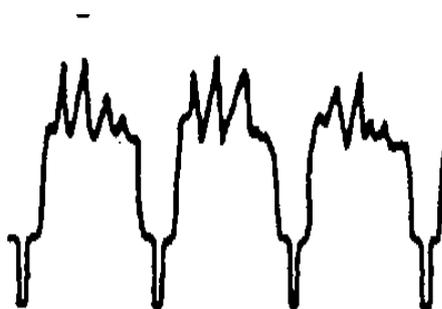


Рисунок 5.7

## (2) Функции переключателя SOURCE:

Переключатель SOURCE используется для выбора источника синхронизации.

CH 1: сигнал предусилителя CH1, который используется, как сигнал синхронизации наиболее часто.

CH 2: сигнал предусилителя CH 2 используется как сигнал синхронизации.

LINE: сигнал с частотой сети переменного тока используется как сигнал синхронизации. Этот метод эффективен, когда измеряемый сигнал имеет временное соотношение с частотой сети.

EXT Развёртка запускается внешним сигналом, который подаётся на внешний вход. Так как развёртка синхронизируется одним и тем же сигналом это позволяет исследовать сигналы различной амплитуды, частоты и формы без перестройки регулировок синхронизации.

## (2) Выбор уровня запуска и полярности:

Запуск развертки осуществляется при установке определенного уровня запуска. Вращение ручки приводит к изменению начальной точки запуска генератора развертки. При вращении ручки в область «+» запуск будет происходить положительной полуволной, при вращении ручки в область «-» запуск будет происходить отрицательной полуволной, когда ручка находится в центральном положении запуск развертки будет осуществляться с нулевой линии.

Вращая ручку TRIG LEVEL, установите необходимый уровень запуска. При исследовании синусоидального сигнала начальная фаза может быть изменена. Вращением ручки TRIG LEVEL можно добиться синхронизации сигнала от пика до пика.

Этот выключатель выбирает полярность сигнала синхронизации, как показано на рис. 4-9.

Когда переключатель TRIG SLOPE находится в положении "+", развёртка запускается положительной частью синхронизирующего сигнала.

Когда переключатель TRIG SLOPE находится в положении "-", развёртка запускается отрицательной частью синхронизирующего сигнала. Выбор полярности сигнала показан на рис. 5.8

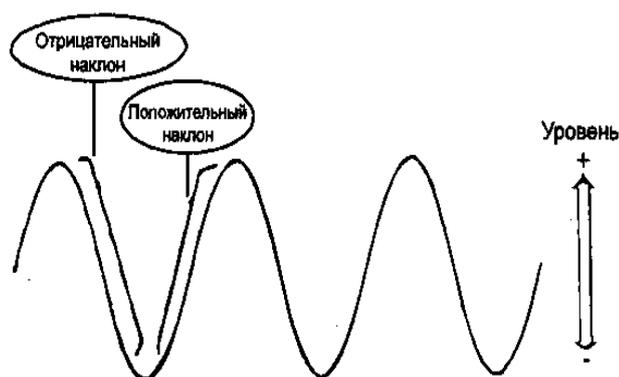


Рисунок 5.8

### **Синхронизация суммарным сигналом (кнопка TRIG ALT):**

Кнопка TRIG ALT используется для выбора различных источников синхронизации в двухканальном режиме (выбирается переключателем VERT MODE). В этом режиме запуск развертки осуществляется поочередно сигналом от канала 1 или канала 2. Это необходимо при исследовании сигналов с разной частотой или периодами. В этом режиме оба сигнала засинхронизированы и изображение на экране осциллографа неподвижно. Этот режим нельзя использовать при измерении разности фаз между сигналами канала 1 и канала 2.

### **5.4.7 Установка времени развертки.**

Установите переключатель время/дел в такое положение, при котором на экране отображается необходимое число периодов сигнала. Если периодов много уменьшите время развертки. Если на экране отображается только линия развертки, попробуйте увеличить время развертки. Когда время развертки достаточно малое при наблюдении части сигнала, особенно прямоугольной формы, на экране будет видна прямая линия.

### **5.4.8 Растяжка сигнала.**

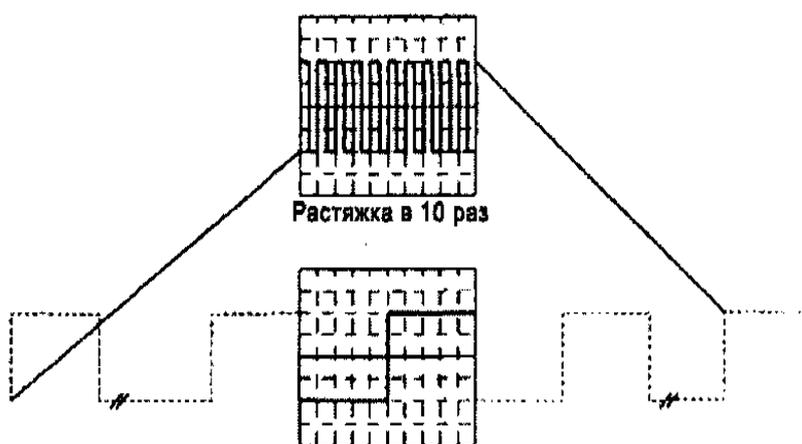
Используйте кнопку X10 MAG, чтобы рассмотреть маленькие части сигнала, как которые расположены далеко от момента запуска развертки,

чтобы изучить их используя, ручку TIME/DIV. Чтобы включить режим MAG, выполните следующие операции.

Установите ручкой TIME/DIV самый большой коэффициент развертки, который позволяет изучить эту часть сигнала.

Вращением ручки HORIZONTAL POSITION, установите сигнал так, чтобы этот участок сигнала был в центре экрана.

Нажать кнопку  $\times 10$  MAG, до включения индикатора. При выполнении выше указанных процедур, необходимая часть сигнала будет увеличенной в 10 раз вправо.



**Любая часть сигнала может быть отображена  
ручкой "Position"**

**Рисунок 5.9**

(Развертка в положении в/дел  $\times 1/10$ )

Таким образом, нерастянутая максимальная скорость развертки (0.1 мкс/дел) может быть увеличена следующим образом:

$$0,1 \text{ мксек/дел} \times 1/10 = 10 \text{ нсек/дел}$$

Когда развёртка увеличена и скорость развёртки - более чем 0.1 мкс/дел, яркость луча может уменьшиться.

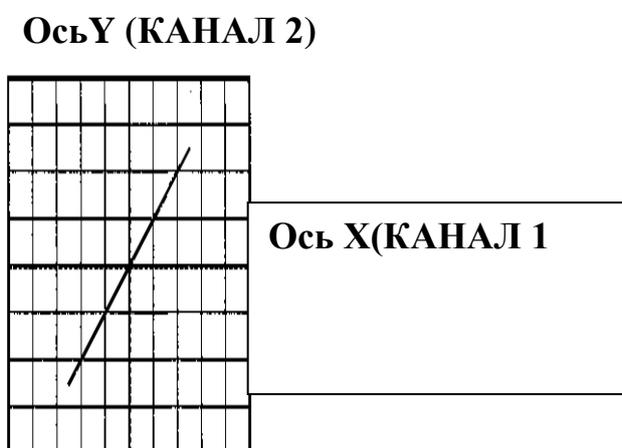
#### **5.4.9 Режим X-Y.**

Установите переключатель время/дел в положение X-Y для установки режима наблюдения фигур Лисажжу. Входы распределяются следующим образом:

X-ось (горизонтальная) Вход канала 1

Y-ось (вертикальная) Вход канала 2

**Внимание:** Когда сигналы высокой частоты наблюдают с помощью X-Y режима, следует обратить внимание на полосу частот и различие фаз между X и Y-осью.



**Рисунок 7.10**

Режим X-Y используется для измерений, которые не могут быть проведены в обычном режиме (измерение отношений частот, температуры, скорости и т.д.).

1. Установите переключатель время/дел в положение X-Y. Канал 1 станет осью X и канал 2 станет осью Y.
2. Ручками положения луча по горизонтали и вертикали установите изображение в необходимую часть экрана.
3. Переключателем В/дел канала 1 установите необходимый размер изображения по оси X

4. Переключателем В/дел канала 2 установите необходимый размер изображения по оси Y

#### 5.4.10 Калибровка делителя.

Как объяснено предварительно, делитель расширяет диапазон измерений. Если компенсация делителя не должным образом выполнена, отображенная форма волны будет искажена и приведёт к ошибкам в измерениях.

Подключите делитель 1:10 к входам CH1 или CH2, и установите переключатель VOLTS/DIV в положение 50мВ. Подсоедините делитель к выходу калибратора и с помощью переменного резистора установите оптимальное изображение сигнала. См. рис. 5.11:

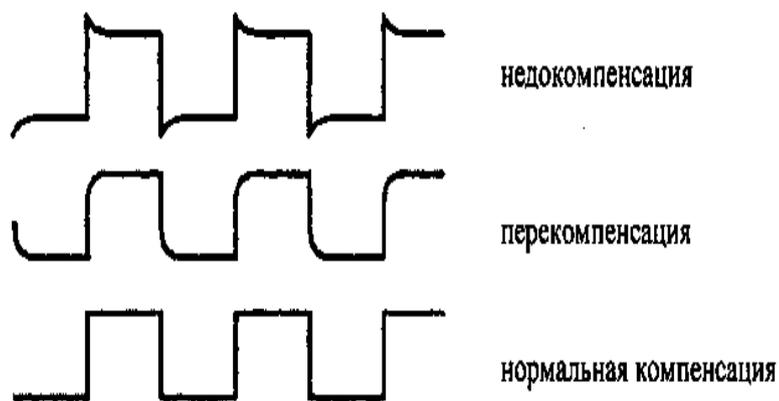


Рисунок 5.11

#### 5.4.11 Регулировка баланса.

Установка баланса по вертикали производится следующим образом:

1. Установите переключатель режимов входа в положение GND, режим работы развертки в положение AUTO.
2. Установите переключатель В/дел в положение 5 мВ/дел, вращением потенциометра DC BAL установите линию развертки в центр экрана. Установите переключатель В/дел в положение 5 В/дел и ручкой положения луча по горизонтали установите луч в центр экрана.

Повторите эти действия несколько раз до тех пор, пока при изменении положения переключателя В/дел луч не будет оставаться в центре экрана.

#### **5.4.12 Использование функционального генератора (только для GOS-620FG).**

Пользование функциональным генератором простое и не требует специальных навыков. С помощью органов управления (оно описано выше) вы можете изменить частоту, амплитуду, форму сигнала или добавить постоянную составляющую к выходному сигналу.

## 6. ЧАСТОТОМЕР С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ |LGFC-7150

### 6.1 Описание частотомера

Данный частотомер управляется микропроцессором, чем достигается высокая точность измерений и разрешающая способность при малом времени измерения. Частотный диапазон прибора 0,1 Гц -1,5 ГГц, опорный генератор 10 МГц находится в термостате. Другие особенности:

- Режим тахометра (измерения оборотов в минуту)
- Вход для подключения внешнего опорного генератора, 9-разрядный цифровой дисплей
- Атенюатор
- Автопроверка
- Измерение периода повторения сигналов
- Подсчет общего количества импульсов
- Фильтр низких частот
- Линейный фильтр

Для быстрой проверки работоспособности прибора он снабжен функцией автопроверки. Любой режим работы может быть выбран нажатием кнопки на передней панели прибора с автоматическим выбором десятичной точки и индикацией параметра. Высокая точность, чувствительность и универсальность частотомера делают его исключительно ценным инструментом для ученых, инженеров, экспериментаторов и специалистов в области связи. Малые вес и габариты позволяют использовать его в полевых условиях.

### 6.2 Технические характеристики

#### ■ ВХОДА

Диапазон частот

0,1 Гц -150 МГц (открытый вход)

	30 Гц -150 МГц (вход по переменному току)
Чувствительность	0,1 Гц-100 МГц 25 мВ 100 МГц -150 МГц 50 мВ
Вход	открытый / с развязкой по постоянному току
Импеданс	1 МОм, входная емкость < 40 пФ
Аттенюатор	x 1 или x 10 переключаемый
ФНЧ	подключаемый, -3 дБ на частоте 100 КГц
Диапазон изменения периода счета	6,7 нсек -10 сек дисплей: nS, pS, mS, с десятичной точкой
Подсчет числа импульсов	от 0 до 999 999 999, диапазон частот 0-30 МГц
Тахометр	индикация переполнения: "OF" от 0,6 до 999 999 999 оборотов в минуту индикация переполнения: "OF"

## ■ ВХОД С

Диапазон частот	50 МГц -1,5 ГГц
Чувствительность	50 МГц -1100 МГц 36 мВ 1100 МГц-1,5 ГГц 70 мВ
Вход	с развязкой по постоянному току (только)
Импеданс	50 Ом ±5%
Максимальное входное напряжение	3 В эфф. синус

## ПАРАМЕТРЫ ОПОРНОГО ГЕНЕРАТОРА

Тип	Термостатированный кварцевый генератор
Частота	10.000000 МГц

Стабильность	$\pm 1 \times 10^{-6}$
Влияние питающего напряжения	менее $\pm 1 \times 10^{-6}$ при изменении напряжения на $\pm 10\%$
Влияние температуры	$\pm 5 \times 10^{-6}$ в диапазоне от $0^{\circ}\text{C}$ до $50^{\circ}\text{C}$
Максимальное старение	$\pm 5 \times 10^{-6}$ в год
Выходная частота	10 МГц (выходная частота внутреннего генератора)
Уровень выходного сигнала	0,5 В пик-пик или более
Импеданс выходного сигнала	Около 50 Ом
Входная частота опорного генератора)	10 МГц (входная частота с внешнего опорного генератора)
Уровень	1,5 В эфф. - 5 В эфф.
Импеданс входа	Около 50 Ом

## ■ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНДИКАТОРА

Дисплей	9-разрядный светодиодный дисплей с индикацией M/n, K/u, Hz, m, Sec, G.T., Hold и "OF" (переполнение). Выбор функции и времени счета: выбирается пользователем.
Режим HOLD ("замораживание")	В режимах измерения частоты и периода, TOTAL (подсчет показаний индикатора) импульсов), RPM (тахометр) измерения останавливаются, и на индикаторе застывает последнее измеренное значение.

При отжатии 2 кнопки HOLD измерения возобновляются.

Время счета	Зависит от входной частоты
	$< 10 \text{ mS}$ где-то между 0,9мс и 9 мс
	$<< 0.1 \text{ S}$ где-то между 9мс и 90мс
	$< 1 \text{ S}$ где-то между 90 мс и 900 мс

<<10S где-то между 0,9 сек и 9 сек

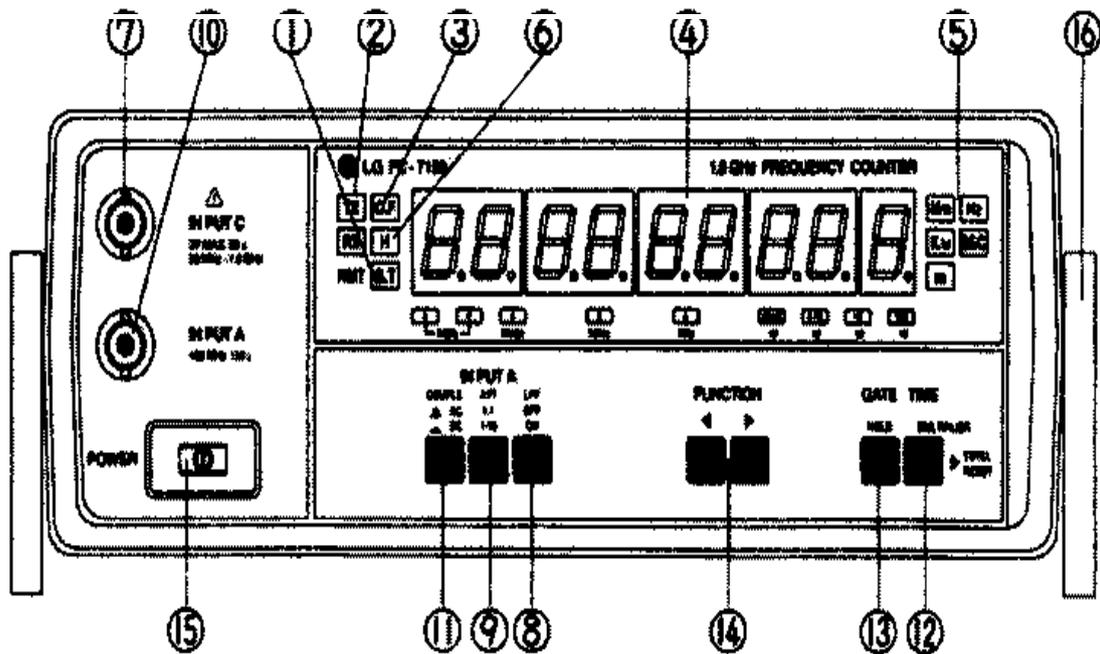
### ЗАМЕЧАНИЕ

I

ПРИ ПРОПАДАНИИ ВХОДНОГО СИГНАЛА НА ДИСПЛЕЕ ПОКАЗАНИЯ ПОСЛЕДНИХ ИЗМЕРЕНИЙ СОХРАНЯЮТСЯ В ТЕЧЕНИЕ 10 СЕКУНД.

### 6.3 НАЗНАЧЕНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Органы управления, индикаторы и соединительные разъемы.



I	ЗАМЕЧАНИЕ	~	I
<p>ПРИ ПРОПАДАНИИ ВХОДНОГО СИГНАЛА НА ДИСПЛЕЕ ПОКАЗАНИЯ ПОСЛЕДНИХ ИЗМЕРЕНИЙ СОХРАНЯЮТСЯ В ТЕЧЕНИЕ 10 СЕКУНД.</p> <hr/>			
5 ИНДИКАТОР ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ	Указывает на измерение частоты в МHz, kHz, Hz и периода повторения в п (нано), $\mu$ (микро) и секундах		
6 ИНДИКАТОР HOLD	Загорается в режиме HOLD		
7 ВХОД C, BNC (байонет)	Вход для всех измерений свыше 50 МГц, входной импеданс 50 Ом		
8.ФНЧ	При нажатой кнопке ФНЧ сигнал проходит через фильтр с граничной частотой пропускания (-3 дБ) около 100 КГц. При отжатой кнопке сигнал идет напрямую.		
9 КНОПКА АТТЕНЮАТОРА	Когда кнопка установлена на x 10, амплитуда сигнала на входе А делится на 10 перед подачей на частотомер. На сигнал на входе С аттенюатор не влияет		
10 ВХОД А, BNC (байонет)	Вход для частоты до 150 МГц и всех измерений периодов повторения. Входной импеданс 1 МОм, <40 пФ.		

#### 11 КНОПКА РЕЖИМА ВХОДА AC / DC

Используется для подачи постоянной составляющей входного сигнала (режим DC).

#### 12 КНОПКА ВРЕМЕНИ ИЗМЕРЕНИЯ

Используется для выбора времени счета и разрядности измеряемой величины, кроме измерений TOTAL

#### 13 КНОПКА HOLD

В режиме HOLD дисплей "замерзает", но частотомер продолжает считать. С прекращением режима HOLD дисплей обновит свои показания и счет продолжится.

#### 14 ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ФУНКЦИЙ измерения.

a.FREQ. A

Для выбора желаем функции измерения.  
При выборе этого режима измеряется частота сигнала на входе А. Разрешающая способность выбирается переключателем GATE TIME.

b. FREQ.C

При выборе этого режима измеряется частота сигнала на входе С. Все измерения в мегагерцах.

с. PERIOD A

При выборе этого режима измеряется период повторения для сигнала на входе А. Разрешающая способность выбирается переключателем GATE TIME.

d. TOTAL A

При выборе этого режима подсчитывается сумма периодов для сигнала на входе А, сумма счета непрерывно обновляется на дисплее.

e. RPM A

При выборе этого режима измеряются обороты в минуту для сигнала на входе А.

15 КНОПКА ВКЛЮЧЕНИЯ

ПИТАНИЯ

Кнопочный выключатель питания прибора

16 ПОВОРОТНАЯ ПОДСТАВКА

Для регулировки положения вытянуть из гнезд.

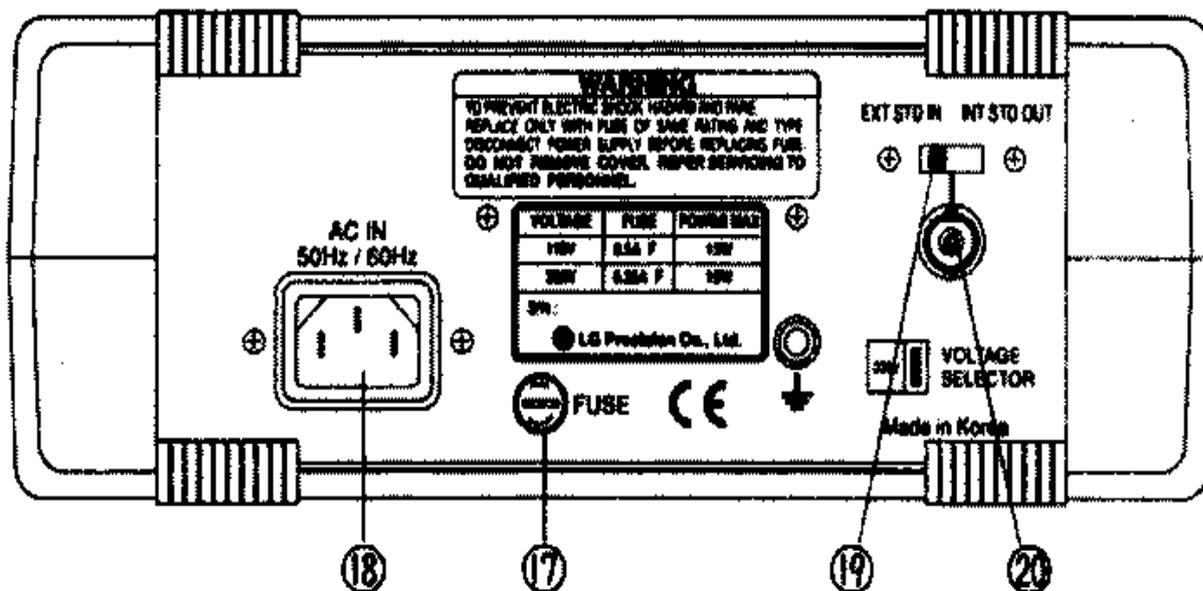


Рисунок 6.2 - Задняя панель

17 ДЕРЖАТЕЛЬ ПРЕДОХРАНИТЕЛЯ

Открывать против часовой стрелки

18 СЕТЕВОЙ РАЗЪЕМ

Для подключения шнура питания

19 СЕЛЕКТОР ВЫБОРА

Для использования внешнего опорного генератора 10 МГц

ВНУТР / ВНЕШ.

переключите в положение EXT STD. IN.

ОПОРНОГО ГЕНЕРАТОРА

Входное сопротивление при этом 600 Ом.

Для мониторинга внутреннего опорного генератора

	переключите в положение INT STD. IN
20 РАЗЪЕМ ВХОДА / ВЫХОДА	Служит или для мониторинга внутреннего опорного генератора
ОПОРНОГО ГЕНЕРАТОРА	или подачи опорной частоты с внешнего генератора, амплитудой 1,5 - 5 В эфф.

## 6.4 Порядок работы и проведение измерений

### 6.4.1 Инструкция по работе

Ниже приведена информация необходимая для работы с частотомером.

- a. Вставьте шнур питания в разъем на задней панели прибора и подключите его в сеть.
- b. Для включения нажмите кнопку POWER 15.
- c. Установите переключатель функций (по индикатору) в положение FREQ. A, а переключатель GATETIME в положение 1 Sec.

I

### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

1. РАБОТА С НАПРЯЖЕНИЯМИ, ПРЕВЫШАЮЩИМИ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ПОВРЕЖДЕНИЮ ЧАСТОМОРА. ПЕРЕД ПОДАЧЕЙ ЛЮБОГО СИГНАЛА НА ЧАСТОМОМЕР УБЕДИТЕСЬ, ЧТО НАПРЯЖЕНИЕ ЭТОГО СИГНАЛА НЕ ПРЕВЫШАЕТ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ, УКАЗАНЫХ В СПЕЦИФИКАЦИИ.

2. ТОЧКИ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЧАСТОТОМЕРА СОЕДИНЕННЫ НЕПОСРЕДСТВЕННО С ЗЕМЛЯНОЙ ШИНОЙ. ПРИ РАБОТЕ ВСЕГДА ПОДКЛЮЧАЙТЕ ТОЧКИ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ИССЛЕДУЕМЫХ СХЕМ К ТОЧКАМ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЧАСТОТОМЕРА.

#### 6.4.2 Измерение частоты

##### ■ ВХОД А (0,1 Гц -150 МГц)

- a. Подключите измеряемый сигнал к входу А.
- b. Переключатель функций установите в положение FREQ. А.
- c. Выберите разрядность индикации, используя переключатель GATE TIME.
- d. Частота сигнала отобразится на дисплее. При каждом измерении индикатор GATE будет гореть, а после интервала измерения дисплей будет обновляться.
- e. Включение переключателя HOLD "замораживает" дисплей на текущем показании, при отпускании кнопки дисплей обновляется и возобновляется счет.
- f. При необходимости, включите аттенюатор. При установке  $\times 10$  (нажатая кнопка) аттенюатор уменьшает входной сигнал в 10 раз перед подачей на схему измерения частоты. При этом устраняется ошибки в измерениях, вызванные шумами или излишне большой амплитудой входного сигнала.
- д. Если необходимо, включите фильтр НЧ. При этом входной сигнал проходит через ФНЧ с полосой пропускания 100 КГц по уровню -3дБ перед подачей на схему измерения частоты. Это помогает устранить ошибки измерения частоты низкочастотных сигналов в присутствии высокочастотных шумов.
- h. При измерениях сигналов с крайне низкой частотой (до 10 Гц) нажмите кнопку COUPLE (режим DC).

### ■ ВХОД С (50 МГц-1,5 ГГц)

- a. Подключите измеряемый сигнал к входу С.
- b. Переключатель функций установите в положение FREQ. С.
- c. Выберите разрядность индикации, используя переключатель GATE TIME.
- d. Частота сигнала отобразится на дисплее. При каждом измерении индикатор GATE будет гореть, а после интервала измерения дисплей будет обновляться.
- e. Включение переключателя HOLD "замораживает" дисплей на текущем показании, при отпускании кнопки дисплей обновляется и возобновляется счет.
- f. Атенюатор и ФНЧ при подаче сигнала на вход С не действуют.

### 6.4.3 Измерения периода

- a. Подключите измеряемый сигнал к входу А.
- b. Выберите разрядность индикации, используя переключатель GATE TIME.
- c. Период сигнала отобразится на дисплее. При каадом измерении индикатор GATE будет гореть, а после интервала измерения дисплей будет обновляться.
- d. Атенюатор, ФНЧ, переключатель режимов входа (DC / AC) работают так же, как и в режиме FREQ. А.

### 6.4.4 Подсчет суммы входных сигналов (TOTAL)

- a. Режим используется для подсчета суммы событий, происходящих за определенный период времени. Максимальная входная частота 30 МГц.
- b. Установите режим TOTAL. Установки GATE и разрядности измеряемой величины не действуют.
- c. Подключите измеряемый сигнал к входу А, счетчик начнет подсчет числа поступивших сигналов. Максимальное число отображаемое на индикаторе равно 999 999 999. При превышении этой величины на индикаторе появится знак "OF".

d. ФНЧ, аттенюатор, переключатель режимов входа (DC / AC) работают так же, как и в режиме FREQ. А.

I

## ЗАМЕЧАНИЕ

I

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ HOLD МОЖЕТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАН ДЛЯ ЗАХВАТА ПОКАЗАНИЙ ДИСПЛЕЯ. ОДНАКО, ЧАСТОТОМЕР ПРИ ЭТОМ ПРОДОЛЖАЕТ СЧЕТ, И ПРИ ОТПУСКЕНИИ КНОПКИ HOLD ЧАСТОТОМЕР ОБНОВИТ ПОКАЗАНИЯ ДИСПЛЕЯ.

### 6.4.5 Измерение RPM (обороты в минуту)

a. Установить режим RPM.

b. Подать измеряемый сигнал на вход А, дисплей покажет число оборотов в минуту. Максимальное число выводимое на дисплей равно 999 999 999. При превышении этого значения на экране появляется сообщение о переполнении "OF".

c. ФНЧ, аттенюатор, переключатель режимов входа (DC / AC) работают так же, как и в режиме FREQ. А.

### 6.5 Влияние соединительного кабеля на точность измерений в диапазоне радиочастот

На точность измерения в диапазоне радиочастот влияет качество соединительных кабелей между источником сигнала и частотомером. Главные параметры кабелей - это коэффициент стоячей волны и емкость кабеля.

Стоячая волна обычно присутствует в кабеле, когда он нагружен на импеданс, который отличен от импеданса кабеля. Такие стоячие волны могут привести к ошибкам измерений или даже к выходу из строя источника сигналов, и влияние стоячей волны усиливается при приближении длины кабеля к одной четверти длины волны, излучаемой источником сигналов.

Уменьшить стоячую волну можно уменьшением длины кабеля и, что более важно, обеспечением надлежащего согласования.

Если на смещение по постоянному напряжению влияет нагрузочное сопротивление, то для согласования можно использовать разделительные по постоянному току емкости. Шунтирующая емкость кабеля, которая может вызвать нежелательное затухание сигнала, увеличивается с длиной кабеля. Для измерения в области радиочастот рекомендуется использовать кабель длиной до 90 см, при этом емкость кабеля остается в допустимых пределах.

В 50-омных цепях входное сопротивление гнезда INPUT В величиной в 50 Ом сводит к минимуму отражения и возникающие в результате этого стоячие волны. Поэтому отпадает необходимость в использовании внешнего согласующего устройства. Кроме того, шунтирующая емкость имеет гораздо меньшее влияние, чем в случае со входом А, и ограничения на длину кабеля не столь строги. Однако, измерения в этом случае должны проводиться в схемах в тех точках, выходной импеданс которых равен 50 Ом.

### **Пробник с аттенюатором**

Вход А сопротивлением 1 МОм и входной емкостью 40 пФ не зависят от положения переключателя АТТ. Для уменьшения нагрузки можно использовать осциллографический пробник с высоким входным импедансом, подключенным ко входу А. По возможности используйте пробник с положением переключателя на "x 10".

## 7. АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА GSP-810

### 7.1 Назначение

Анализатор спектра GSP-810 предназначен для измерения параметров радиоимпульсных, видеоимпульсных, АМ, ЧМ, ФМ и других сигналов сложной формы, степени монохроматичности паразитных амплитудно-частотных параметров модуляции этих же сигналов, а также для измерения нелинейности широкополосных и узкополосных трактов.

Спектрограмма отображается на экране ЭЛТ, измерительная информация - на экране ЖК дисплея.

### 7.2 Технические характеристики

Таблица 7.1

Технические параметры	Значения
<b>ЧАСТОТНЫЕ</b>	
Диапазон частот прибора	150 кГц - 1000 МГц (возможно до 1150 МГц)
Дискретность установки центральной частоты	1кГц
Дискретность установки полосы обзора	40 Гц при полосе обзора 2 кГц/дел
Индикация центральной частоты	Цифровая, 6 1/2 разрядов, на встроенном ЖК дисплее
Стабилизация опорной частоты	Цифровая система ФАПЧ
Погрешность установки центральной частоты	$\pm 2 \cdot 10^{-6}$ за 1 год $+ 10^{-5}$ при температуре 0°С...50° С
Значения полос обзора	Нулевая, от 2 кГц/дел. до 100 МГц/дел. с шагом 1-2-5
<b>Полоса пропускания</b>	
Полоса пропускания фильтров ПЧ	3 кГц, 30 кГц, 220 кГц, 4 МГц
Погрешность номинального	15%

значения полосы пропускания ПЧ	
Полоса пропускания видеофильтров	1.6 кГц ... 90 кГц, зависит от значения полосы пропускания ПЧ
<b>Амплитудные</b>	
Диапазон установки опорного уровня входного сигнала	-30 дБмВт... +20 дБмВт (шаг 10 дБ)
Погрешность установки опорного уровня	±1 дБ на частоте 80 МГц
Неравномерность АЧХ прибора относительно опорной частоты 80 МГц	± 1.5 дБ в полосе частот 100 МГц- 1000 МГц ± 2.5 дБ в полосе частот 10 МГц- 100 МГц ± 3 дБ в полосе частот 150 кГц- 10 МГц
Диапазон измерения уровня	-100 дБмВт...+20дБмВт
Диапазон шкалы прибора	75 дБ
Погрешность измерения уровня	±1.5 дБ при уровне 0 дБмВт на частоте 80 МГц
Погрешность логарифмической шкалы экрана ЭЛТ	±1.5 дБ в диапазоне индикации более 70 дБ
Собственные шумы	-100 дБмВт в полосе частот 10 МГц- 1000 МГц (-95 дБм при полосе пропускания 30 кГц) -75 дБмВт в полосе частот 150 кГц-10 МГц
Уровень гармоник	Не более -40 дБн при входном уровне, не превышающем установленного опорного уровня
<b>Технические параметры</b>	<b>Значения</b>
Уровень негармонических составляющих	Менее -60 дБн относительно опорного входного уровня, в режиме усреднения, при полосе обзора 5 МГц/дел.
Интермодуляционные искажения третьего порядка	Не более -70 дБн при воздействии на вход двух сигналов с уровнем -40 дБмВт каждый и разносом частот 2 МГц, в полосе частот 10 МГц - 1000 МГц. Не более -45 дБн в полосе частот 150 кГц-10 МГц
Спектральная плотность мощности фазовых шумов	-77 дБн/Гц при отстройке на 30 кГц от частоты 1 ГГц
<b>ВХОД</b>	
Допустимый входной уровень	+30 дБмВт непрерывно, ±25 В постоянного

	напряжения
Входное сопротивление	50 Ом
КСВН	< 1.35
Входной аттенуатор	0 дБ - 50 дБ с шагом 10 дБ, используется для установки 1 относительного входного уровня
Тип входного разъёма	Коаксиальный (серия «N»)
<b>МАРКЕРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ</b>	
Количество маркеров	2
1 Дискретность измерения	0.1 дБ, 1 кГц
Режимы измерений	Измерение частоты, измерение абсолютного уровня, измерение разности уровней, установка маркера на максимум сигнала, установка центральной частоты по положению маркера
Погрешность измерения уровня	± (0.1 дБ + погрешность логарифмической шкалы)
<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ</b>	
Память	Запись/считывание до 10 профилей
Обработка спектрограммы	Регистрация и удержание максимальных значений, усреднение (2,4,8,16, 32 развертки), пошаговая развертка
Программа SETUP	Контроль конфигурации прибора, тестирование портов, включение/выключение встроенного калибратора, выбор единиц измерения для измерителя мощности
Дистанционное управление	Через интерфейс RS-232
<b>ОПЦИИ</b>	
<i>Следящий генератор (опция 01)</i>	
Режимы работы	Генерация синусоидального сигнала с частотой, соответствующей центральной частоте анализатора; свипирование с глубиной, соответствующей полосе обзора анализатора
Диапазон частот	10 МГц-1000 МГц
Отстройка от центральной частоты	± 99 кГц (шаг 1 кГц)
Выходной уровень	0 дБмВт... -50дБмВт
Дискретность установки уровня	1дБ

Погрешность установки уровня	$\pm 1$ дБ при уровне 0 дБмВт на частоте 80 МГц
Погрешность установки ослабления аттенюатора	$\pm 1$ дБ на частоте 50 МГц
Неравномерность АЧХ	$\pm 1$ дБ при полосе обзора 10 МГц/дел. $\pm 1.5$ дБ при уровне 0 дБмВт, во всем диапазоне частот
Уровень гармоник	Не более -30 дБн
Выходное сопротивление	50 Ом
КСВН	$< 2$
Тип выходного разъёма	Коаксиальный (серия «N»)
<b>Измеритель мощности (опция 02)</b>	
Частотный диапазон	10 МГц - 2 ГГц (возможно до 2.7 ГГц)
Диапазон измеряемых мощностей	-20 дБмВт ... +23 дБмВт (возможно до +30 дБмВт)
Пределы измерения	2 мВт, 20 мВт, 200 мВт, 2 Вт
Разрешение	Линейная шкала: 0.001 мВт, 0.01 мВт, 0.1 мВт, 1 мВт Логарифмическая шкала: 0.1 дБ
Погрешность измерения	$\pm (10\% + 1 \text{ ед. мл. разряда})$
Максимально допустимая мощность на измерительном входе	40 дБмВт при коэффициенте заполнения импульсной последовательности не более 10% и длительности импульсов не более 10 мс
КСВН	$< 1.25$ ( $< 1.35$ на нагрузку 50 Ом)
Единицы измерения	мВт или дБмВт
<b>Демодулятор АМ/ЧМ (опция 03)</b>	
Режимы работы	Прием АМ и ЧМ сигналов
Полосы пропускания ЧМ сигнала	120, 75, 30 кГц
Выход	Внутренний динамик, 3.5 мм стерео разъем с распайкой под моно режим

1. Анализатор обеспечивает свои технические характеристики в пределах норм после времени прогрева, равного 15 минутам.
2. Параметры частотомера соответствуют техническим характеристикам при питании от сети, напряжением 115 или 220 В  $\pm 15\%$ , частотой 50+0,5 Гц или 60+0,5 Гц с содержанием гармоник до 5%.

3. Мощность, потребляемая прибором от сети переменного напряжения при номинальном напряжении не превышает 90 В\*А.
4. Прибор допускает непрерывную работу в рабочих условиях эксплуатации в течение 8 часов.
5. Рабочая температура от 15°C до 35°C при относительной влажности от 10% до 80%) (Макс).
6. Максимально допускаемая рабочая температура от 0°C до 40°C при относительной влажности 85%) (Макс).
7. Габаритные размеры (мм): 150 (высота) x 310 (ширина) x 455 (глубина)
8. Масса 8,5 кг.
9. Температура хранения от -10°C до + 70°C при относительной влажности до 70%) (максимум).

### 7.3 Назначение органов управления

Таблица 7.2

ПЕРЕДНЯЯ ПАНЕЛЬ	
1	Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ), 8x10 делений
2	Жидкокристаллический индикатор (ЖКИ), 4x20 знаков
3	Клавиатура, для установки режимов работы и ввода данных
4	Вращающаяся ручка, для установки режимов работы и ввода данных
5	ВЧ- вход, для подачи исследуемого сигнала
6	ВЧ- выход, выход дополнительного ВЧ генератора
7	Тумблер «СЕТЬ»
1 8	Потенциометр регулировки положения линии луча по горизонтали
9	Потенциометр регулировки громкости (при наличии опции демодулятора)
10	Телефонное гнездо для подключения внешних наушников (при наличии опции демодулятора)
И	Потенциометр регулировки фокуса изображения на ЭЛТ
12	Потенциометр регулировки положения линии луча по вертикали
13	Потенциометр регулировки яркости свечения
ЗАДНЯЯ ПАНЕЛЬ	
14	Лейбл- предупреждение (прочитать обязательно!)
15	Выход опорного генератора 10 МГц (опция)
16	Разъем для подключения к компьютеру (через интерфейс RS 232)
17	Серийный номер

<b>18</b>	Вентилятор
<b>19</b>	Потенциометр вращения изображения
<b>20</b>	Потенциометр регулировки частоты опорного генератора 10 МГц
<b>21</b>	Потенциометр регулировки контраста ЖКИ
<b>22</b>	Лейбл номиналов предохранителя
<b>23</b>	Гнездо подачи сетевого напряжения и установки напряжения питания сети

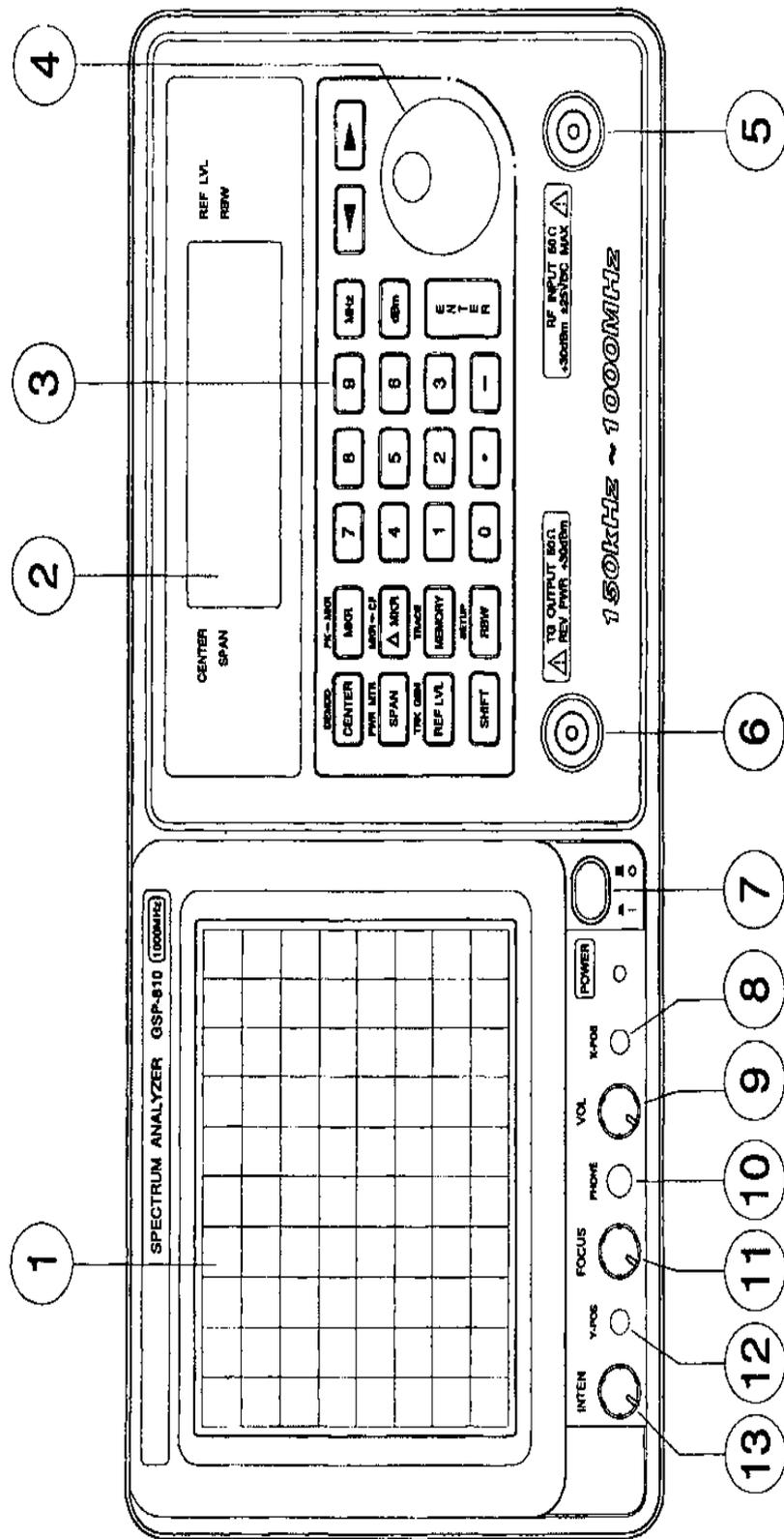


Рисунок 7.1 - Передняя панель GSP-810

Органы управления и индикации передней панели

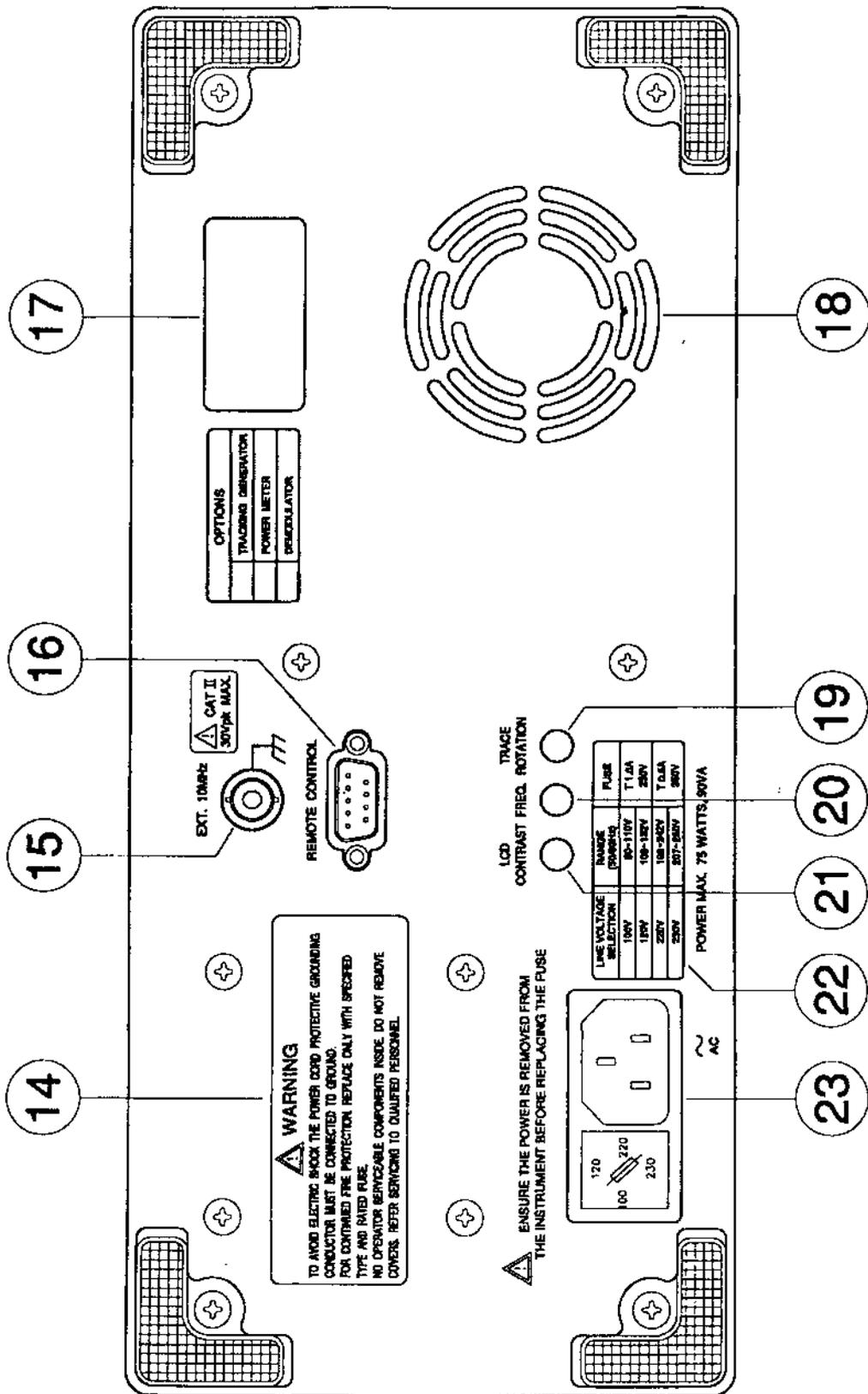


Рисунок 7.2 - Задняя панель GSP-810  
 Органы управления задней панели.

## 7.4 Порядок работы и проведение измерений

### 7.4.1 Основное описание

Исследуемый сигнала подается на входной разъем с помощью кабеля или внешней антенны. Зависимость уровня и частоты принимаемого сигнала отображаются на ЭЛТ.

### 7.4.2 Использование

Установка режимов работы и ввод необходимых данных осуществляется с клавиатуры. Левая часть клавиатуры предназначена для установки центральной частоты (CENTER), полосы обзора (SPAN), входного уровня (REF LVL). Нажатие одной из этих кнопок приводит к выводу установленных значений на ЖКИ и выбору режима коррекции параметров. Синяя кнопка является префиксной клавишей, и ее нажатие приводит к выполнению операций написанных синим цветом над кнопками. К примеру, нажатие синей кнопки, и кнопки MEMORY приводит к выбору функции TRACE.

Ниже в таблице приведены назначения органов управления клавиатуры, способы выбора, ввода изменения параметров и режимов работы анализатора спектра.

**Таблица 7.2**

Функция	Кнопка	Способ ввода и коррекции
Центральная частота	CENTER	0..9, «,» для непосредственного ввода частоты в мегагерцах, клавиша ENTER для ввода установленных значений прямым набором. Кнопки < > для выбора корректируемого разряда вращающейся ручкой SPINNER.
Полоса обзора	SPAN	Вращающаяся ручка SPINNER для выбора

		фиксированных значений полосы обзора
Установка относительного уровня	REF LVL	Вращающаяся ручка SPINNER для выбора фиксированных значений ослабления входного сигнала
Маркеры	MARK	Вращающаяся ручка SPINNER для выбора 1-го или 2-го маркера, кнопка > для перевода на поле коррекции положения маркера по частоте, кнопки < > для выбора коррекции разряда положения маркера, изменение значения частоты положения маркера осуществляется вращающейся ручкой SPINNER. Или непосредственный ввод значений частоты выраженной в мегагерцах, клавиша ENTER для ввода установленных значений с помощью прямого набора.
Маркерные Δ-измерения	AMARK	AMARK для выбора режима; управление Δ-измерениями измерением как в п. «Маркеры»
Память запись вызов	MEMORY	Вращающаяся ручка SPINNER для выбора режима записи или вызова, кнопка > для перевода на поле выбора ячейки памяти, в которую будет производиться запись или вызов. Выбор необходимой ячейки памяти осуществляется вращающейся ручкой SPINNER. Нажмите клавишу ENTER для ввода установленных значений.
Полоса пропускания	RBW	Изменение полосы пропускания. Выбор полосы пропускания осуществляется вращающейся ручкой SPINNER.

Включение демодулятора (опция)	BLUE, DEMOD	Выбор типа демодулятора осуществляется вращающейся ручкой SPINNER.
Измеритель мощности (опция)	BLUE, PWR MTR	
Следящий генератор (опция)	BLUE, TRK GEN	
Установка маркера на пиковое значение	BLUE, PK>MRK	Не требует дополнительного управления
Запись положения маркера как центральной частоты	BLUE, MRK>CF	Выбор типа демодулятора осуществляется вращающейся ручкой SPINNER.
Операции с изображением	BLUE, TRACE	Выбор вида функции осуществляется вращающейся ручкой SPINNER. Кнопками < > осуществляется изменение значений выбранной функции или включение-выключение режимов.
Установка	BLUE, SETUP	Выбор вида функции осуществляется вращающейся ручкой SPINNER. Кнопками < > осуществляется изменение значений выбранной функции или включение-выключение режимов.

### 7.4.3 Установка центральной частоты

Центральная частота-это частота в центре экрана. Выбор режима установки центральной частоты производится нажатием на кнопку CENTER.



2 кГц\дел ...100МГц\дел и может принимать значение 0 Гц\дел. Случайная установка некорректной полосы обзора не приводит к изменению центральной частоты, так как значение полосы обзора должно быть меньше установленного значения центральной частоты. При этом на ЖКИ появляется надпись «Limit»

Пример: было установлено значение центральной частоты 25 МГц, полосы обзора изменяется от значения 5 МГц\дел до 10 МГц\дел, центральная частота не изменится на ЖКИ проявится надпись «Limit».

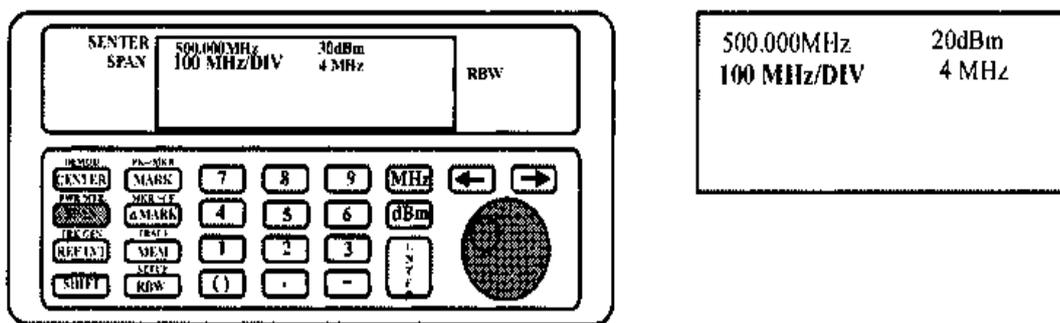


Рисунок 7.4

### 7.4.5 Установка уровня входного сигнала

Установка ослабления входного сигнала необходима для выбора оптимального для исследования уровня входного сигнала (или установки относительного входного уровня). Изменение уровня входного сигнала производится выбором кнопкой REF LEV и установкой вращающейся ручкой SPINNER. Диапазон ослабления входного сигнала лежит в пределах от +20 ДБм до -30 ДБм с шагом 10 ДБ. В качестве линии опорного уровня принимается верхняя линия на экране, значение которой равно значению относительного уровня индицируемого на ЖКИ. Отсчет уровня сигнала производится от верхней линии с учетом установленного значения относительного уровня и 10-ти дБ значения одного деления на экране ЭЛТ.

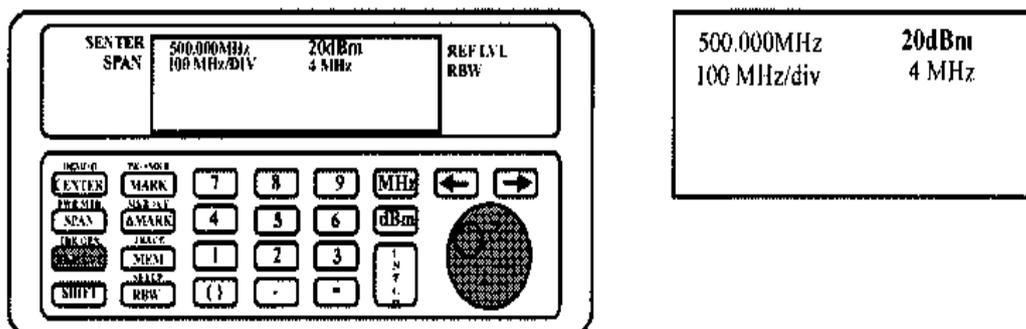


Рисунок 7.5

#### 4.6 Установка полосы пропускания

Полоса пропускания может быть изменена нажатием на кнопку RBW. Изменение полосы пропускания производится вращающейся ручкой SPINNER и может принимать фиксированные значения из числа разрешенных.

На рис. 7.7 показаны положения центральной частоты, полосы обзора, полосы пропускания и входного уровня на экране ЖКИ анализатора спектра.

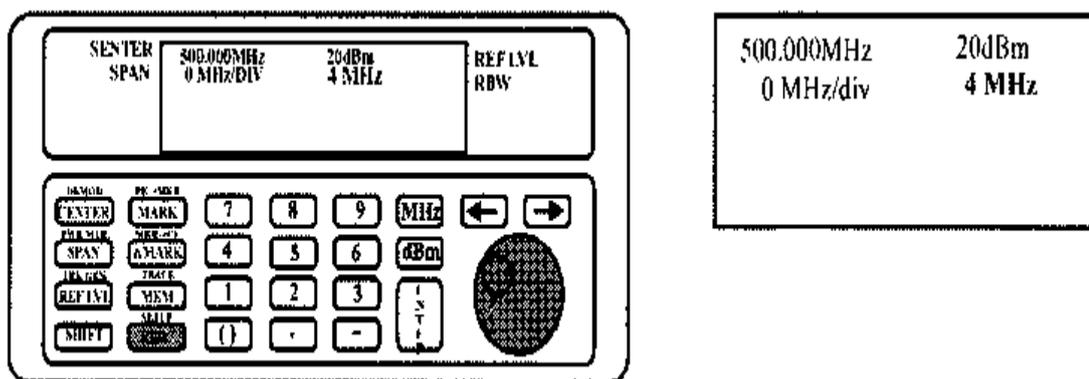


Рисунок 7.6

На рис 7.7 приведен типичный пример спектрограммы. Этот пример показывает установку 100 МГц центральной частоты, полосу обзора 1 МГц\дел, входного атеньюатора-10 Дбм- Уровень входного сигнала отсчитывается по оси Y с учетом того, что верхняя линия на экране соответствует значению установленного относительного уровня (в данном случае -10 дБм), частота отсчитывается по оси X. Уровень входного сигнала,

индицируемый на ЖКИ, это уровень нижней линии ЭЛТ, цена каждого деления вверх 10 ДБм. Центральная частота соответствует центральной вертикальной линии ЭЛТ, каждое деление влево вправо соответствует в этом случае 1 МГц.

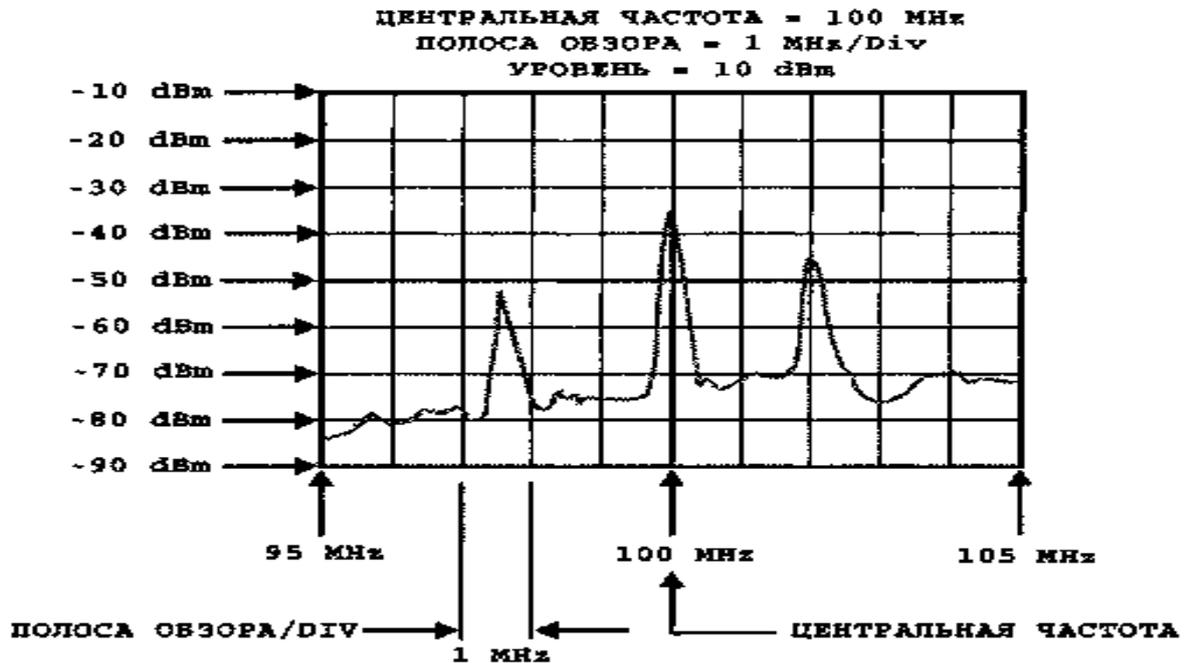


Рисунок 7.7

#### 7.4.7 Использование маркеров

Анализатор спектра GSP-810 имеет два маркера. Для вывода маркеров на экран нажмите кнопку MARKER. Индицируются два маркера. Номера маркеров обозначены на ЖКИ слева. Для выбора управления 1 или 2 маркером используйте вращающуюся ручку SPINNER или кнопку ENTER. Частота положения маркера может быть введена непосредственным набором с цифрового поля в мегагерцах, включая десятичные разряды, или выбором разряда, который будет изменяться с помощью вращающуюся ручку SPINNER. Разрешенный диапазон ввода частоты для определения положения маркера 0,000 МГц... 1150 МГц.

Маркеры будут появляться на экране когда введенная для них частота соответствует заданным значениям центральной частоты и полосы обзора. Для примера центральная частота установлена 100 МГц, полоса обзора 1 МГц\дел, маркеры появятся на экране тогда, когда установленная для них частота будет находиться в пределах 95... 105 МГц. Когда на экране присутствуют маркеры на ЖКИ справа от частоты маркера индицируются уровень в точке пересечения маркера и спектрограммы. При перемещении маркера по экрану значение уровня, соответственно, будет меняться. Если частота маркера не соответствует установленным значениям центральной частоты и полосы обзора, справа от установленной частоты положения маркера будет индицироваться сообщение об ошибке. Если частота положения маркера больше допустимого индицируется надпись «OFF (high)» (выключено выше), если частота меньше «OFF (low)» (выключено ниже). Если режим маркеров не включен, на ЖКИ присутствует надпись «OFF». Для включения режима маркерных измерений кнопку MARKER.

Когда режим маркерных измерений доступен, положение маркеров на экране ЭЛТ, зависит от установленных значений центральной частоты и полосы обзора. При изменении полосы обзора и центральной частоты маркеры будут перемежаться по экрану. При этом может возникнуть ситуация, когда маркеры исчезнут с экрана при нарушении соотношения между частотой положения маркера и установленными значениями центральной частоты и полосы обзора, при восстановлении этих соотношений маркеры вновь появятся на экране ЭЛТ.

Разрешение маркерных измерений зависит от установленного значения полосы обзора. Существует 50 положений маркера на экране на одно деление ЭЛТ. Если полоса обзора установлена 100 МГц\дел, то каждое перемещение маркера составляет 2 МГц. На рис. 7.8 показан ЖКИ индикатор в случае индикации параметров маркеров.

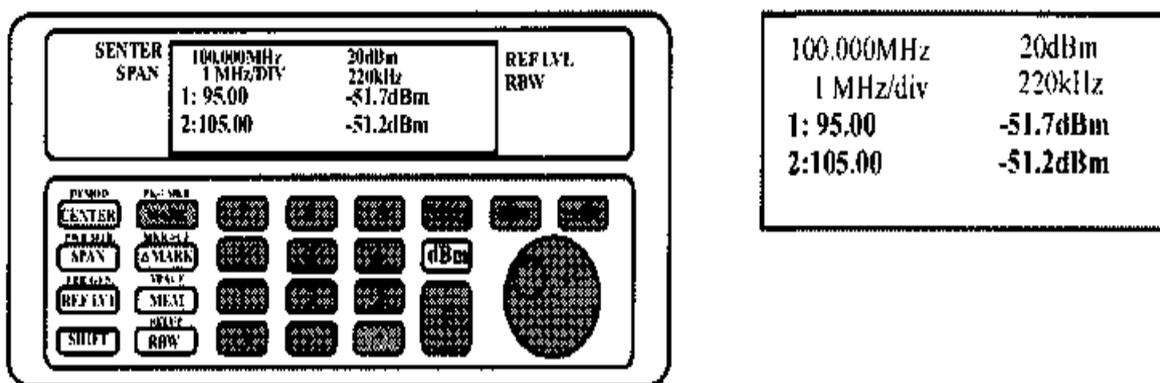
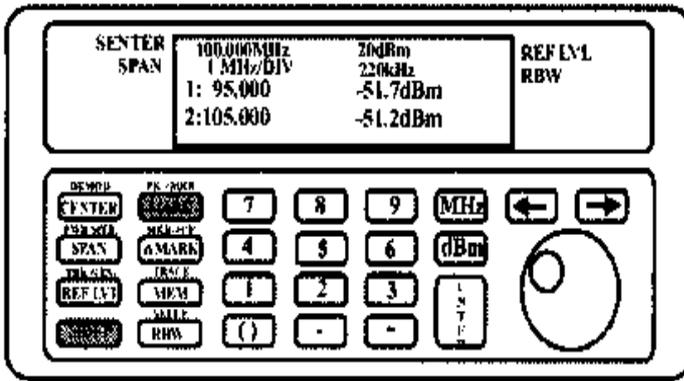


Рисунок 7.8

#### 7.4.8 Установка маркера на пиковые значения

При установке этого режима 1 маркер будет последовательно устанавливаться на пиковые значения сигнала. Когда маркер будет установлен на пиковое значение, на ЖКИ будет индцироваться значение частоты и уровень сигнала в этой точке. Если пиковое значение не найдено (или оно больше чем возможное для установки маркера), маркер будет установлен в конец экрана. Каждое нажатие на кнопку PK>MKR приводит к началу нового поиска пикового значения от установленной точки вправо. Если при включении этого режима, режим маркерных измерений не был активирован, он будет автоматически включен, и поиск пиковых значений будет происходить от левого края экрана вправо. Если режим маркерных измерений включен, но маркеры находятся за пределами экрана (полосы обзора), режим поиска пиковых значений все равно возможен и после его включения маркеры появятся на экране.

Этот режим показан на рис.7.9.



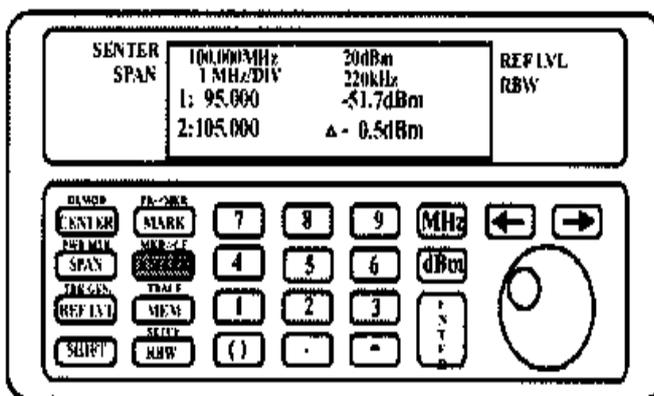
100.000MHz	20dBm
1 MHz/div	220kHz
1: 95.000	-51.7dBm
2:105.000	-51.2dBm

Рисунок 7.9

### 7.4.9 Маркерные - Δ измерения

Управление маркерные Δ-измерения подобны маркерным измерениям. Для выбора этого режима нажмите кнопку ΔMKR. В этом режиме 1 маркер используется как опорный для измерения уровня между 2 маркером. На ЖКИ будет индцироваться разность уровней между 1 и 2 маркером.

Этот режим показан на рис.7.10.



100.000MHz	20dBm
1 MHz/div	220kHz
1: 95.000	-51.7dBm
2:105.000	Δ -12.0dBm

Рисунок 7.10

### 7.4.10 Запись положения маркера как центральной частоты

Этот режим устанавливает значение центральной частоты равное значению частоты, в которой находится 1 маркер. Перезаписать, таким образом, центральную частоту возможно даже в случае если маркер находится за пределами экрана и на ЖКИ присутствует надпись «OFF». Полоса обзора будет изменена исходя из соответствия с центральной частотой. Этот режим невозможен, если полоса обзора установлена равной нулю.

Этот режим показан на рис.7.11.

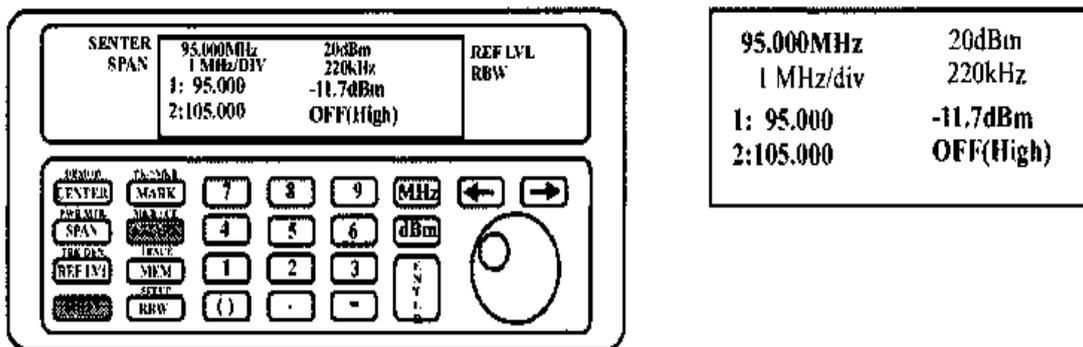


Рисунок 7.11

### 7.4.11 Операции с изображением спектрограммы

Режим «TRACE» обеспечивает проведение таких операций с полученной на экране ЭЛТ спектрограммой, как выбор максимального значения (PEAK HOLD), усреднение (AVERAGE) и разовый запуск развертки (FREEZE). Эти режимы индицируются на нижней части ЖКИ и выбираются вращающейся ручкой SPINNER.

Режим выбора максимального значения устанавливает верхнее максимальное значение по амплитуде принятого сигнала в каждой точке

изображения. Это изображение сигнала можно сбросить, выключив режим выбора максимального значения. Этот режим автоматически выключается, если включен режим усреднения. Использование маркеров возможно, как и в обычном режиме, если установлена не нулевая полоса обзора.

В режиме усреднения на экран ЭЛТ выводится среднее изображение спектра за некоторое количество запусков развертки. Это количество может быть выбрано кнопками < >. Возможны следующие установки параметров этого режима Выкл, 2, 4, 8, 16 и 32 усреднения. Включение этого режима выключает режим выбора максимальных значений и наоборот. Использование маркеров возможно, как и в обычном режиме, если установлена не нулевая полоса обзора.

Режим разового запуска приводит к индикации спектрограммы за один проход развертки луча, после этого изображение на экране ЭЛТ остается неизменным. Для последующего изменения изображения повторно нажмите кнопку >, нажатие кнопки < приводит к выходу из этого режима и к переходу в обычный режим работы анализатора спектра.

Эти режимы показаны на рис. 7.12

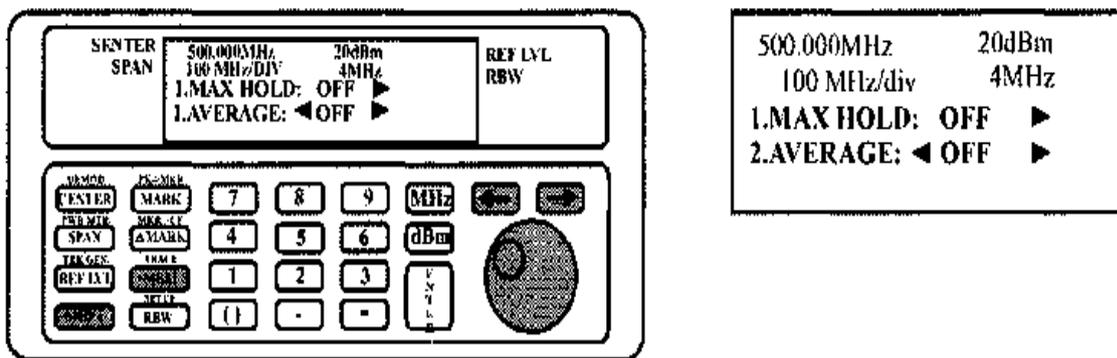


Рисунок 7.12

#### 7.4.12 Режим записи и вызова из памяти

Для выбора режима операций с памятью нажмите кнопку MEMORY. В нижней части ЖКИ появятся надписи индицирующие включение режима вызова из памяти и записи в память данных об установленных режимах работы анализатора спектра.

В режиме записи представляется возможным сохранить в 10 ячейках памяти 10 различных конфигураций режимов работы включая центральную частоту, полосу обзора, параметры установки маркеров, следящий генератора и измерителя мощности. Для выбора режима сохранения вращающейся ручкой установите режим записи (2 Save Setup), кнопкой > переведите курсор на поле выбора ячейки памяти, в которую будет производиться запись вращающейся ручкой SPINNER, выберите необходимую ячейку памяти с 1 по 9 и нажмите кнопку ENTER для записи выбранных значений.

В режиме вызова представляется возможным вызвать из 10 ячейках памяти 10 различных конфигураций режимов работы включая центральную частоту, полосу обзора, параметры установки маркеров, следящий генератора и измерителя мощности, предварительно внесенных в память анализатора спектра. Для выбора режима вызова вращающейся ручкой установите режим вызова (1 Recall Setup), кнопкой > переведите курсор на поле выбора ячейки памяти, из которой будет производиться считывание, вращающейся ручкой SPINNER выберите необходимую ячейку памяти с 1 по 9 и нажмите кнопку ENTER для вызова выбранных значений.

Эти режимы показаны на рис. 7.13

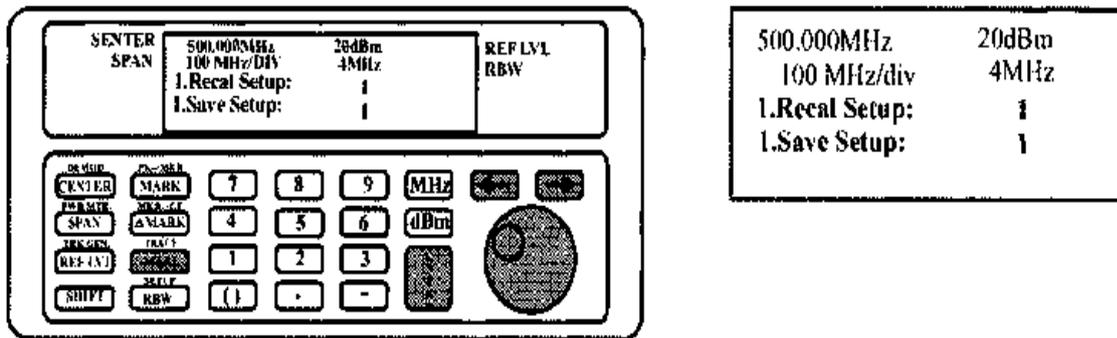


Рисунок 7.13

### 7.4.13 Режим контроля установки параметров анализатора спектра

Режим начальной установки анализатора спектра позволяет установить различные начальные или вспомогательные режимы работы измерителя. Режим установки включается нажатием на кнопки SHIFT RBW. Исследуемый сигнал исчезает с экрана ЭЛТ. Выбор необходимых параметров осуществляется вращающейся ручкой SPINNER в следующей последовательности:

#### 1. Включение калибровочного сигнала (CAL signal).

Эта установка дает возможность подачи сигнала калибровки с внутреннего калибратора частотой 80 МГц на вход анализатора спектра. Для включения выключения сигнала калибровки нажимайте кнопку >, в правой части индикатора будут меняться надписи «OFF» «ON» (Вкл\выкл).

#### 2. Вывод установленных данных.

Выбор этого режима дает возможность к доступу установленной конфигурации анализатора спектра GSP-810 и версии программного обеспечения. Нажмите кнопку > на экране появится версия программного обеспечения (SW), установленные программные опции (FW), опция следящий генератора (TG или N, если опция не установлена), демодулятора (R), измерителя мощности (PM) и опорный сигнал (REF). Если после

символов TG, R, и PM находится буква N, это означает, что в данном анализаторе спектра эти дополнительные опции не установлены. Поле опорного сигнала имеет два состояния для характеристики опорного генератора 10 МГц. Первое поле индицирует стандартный опорный генератор 10 МГц (STD) и с улучшенными характеристиками (IMP). Второе поле индицирует способ подачи опорной частоты 10 МГц, внутренняя (INT) или внешняя (EXT).

### **3. Полный тест**

При полном тесте автоматически проверяются состояние портов LO: LO1, LO2 и LO3. Если все три порта заблокированы, появится надпись «Locked» (блокировано). Если один из трех портов разблокирован, появится надпись «Unlocked» (разблокировано).

### **4. Состояние LO1.**

Показывает состояние LO1. Показывает внутреннее состояние порта LO1. Если он недоступен, появляется надпись «Locked» (блокировано) если доступен, появится надпись «Unlocked» (разблокировано).

### **5. Состояние LO2.**

Показывает состояние LO2. Показывает внутреннее состояние порта LO3. Если он недоступен, появляется надпись «Locked» (блокировано) если доступен, появится надпись «Unlocked» (разблокировано).

### **6. Состояние LO3.**

Показывает состояние LO3. Показывает внутреннее состояние порта LO3. Если он недоступен, появляется надпись «Locked» (блокировано) если доступен, появится надпись «Unlocked» (разблокировано).

### **7. Единицы измерения.**

Позволяет выбирать единицы измерения при установленной опции измерителя мощности. Кнопкой > выберите необходимые единицы измерения «mV» или «dBm».

Эти режимы показаны на рис. 7.14

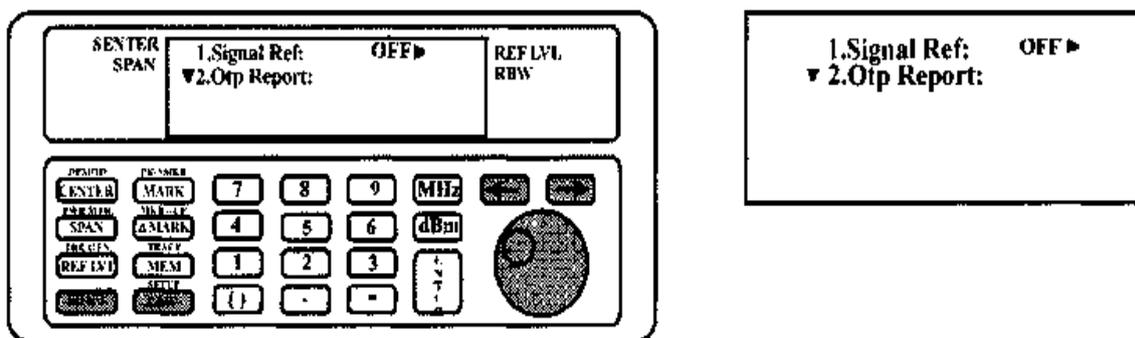


Рисунок 7.14

#### 7.4.14 Демодулятор (при установленной опции)

Анализатор спектра GSP-810 может быть дополнен опцией демодулятора АМ - ЧМ. Для выбора этого режима нажмите кнопки SHIFT DEMOD. Во второй части ЖКИ появится надпись, свидетельствующая о включении этого режима, вращающейся ручкой SPINNER выберите необходимый режим работы демодулятора. Режим демодулятора возможен только при нулевой полосе пропускания. Демодулированный звук будет прослушиваться через внутренний динамик. При установке режима демодулятора, полоса обзора автоматически будет установлена равной нулю (если до этого она не была нулевой). Возможно выбрать различные полосы пропускания для разных режимов работы демодулятора. Для режима ЧМ-широкая, ЧМ-средняя и ЧМ-узкая при включении демодулятора устанавливается полоса пропускания 220 кГц, полоса пропускания может принимать значения 220 кГц и 4 МГц. Для режима АМ при включении демодулятора устанавливается полоса пропускания 30 кГц, изменять ее можно в пределах 3 кГц, 30 кГц, 220 кГц и 4МГц. Полоса пропускания изменяется каждый раз после нажатия кнопки SHIFT DEMOD.

Режим работы демодулятора показан на рис. 7.15

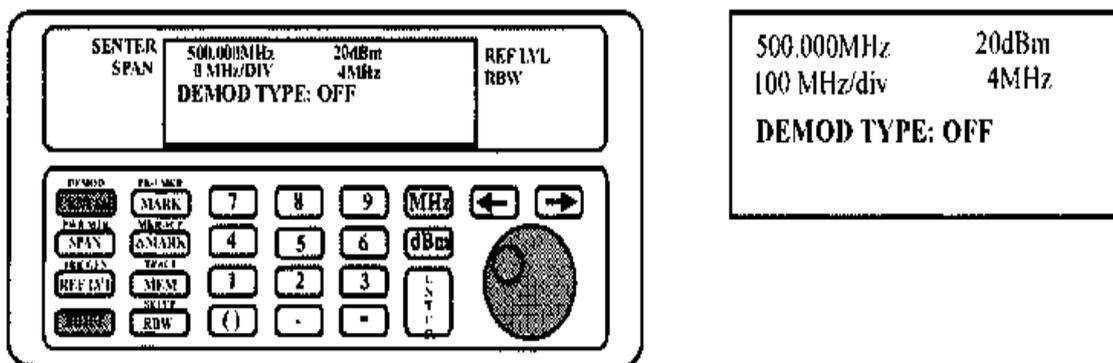


Рисунок 7.15

#### 7.4.15 Следящий генератор (или измеритель АЧХ; при установленной опции)

Анализатор спектра GSP-810 может быть дополнен опцией следящего генератора для исследования АЧХ радиоэлектронных устройств. Для выбора этого режима нажмите кнопки SHIFT и TRK GEN. Во второй части ЖКИ появится надпись «TRK GEN» свидетельствующая о включении этого режима. Нажмите кнопку ← для включения генератора. Нажмите кнопку → для перевода курсора в поле «NORM» (калибровка). Нажмите кнопку → еще раз для активации функции калибровки. Используйте вращающуюся ручку «SPINNER» для перехода на вторую линию индикатора ЖКИ для установки параметров генератора. Нажмите кнопку «ENTER» для выбора режима коррекции параметров генератора, каждое нажатие этой кнопки будет перемещать курсор между различными полями установки параметров.

Второе поле индикатора ЖКИ в режиме следящего генератора индицирует уровень и смещение по частоте (индикации смещение нет). Оба поля могут быть выбраны нажатием на кнопки ← или →. Для изменения значения записанного в этом поле используйте вращающуюся ручку «SPINNER». Изменяемые параметры будут принимать разрешенные значения.

Режим калибровки дает пользователю возможность установки коэффициента усиления и компенсации потерь в кабеле в процессе теста. Для калибровки соедините выход генератора с входом анализатора спектра. Запустите режим калибровки, анализатор спектра произведет все необходимые измерения. При изменении центральной частоты и полосы обзора, данные предыдущей калибровки будут сброшены и процесс калибровки следует повторить.

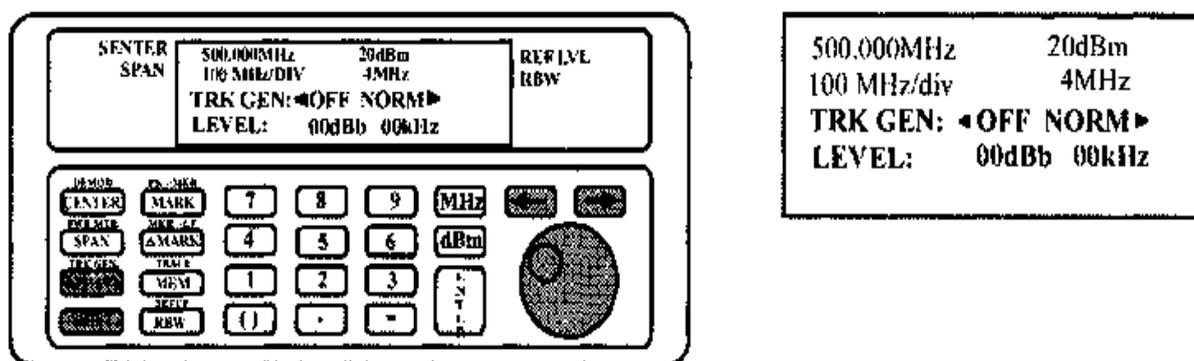


Рисунок 7.16

#### 7.4.16 Измеритель мощности (при установленной опции)

Анализатор спектра GSP-810 может быть дополнен опцией измерителя мощности. Для выбора этого режима нажмите кнопки SHIFT PWR MTR. Во второй части ЖКИ появятся значение измеренной мощности в тУили dBm, в зависимости от установленного в SETUP значения, эта надпись свидетельствует о включении режима измерителя мощности. Пределы измерения мощности составляют 2 мВт, 20 мВт, 200 мВт, 2 Вт. Пределы измерения выбираются или ручную или автоматически в зависимости от установленного режима. Частота, на которой производятся измерения, индицируется в виде четырех чисел привязанных к центральной частоте.

При измерении мощности предварительно необходимо установить «нуль», при установке нуля, сигнал на вход анализатора спектра, не должен подаваться.



## 8. ОСЦИЛЛОГРАФ ЦИФРОВОЙ GDS-806S/806C

### 8.1 Назначение

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для лиц, работающих с прибором, а также для обслуживающего и ремонтного персонала.

РЭ включает в себя все данные о приборе, указания по работе.

РЭ содержит сведения об осциллографах типа GDS-806S; GDS-806C, осциллографах типа GDS-8103; GDS-810C, осциллографах типа GDS-820S; GDS-820C и осциллографах типа GDS-840S; GDS-840C. Данные серии осциллографов отличаются полосой пропускания (60, 100, 150 и 250 МГц), но порядок работы однотипен для всех типов осциллографов. Принципиальные различия для различных серий *выделены* в примечания.

Все радиоэлементы, встречающиеся в руководстве, обозначены позиционными номерами в соответствии со схемой электрической принципиальной. При изучении прибора следует пользоваться комплектом принципиальных электрических схем.

В связи с постоянной работой по совершенствованию изделия, повышающей его надежность и улучшающей условия эксплуатации, в конструкцию могут быть внесены незначительные изменения, не отражённые в настоящем издании.

Осциллографы цифровые GDS-806S; GDS-806C (далее осциллографы) предназначены для исследования и измерения параметров периодических сигналов в полосе частот 0..60 МГц и однократных сигналов в полосе частот до 10 МГц. Осциллографы цифровые GDS-8103; GDS-810C (далее осциллографы) предназначены для исследования и измерения параметров периодических сигналов в полосе частот 0..100 МГц и однократных сигналов в полосе частот до 10 МГц. Осциллографы цифровые GDS-820S; GDS-820C

(далее осциллографы) предназначены для исследования и измерения параметров периодических сигналов в полосе частот 0..150 МГц и однократных сигналов в полосе частот до 10 МГц. Осциллографы цифровые GDS-840S; GDS-840C; (далее осциллографы) предназначены для исследования и измерения параметров периодических сигналов в полосе частот 0..250 МГц и однократных сигналов в полосе частот до 10 МГц. Осциллографы всех серий обеспечивают цифровое запоминание, цифровое измерение в диапазоне амплитуд от 2 мВ до 300 В и временных интервалов от 1 нс до 10 с, автоматическую установку размеров изображения, автоматическое измерение амплитудно-временных параметров входного сигнала с выводом результата измерения на экран дисплея.

Осциллографы обеспечивают возможность подключения к персональному компьютеру через стык **RS-232** или **USB**. В осциллографах также имеются интерфейсы **LPT** для подключения принтера и «**годен-негоден**» для допускового контроля. Возможна установка опции  **GPIB** вместо интерфейсов **USB,LPT** и «**годен-негоден**».

Осциллографы обеспечивают возможность подключения к внешнему лазерному принтеру, для распечатки результатов отображаемых на дисплее.

Различия в возможностях осциллографов приведены в таблице ниже:

**Таблица 8.1**

Тип прибора	Полоса пропускания	Цв. Дисплей	Ч/Б дисплей	LPT, г/нг	GPIB
GDS-806S	60МГц		+	+	Опция
GDS-806C	60МГц	+		+	Опция
GDS-810S	100МГц		+	+	Опция
GDS-810C	100МГц	+		+	Опция
GDS-82GS	150МГц		+	+	Опция
GDS-820C	150МГц	+		+	Опция
GDS-840S	250МГц		+	+	Опция

GDS-840C	250МГц	+		+	Опция
----------	--------	---	--	---	-------

## 8.2 Технические данные

### 8.2.1 Тракт вертикального отклонения

- ◆ Коэффициенты отклонения каждого из каналов вертикального отклонения имеют значения от 2мВ/дел до 5 В/дел в последовательности 1;2;5 при непосредственном входе.
- ◆ Пределы допускаемого значения погрешности коэффициентов отклонения каждого из каналов 1 и 2 на частоте 1 кГц не превышает:
  - при непосредственном входе  $\pm 3\%$
  - с делителем 1:10 -  $\pm 4\%$ .
- ◆ Пределы допускаемого значения абсолютной погрешности измерения напряжения в опорном диапазоне частот до 3 МГц при непосредственном входе составляют:

$$\pm(0,03*U_{\text{изм}}+0,05*K) \text{ В, где:}$$

$U_{\text{изм}}$ - измеренное значение напряжения, В;

$K$  - величина численно равная установленному значению коэффициента отклонения, В.

Пределы допускаемого значения погрешности измерения напряжения в опорном диапазоне частот до 3 МГц с делителем 1:10 составляют

$$\pm(0,04*U_{\text{изм}}+0,05*K) \text{ В, где:}$$

$U_{\text{изм}}$ - измеренное значение напряжения, В;

$K$  - величина численно равная установленному значению коэффициента отклонения, В.

◆ Полоса пропускания осциллографа при непосредственном входе составляет:

- для периодического сигнала 60 МГц;
- для однократного сигнала 10 МГц.

При подключении делителя 1:10, из комплекта осциллографа, в положении 1:1 полоса пропускания осциллографа составляет 6 МГц, в положении 1:10, составляет 60 МГц для периодического сигнала и 10 МГц для однократного сигнала. В осциллографе предусмотрено ограничение полосы пропускания входного сигнала до 20 МГц.

◆ Время нарастания переходной характеристики (ПХ) каждого из каналов вертикального отклонения при непосредственном входе и периодическом сигнале составляет не более 7.5 нс.

◆ Параметры входов каждого из каналов усилителя:

При непосредственном входе

активное сопротивление	1 МОм ± 2%
Входная емкость, не более	22 пФ
С делителем 1:10	
активное сопротивление	10 МОм ± 2%
Входная емкость, не более	19 пФ

**Примечание:** в положении делителя 1:1 параметры осциллографа составляют:

полоса пропускания	6 МГц
активное сопротивление	1 МОм ± 2%
входная емкость, не более	62 пФ

◆ Осциллограф обеспечивает следующие режимы связи входного усилителя:

- закрытый вход (АС) -обеспечивает прохождение сигналов на вход усилителя вертикального отклонения с частотой более 10 Гц,

- открытый вход (DC) обеспечивает прохождение сигналов на вход усилителя вертикального отклонения во всей полосе частот, включая постоянную составляющую.
  - вход усилителя закорочен на корпус (GND), входной сигнал не поступает на вход усилителя и физически отключен от входа усилителя.
- ◆ Осциллограф обеспечивает следующие режимы каналов вертикального отклонения:
- наблюдение сигналов по каналам 1, 2, 1 и 2;
  - суммы 1+2 при открытых и закрытых входах каналов 1 и 2;
  - инвертирование сигнала в каналах 1 и 2;
  - быстрое преобразование Фурье (БПФ) в каналах 1 или 2;
  - автоматическую установку размеров изображения и автоматическую синхронизацию исследуемого сигнала.
- ◆ Допускаемое суммарное значение постоянного и переменного напряжения на входе каждого из каналов усилителя:

на входе каждого из каналов усилителя      не более 300 В  
С делителем 1:10

при этом, частота переменного напряжения не должна превышать значения 1 кГц.

- ◆ Предел перемещения луча по вертикали в каждом из каналов вертикального отклонения, в зависимости от положение переключателя В/дел, не менее:

2 мВ/дел... 50 мВ/дел	±0.5 В
100 мВ/дел... 500 мВ/дел	±5 В
1 В/дел... 5 В/дел	±50 В

## 8.2.2 Тракт горизонтального отклонения

- ◆ Коэффициент развертки осциллографа имеет значения от 1 нс/дел до 10 с/дел, в последовательности 1; 2,5; 5.

Пределы допускаемого значения абсолютной погрешности измерения временных интервалов составляет  $\pm(0,0001 \cdot T_{\text{изм}} + 0,04 \cdot K + 40)$  пс, где  $T_{\text{изм}}$  - измеренное значение временного интервала, с;

$K$  - величина численно равная установленному значению коэффициента развертки, с.

- ◆ Осциллограф обеспечивает следующие режимы работы трактата горизонтального отклонения:
  - работа на основной развертке
  - возможность выделения «окна»
  - увеличение выделенного окна.

### 8.2.3 Синхронизация

- ◆ Осциллограф обеспечивает следующие режимы запуска развертки:
  - автоматический, с ручной установкой уровня синхронизации, для сигналов с частотой не менее 40 Гц;
  - автоматический, с автоматической установкой уровня синхронизации, для сигналов с частотой не менее 40 Гц;
  - ждущий;
  - однократный;
  - выбор ТВ строки (SECAM, PAL и NTSC);
  - по условиям длительности импульса ( $>$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $\neq$ ), условия для длительности импульса устанавливаются в пределах от 20 нс до 10 с. Абсолютная погрешность определения длительности импульса при запуске развертки не превышает  $\pm(0,05 \cdot T + 20)$  нс, где  $T$  - заданное значение длительности импульса.

Соотношение длительности импульса, дискретности задания длительности импульса и числа счета длительности импульсов приведены в таблице ниже:

Длительность импульса	ДИСКРЕТНОСТЬ УСТАНОВКИ
20 нс...,9.99 мкс	20 нс
10 мкс....99,9 мкс	0.1 мкс
100 мкс,...999 мкс	1 мкс
1.00 МС....9.99 мс	10 мкс 1
10.0 МС....99.9 мс	0.1мс
100 МС....999 мс	1 мс
1.00 с...10.0 с	0.1 с _

- задержка по времени, диапазон установки времени задержки находится в пределах - от 100 нс до 1,3 мс;
  - задержка по событию, диапазон установки числа событий находится в пределах - от 2 до 65000 событий.
- ◆ Осциллограф обеспечивает следующие режимы синхронизации:
- синхронизацию сигналом в канале 1 (канале 2), в одноканальном режиме;
  - синхронизацию сигналом в канале 1 (канале 2), в двухканальном режиме и режиме суммирования входных сигналов;
  - синхронизацию от сети;
  - синхронизацию от внешнего источника.
- ◆ Внутренняя синхронизация обеспечивается при следующих уровнях входного сигнала:
- в диапазоне частот входного сигнала 0 ~ 25 МГц 0.35 дел или 3,5 мВ

в диапазоне частот входного сигнала 25 МГц ~ 100 МГц 1,5 дел или 15 мВ

◆ Внешняя синхронизация обеспечивается при следующих уровнях входного сигнала:

• в диапазоне частот входного сигнала 0~30МГц не менее 50 мВ

• в диапазоне частот входного сигнала 30 МГц~60 МГц не менее 100 мВ

◆ Параметры входа внешней синхронизации:

• активное сопротивление 1 МОм ± 2%

• входная емкость, не более 22 пФ

◆ Допускаемое суммарное значение постоянного и переменного напряжения на входе внешней синхронизации не более 300 В, при этом частота переменного напряжения не должна превышать значения 1 кГц.

◆ Синхронизация в режиме ТВ обеспечивается при уровне входного сигнала не менее 0,5 деления.

◆ Осциллограф обеспечивает применение в тракте синхронизации следующие виды связи:

• фильтр переменной составляющей - обеспечивает прохождение в тракт синхронизации частот свыше 20 Гц.

• фильтр постоянной составляющей - обеспечивает прохождение в тракт синхронизации всех частот без дополнительной фильтрации.

• фильтр НЧ - обеспечивает прохождение в тракт синхронизации частот ниже 50 кГц.

• фильтр ВЧ - обеспечивает прохождение в тракт синхронизации частот выше 50 кГц.

- фильтр шума - обеспечивает прохождение в тракт синхронизации частот не содержащих шумовую составляющую.
- ◆ Осциллограф обеспечивает следующие диапазоны задержки запуска развертки:

Предзапуск	20 делений
Послезапуск	1000 делений

#### **8.2.4 X-Y -вход**

- ◆ Осциллограф обеспечивает режим работы X-Y входа.

При этом, входом оси X является сигнала подаваемый на вход канала 1, а входом оси Y является сигнала подаваемый на вход канала 2.

- ◆ Ширина полосы пропускания составляет 60 МГц.  
Фазовый сдвиг -  $\pm 3^\circ$  на частоте 100 кГц.

#### **8.2.5 Аналогово-цифровое преобразование**

- ◆ Осциллограф обеспечивает реальную частоту дискретизации входного сигнала 100 МГц по каждому каналу.
- ◆ Осциллограф обеспечивает эквивалентную частоту дискретизации входного сигнала 25 ГГц по каждому каналу.
- ◆ Число разрядов АЦП осциллографа составляет 8.
- ◆ Объем памяти на канал осциллографа составляет 125 Кбайт.
- ◆ Частота однократного сигнала, отображаемого на экране, составляет 10 МГц, при объеме памяти на канал 125 Кбайт.
- ◆ Осциллограф обеспечивает использование внутреннего пикового детектора 10 нс, при коэффициенте развертки от 500 нс/дел до 10с/дел
- ◆ Осциллограф обеспечивает усреднение и отображение формы входного сигнала в пределах 2, 4, 8, 16, ..., 256 разверток.

## 2.6 Автоматические, курсорные измерения и измерения временных параметров методом растяжки окна.

- ◆ Осциллограф обеспечивает следующие виды автоматических цифровых измерений: измерение амплитудных параметров входного сигнала:
  - VPP измерение амплитуды входного сигнала от пика до пика;
  - VAMP измерение амплитудного значения входного сигнала;
  - VAVG измерение среднего значения входного сигнала;
  - VRMS измерение среднеквадратичного значения входного сигнала;
  - VHI измерение наибольшего напряжения входного сигнала в целом;
  - VLO измерение наименьшего напряжения входного сигнала в целом;
  - VMAX измерение максимального значения входного сигнала;
  - VMIN измерение минимального значения входного сигнала; измерение временных параметров входного сигнала:
    - измерение частоты входного сигнала;
    - измерение периода входного сигнала;
    - измерение времени нарастания входного сигнала;
    - измерение времени спада входного сигнала;
    - измерение длительности положительного импульса входного сигнала;
    - измерение длительности отрицательного импульса входного сигнала;
    - измерение скважности входного сигнала;
- ◆ Осциллограф обеспечивает следующие виды курсорных измерений:
  - измерение напряжения между двумя курсорами, установленными оператором;
  - измерение временного интервала между двумя курсорами, установленными оператором.

### **8.2.7 Дополнительные возможности**

- ◆ Осциллограф обеспечивает автоматический поиск сигнала, автоматическую установку коэффициента развертки, коэффициента вертикального отклонения и уровня запуска в полосе частот от 10 Гц до 60 МГц.
- ◆ Осциллограф обеспечивает возможность записи во внутреннюю память и вызова 15 установок положение органов управления осциллографа при исследовании и измерении формы входного сигнала.
- ◆ Осциллограф обеспечивает возможность записи во внутреннюю память и вызова 2 форм сигнала, отображаемых на экране.

### **8.3 Назначение органов управления**



## **Перевод обозначения органов управления передней панели.**

(назначение органов управления см. далее в описании)

1. СБОР ИНФ	1. СБОР ИНФОРМАЦИИ
2. ДИСПЛЕЙ	2. ИНДИКАТОР
3. УТИЛИТЫ	3. УТИЛИТЫ
4. PROGRAM	4. ПРОГРАМИРОВАНИЕ
5. ON/STBY	5. ВКЛ ПИТ, ВЫКЛ ПИТ
6. КУРСОРЫ	6. КУРСОРЫ
7. ИЗМЕРЕНИЯ	7. ИЗМЕРЕНИЕ
8. ЗАПИСЬ/ВЫЗОВ	8. ПАМЯТЬ/ВЫЗОВ
9. AUTO test/STOP	9. АВТО ТЕСТ/СТОП
10.HARDCOPY	10. ВЫВОД НА ПЕЧАТЬ
11.ПОМОЩЬ	11. ПОМОЩЬ
12.УСТАНОВКА	12.ИЗМЕНЕНИЕ
13.AUTUSET	13. АВТОПОИСК
14. ПУСК/СТОП	14.ПУСК/СТОП
15.ОБНОВЛ	15. СТИРАНИЕ
16.МЕНЮ	16. МЕНЮ
17.УРОВЕНЬ	17.УРОВЕНЬ СИНХРОНИЗАЦИИ
18.СМЕЩЕНИЕ	18. ПОЛОЖЕНИЕ ПО ВЕРТИКАЛИ
19.CH 1	19. КАНАЛ 1
20.CH 2	20. КАНАЛ 2
21.МАТЕМ	21. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
22.ГОРИЗ МЕНЮ	22. МЕНЮ РАЗВЕРТКИ
23.СМЕЩЕНИЕ	23. ПОЛОЖЕНИЕ ПО ГОРИЗОНТАЛИ
24.ВОЛЬТ/ДЕЛ	24. ВОЛЬТ/ДЕЛ
25.ВРЕМЯ/ДЕЛ	25. ВРЕМЯ/ДЕЛ

### 8.3.1 Передняя панель. Дисплей и экранная графика

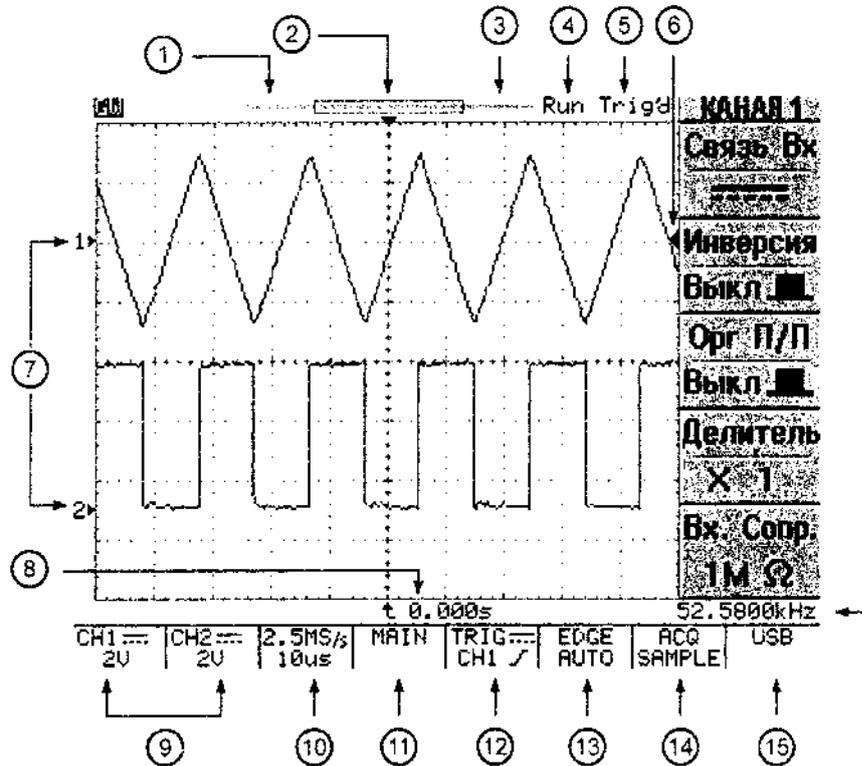


Рисунок 8.2

#### Индикация режимов и положения органов управления на ЖКИ:

1. Линейная шкала индицирующая распределение объема внутренней памяти по отношению к экранной области. Тонкая линейка имитирует полный объем записанного сигнала, широкая линейка (см ниже п.3) имитирует, какая область запомненного сигнала в настоящий момент выводится на экран и где эта область примерно находится в полном сигнале,
2. Точка синхронизации на горизонтальной оси.
3. Изменяемая область памяти, выводимая в настоящий момент на экран,
4. Индикатор запуска осциллографа. RUN - осциллограф находится в режиме запуска. STOP - осциллограф находится в режиме останова.

5. Состояние режима синхронизации. Trig'd - синхронизация есть. Trig - синхронизации нет.

6. Точка синхронизации на вертикальной оси,

7. Точка «земли» для канала 1 или канала 2.

8. Индикатор времени задержки или после запуска по отношению к точке синхронизации на горизонтальной оси (см. выше п.2).

9. Вид связи канала 1 и канала 2, положение переключателя В/дел канала 1 и канала 2.

10. Положение переключателя Время/дел, с указанием частоты дискретизации.

11. Режим работы развертки. MAIN - основная, WINDOW - окно (с указанием времени развертки), ZOOM - растяжка (с указанием времени задержанной развертки), ROLL - самописец, XY - режим X-Y.

12. Режим работы схемы синхронизации с индикацией вида связи, источника синхронизации и полярности синхронизации.

13. Индикация режима синхронизации.

EGDE - синхронизация по фронту, с указанием режима запуска развертки AUTO-автоматический, NORMAL-ждущий, SINGLE - однократный, AUTO-L - автоматический с автоматической установкой уровня синхронизации.

VIDEO (PAL, SECAM или NTSC) - выделение ТВ строки с указанием выбранной системы цветности.

PULSE - запуск развертки по длительности импульса, с указанием режима запуска развертки (см. описание выше).

DELAY - задержка запуска развертки. ВЫХОД - надпись напоминающая о необходимости подать сигнал запуска на вход внешней синхронизации.

14. Режим сбора данных, SAMPL - обычная дискретизация. PEAK - включен пиковый детектор, AVG - включен режим усреднения.

15. Индикатор выбранного активного порта для связи с компьютером.

16. Результат измерения частоты входного сигнала, выбранного в качестве источника синхронизации.

*Органы управления каналами отклонения.*

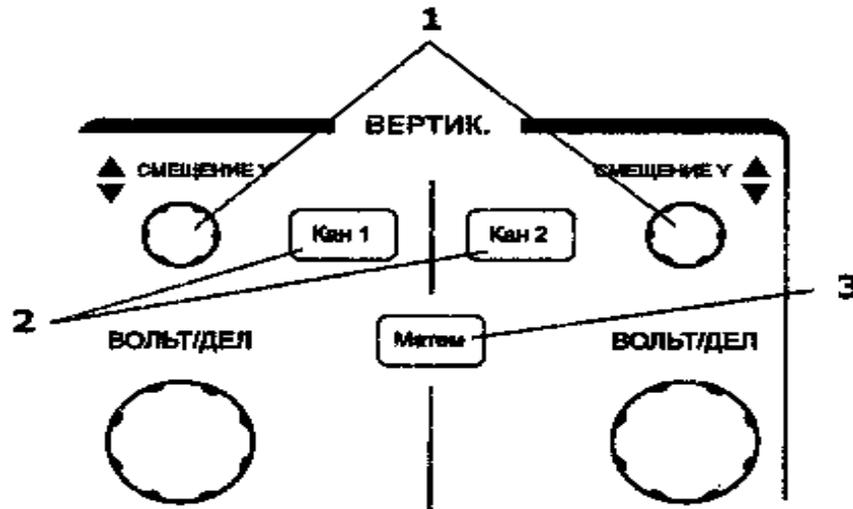


Рисунок 8.3

1. Регулятор перемещения линии луча канала 1 и канала 2 по вертикали.
2. Кнопки управления режимами работы канала 1 и канала 2.
3. Кнопка управления режимом математической обработки.
4. Переключатель входного аттенюатора канала 1 и канала 2.

*Органы управления разверткой:*



Рисунок 8.4

- 1, Кнопка управления режимами работы развертки.
- 2, Регулятора перемещения линии луча по горизонтали.
- 3, Переключатель времени развертки.

*Органы управления включением питания и синхронизацией*



Рисунок 8.5

1. Кнопка включения и выключения питания (работает только при включенном питании на задней панели).
2. Кнопка управления режимами работы синхронизации.
3. Регулятор установки уровня синхронизации.

*Органы управления дополнительными возможностями*

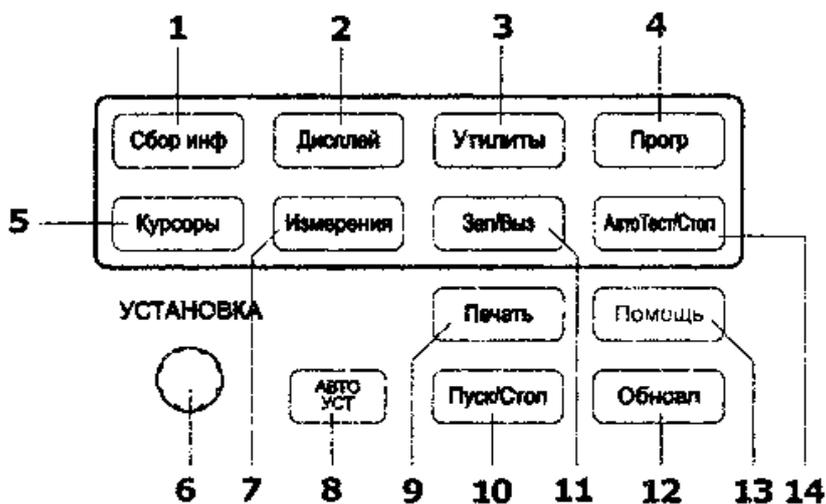


Рисунок 8.6

1. Управление режимами сбора информации.
2. Управление режимами отображения ЖКИ
3. Управление утилитами прибора»
4. Программирование и воспроизведение в режиме обучения.
5. Управление курсорными измерениями.
6. Многофункциональный вспомогательный регулятор.
7. Управление режимами автоматических измерений.
8. Кнопка автоматической установки размеров изображения и наиболее оптимального режима работы схемы синхронизации.
9. Управление печатью внешнего принтера.
10. Запуск/остановка периодической записи осциллографа.
11. Управление режимом записью и воспроизведения профилей (органов управления) осциллографа.
12. Стирание (обновление) информации на экране осциллографа.
13. Кнопка включения режима подсказок.
14. Кнопка остановки режима воспроизведения.

### *Входные гнезда*

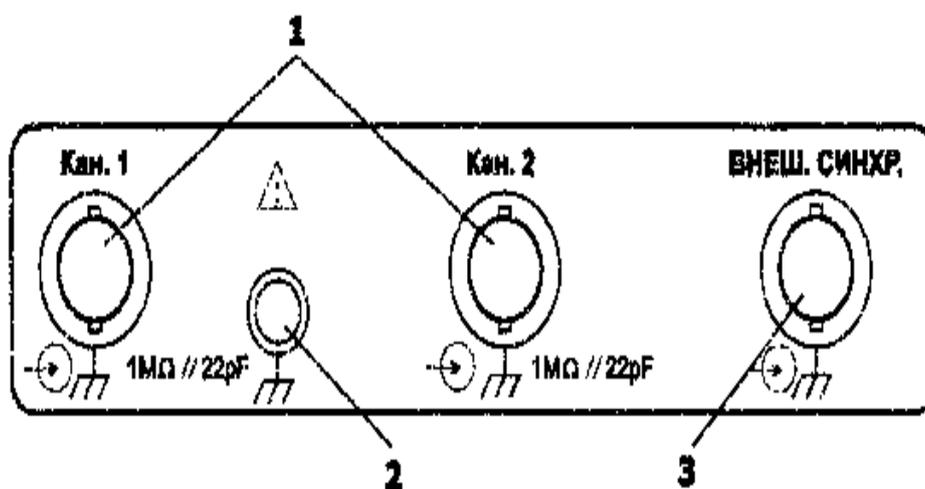


Рисунок 8.7

- 1, Входные гнезда канала 1 и канала 2.
- 2, Клемма заземления.
- 3, Входное гнездо источника внешней синхронизации, собственничество

### 8.3..2 Расположение и назначение органов управления (задняя панель).

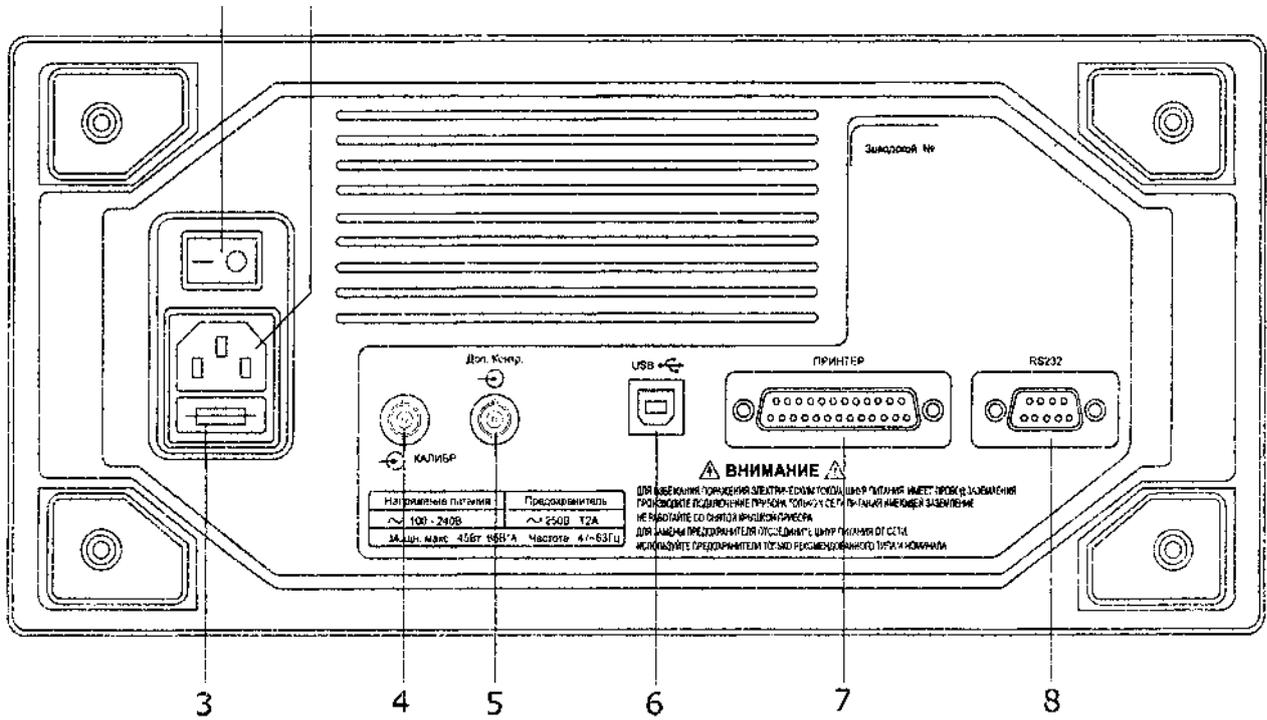


Рисунок 8.8 - Осциллограф серии GDS-820 ( задняя панель)

1. Сетевой выключатель.
2. Разъем кабеля сетевого питания.
3. Гнездо сетевого предохранителя.
4. Гнездо сигнала внутренней калибровки.
5. Гнездо выхода импульсов в режиме допускового контроля,
6. USB порт,
7. LPT порт,
8. Порт RS-232.

## 8.4 Порядок работы

### 8.4.1 Подготовка к работе

Приступая к работе с осциллографом, необходимо внимательно изучить все разделы настоящего руководства.

- ◆ Перед включением осциллографа выполнить все меры безопасности, изложенные в разделе 5 настоящего руководства.
- ◆ В случае большой разницы температур между складским и рабочим помещениями полученный со склада осциллограф перед включением выдерживать в нормальных условиях не менее 4 ч.
- ◆ Проверить наличие предохранителей,
- ◆ После длительного хранения или транспортирования в условиях повышенной влажности осциллографа перед включением выдержать в нормальных условиях не менее 8 ч.

### 8.4.2 Органы управления каналами вертикального отклонения

Органы управления каналами вертикального отклонения предназначены для управления режимами работы каналов 1 и 2.

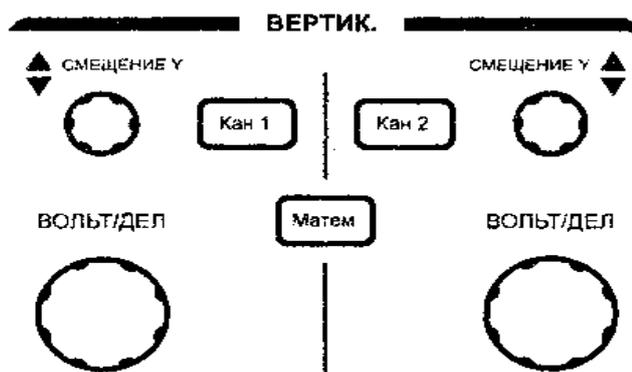
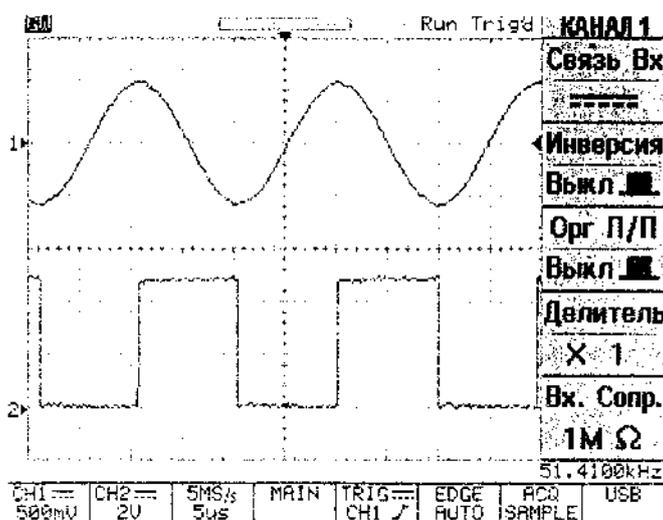


Рисунок 8.9

**ВОЛЬТ/ДЕЛ-** Вращающиеся ручки для канала 1 и канала 2. Вращение ручки по часовой стрелке увеличивает чувствительность канала в последовательности 1-2-5, а при вращении в противоположном направлении уменьшает. Диапазон изменения - от 2мВ/дел до 5В/дел. Ручка автоматически становится бездействующей, если канал выключен. Коэффициенты отклонения и дополнительная информация относительно включённых каналов отображаются в служебной области экрана.

**СМЕЩЕНИЕ** (регулировка положения луча). Предназначена для установки положения луча по горизонтали. При изменении положения изображения по вертикали, автоматически будет перемещаться индикатор положения луча канала 1 1▶ или канала 2 2▶. При изменении положения изображения по вертикали, автоматически будет перемещаться индикатор уровня запуска (символ ←), в правой части дисплея, Если изображение сигнала будет находиться за пределами в нижней части дисплея вместо символа 1▶ и 2▶ появится символ «^!!! и !!!^», если в верхней части дисплея, вместо символа 1▶ и 2▶. появится символ « !!!i !!!и<sup>2</sup> », индицирующий где находится изображение.



**Рисунок 8.10**

**КАН 1 и КДН 2** -кнопки управления каналами вертикального отклонения 1 и канала 2. При включенном канале 1 или 2, кнопка управления

подсвечивается желтым светом, Нажатие на одну из этих кнопок выводит на экран ЖКИ подменю управления режимам работы каналов 1 и 2:

- **Связь входа** □ / !!!!! / !!!!!/; Нажмите кнопку F1 для выбора режима связи по входу AC(□) - связь по переменному напряжению; DC (!!!!) - связь по постоянному напряжению; (!!!!) - заземление входа.

- **Инверсия ВКЛ/ВЫКЛ** нажмите кнопку F2 включения или выключения инвертирование входного сигнала.

- **Ограничение полосы пропускания (П/П):** нажмите кнопку F3 для выбора полосы пропускания - 20 МГц или установки полной полосы пропускания.

- **Делитель:** Нажмите кнопку F4 столько раз, какое ослабление у используемого внешнего делителя XI, X10, или X100. Правильный выбор подключенного делителя позволяет корректно измерять параметры входного сигнала с учетом коэффициента деления входного сигнала (в том числе при курсорных или автоматических измерениях).

- **Входное сопротивление.** Для этого осциллографа входное сопротивление установлено всегда 1 МОм и его невозможно изменить.

- **МАТЕМ** - позволяет производить математические операции с входными сигналами. При выбранном режиме математических операций нажатие на кнопку F1, дает возможность выбрать одну из следующих математических операций:

- **Кан 1+Кан 2** На экране отображается алгебраическая сумма сигналов канала 1 и канала 2

- **Кан 1-Кан 2** На экране отображается алгебраическая разность сигналов канала 1 и канала 2.

- **Перемещение сигнала** полученного в результате математического сложения (вычитания) осуществляется многофункциональным вспомогательным регулятором (6). Величина смещения отображается в поле

«Положение». На рис 8.11 приведен пример отображения двух сигналов и результат их математического сложения.

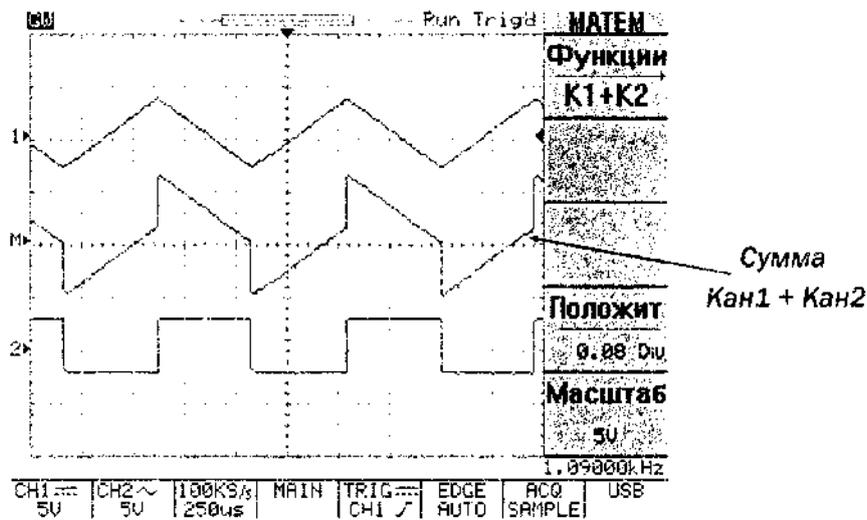


Рисунок 8.11

**Примечание:** В этом режиме на экране будет присутствовать как два исходных сигнала, так и результат математической обработки, Масштаб суммарного сигнала выбирается автоматически с учетом оптимального изображения на экране и отображается в правой нижней части ЖКИ в поле «Масштаб»,

**БПФ** (Быстрое преобразование Фурье) - Преобразование формы сигнала реального времени в спектр сигнала. Режим БПФ позволяет найти частотные компоненты (спектр) сигнала во временной области, Режим БПФ используется для просмотра следующих типов сигналов:

- анализ гармонических составляющих в сетях питания;
- измерение гармонических составляющих и искажений в системах;
- определение характеристик шумов в источниках постоянного напряжения;
- тестирование импульсного отклика фильтров и систем;
- анализ вибрации.

Для использования режима БПФ необходимо выполнить следующие действия:

- установить источник сигнала (во временной области);
- отобразить спектр БПФ;
- выбрать тип окна БПФ;
- настроить частоту выборки для отображения основной частоты и гармоник без искажений;
- использовать элементы управления масштабом для увеличения спектра;
- провести измерения спектра с помощью курсоров.

#### **ПРИМЕЧАНИЕ.**

##### **Частота Котельникова (Найквиста)**

Максимальная частота, которую без ошибок может измерить цифровой осциллограф в режиме реального времени, равняется половине частоты дискретизации. Эту частоту называют частотой Котельникова. Скорость регистрации отсчетов для частот выше частоты Котельникова является недостаточной, что приводит к искажениям БПФ.

При математической обработке в спектр БПФ сигнала преобразуются значения 2048 центральных точек сигнала во временной области. Результирующий спектр БПФ содержит 1024 точки от 0 Гц до частоты Котельникова.

Обычно спектр БПФ на экране сжимается по горизонтали до 250 точек, но с помощью функции масштабирования БПФ можно развернуть спектр, чтобы более подробно отобразить его компоненты в каждой из 1024 точек данных.

Отклик осциллографа по вертикали имеет медленный завал выше полосы пропускания (150 МГц или 250 МГц,) в зависимости от модели, или 20 МГц, когда включено ограничение полосы пропускания). Таким образом, спектр БПФ может содержать фактическую информацию о частотах выше

полосы пропускания осциллографа. Однако амплитудные значения вблизи или выше полосы пропускания не могут считаться точными.

Для установки режима БПФ, при включенном режиме математических операций, нажатием на кнопку F1, выберите режим БПФ. На ЖКИ появятся вспомогательные окна режима БПФ. Для анализа спектра возможно выбрать Канал 1 или Канал 2, а так же вид окна. Для выхода из режима БПФ нажмите кнопку МАТЕМ еще раз. Каждый раз на экран можно вывести только один спектр БПФ.

Для достижения высокой точности амплитудных измерений требуется стационарность входного сигнала в зоне интереса. Это означает, что в пределах зоны интереса параметры входного сигнала (такие как частота и амплитуда) не должны иметь значительных отклонений. Ширина зоны интереса должна составлять не менее одного периода начальной частоты. Соответственно в пределах зоны интереса должен содержаться, по крайней мере, один период измеряемой гармоники.

**Источник:** Выберите источник (канал 1 или канал 2), в котором будет происходить БПФ.

Окно: Выбор окна определяется характеристиками входного сигнала, который необходимо исследовать, а также характеристиками функции окна. Выбор окна снижает утечку частот в спектре БПФ. При выполнении быстрого преобразования Фурье предполагается, что временной сигнал повторяется бесконечно. Для целого числа циклов (1,2,3,...) временной сигнал начинается и заканчивается на одном и том же уровне и в форме сигнала отсутствуют разрывы. При нецелом числе циклов во временном сигнале начальная и конечная точки имеют разные уровни. Переход от начальной к конечной точке приводит к разрыву в форме сигнала, что в свою очередь приводит к появлению высокочастотных переходных составляющих.

Применение окна к сигналу во временной области изменяет форму сигнала таким образом, что начальное и конечное значение сближаются, в результате чего уменьшается величина разрыва.

Функция математических операций включает четыре параметра окна БПФ. Типы окна определяют компромисс между разрешением по частоте и точностью амплитудных измерений. Выбор окна определяется необходимостью измерения конкретных величин и характеристиками исходного сигнала.

**Прямоугольное окно:** Выбор прямоугольного окна. Это окно подходит для сигналов не имеющих разрывов, Это большинство сигналов.

**Окно Блэкмена'**. Выбор окна Блэкмена. Окно Блэкмена обеспечивает худшую погрешность измерения по частоте, чем окно Хеннинга, но обеспечивает лучшее исследование сигналов с малой амплитудой.

**Окно Хеннинга:** Выбор окна Хеннинга. Выбор этого окна обеспечивает большую точность измерения по частоте, но меньшую точность измерения по амплитуде по сравнению с плоским окном.

**Плоское окно;** Выбор плоского окна. Выбор этого окна обеспечивает большую точность измерения по амплитуде но меньшую точность измерения по частоте по сравнению с окном Хеннинга.

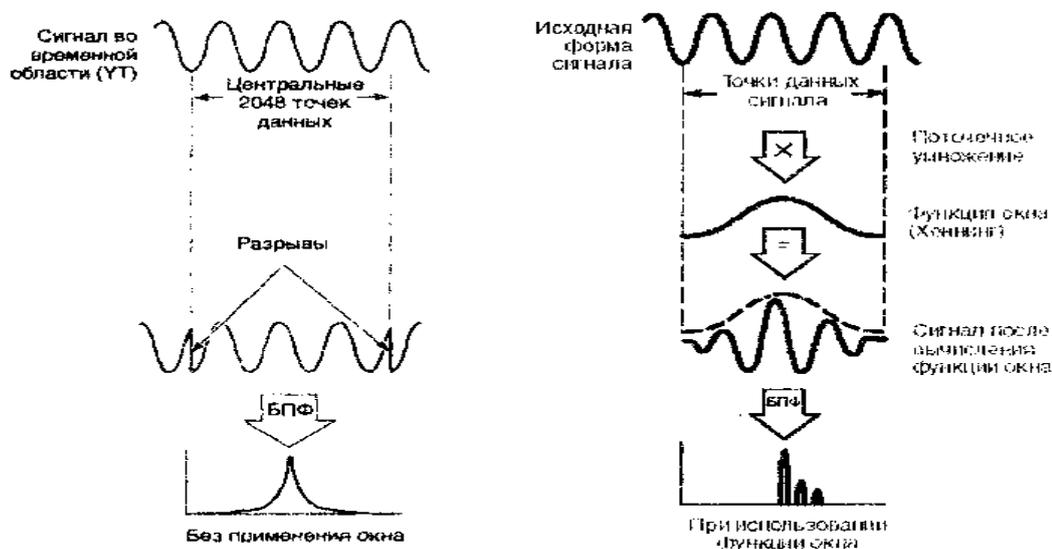
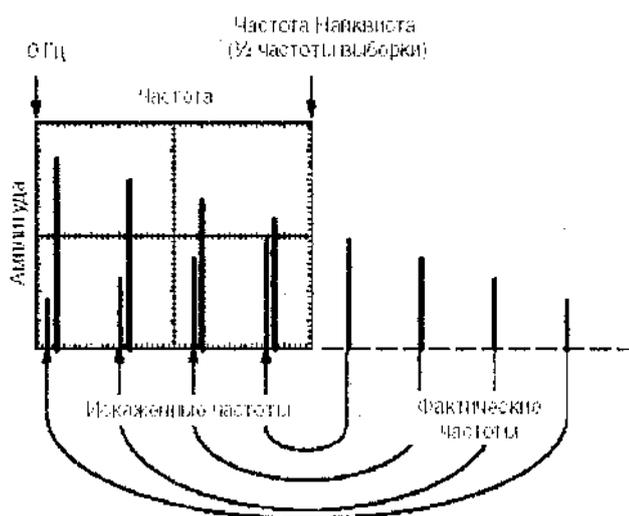


Рисунок 8.12

## ***Искажения БПФ***

Проблемы могут возникать, когда осциллограф регистрирует временной сигнал, содержащий гармоники с частотами выше частоты Котельникова, Скорость регистрации отсчетов для частот выше частоты Котельникова является недостаточной, Это приводит к появлению зеркальных низкочастотных гармоник относительно частоты Котельникова. Такие паразитные гармоники называют искажениями.



**Рисунок 8.13**

### ***Устранение искажений***

Для устранения искажений попробуйте применить следующие меры:

- с помощью ручки *Время/дел* задайте более высокое значение частоты дискретизации, Так как с увеличением частоты дискретизации увеличится частота Котельникова, искаженные гармоники будут отображаться на правильных частотах.
- если нет необходимости просматривать гармоники выше 20 МГц, включите ограничение полосы пропускания.
- примените внешний фильтр к исходному сигналу, чтобы ограничить диапазон его гармоник значением ниже частоты Котельникова.
- определите паразитные гармоники и игнорируйте их.

▪ используйте средства управления масштабom и курсоры для увеличения и выполнения измерений в спектре БПФ.

**Положение спектрограммы:** Нажмите кнопку F4 и многофункциональным вращающимся регулятором «УСТАНОВКА» возможно изменить положение спектрограммы на экране осциллографа. Красный маркер "М" в левой части экрана всегда примерно соответствует значению ослабления 0 dB, значение 0 dB соответствует  $IV_{rms}$ .

**Масштаб спектрограммы:** 20/10/5/2/1 dB: Нажмите кнопку F5 для сжатия спектрограммы по вертикали. Ослабление может принимать значения 20 dB/дел, 10 dB/дел, 5 dB/дел, 2 dB/дел и 1 dB/дел.

**Измерения в режиме БПФ с помощью курсоров:** при включенном режиме БПФ возможно измерение амплитудно-частотных параметров с помощью курсоров. Для включения режима курсорных измерений, нажмите кнопку «КУРСОРЫ» и последующим нажатием на кнопку F1 выберите источник измерений «математика».



в поле управления вертикальными курсорами, установите активный для перемещения курсор (первый, второй или оба сразу) и вращающимся регулятором «УСТАНОВКА» установите его (их) в необходимую позицию, В поле отображения результата измерения будут присутствовать как результат относительных, так и абсолютных измерений:

f 1: измерение частоты первым курсором;

f2: измерение частоты вторым курсором;

1: разница по частоте между курсором f1 и f2;

Div: индикатор масштаба по временной оси Частота/дел.

**Примечание:** более подробно порядок измерения с помощью курсоров



см. в разделе «Курсорные измерения».

в поле управления горизонтальными курсорами, установите активный для перемещения курсор (первый, второй или оба сразу) и вращающимся регулятором «УСТАНОВКА» установите его (их) в необходимую позицию. В поле отображения результата измерения будут присутствовать как результат относительных, так и абсолютных измерений. При выборе источника курсорных измерения «математика», цвет горизонтальных курсоров будет изменен на красный.

M1: измерение уровня первым курсором;

M2: измерение уровня вторым курсором;

$\Delta$  : разница по уровню между курсором M1 и M2

**Примечание:** более подробно порядок измерения с помощью курсоров см. в разделе «Курсорные измерения».

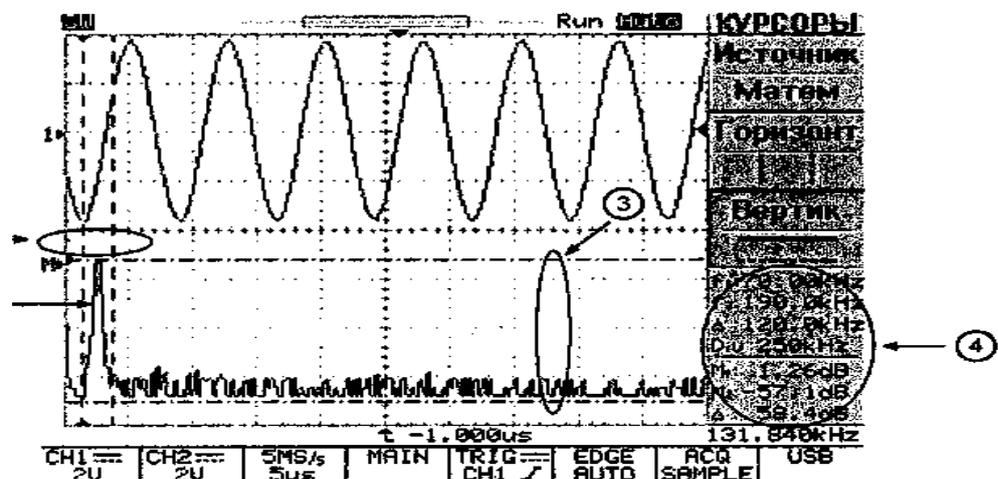


Рисунок 8-14 - . Курсорные измерения

1. измерение частоты вертикальными курсорами;
2. измеряемый сигнал;
3. измерение уровня горизонтальными курсорами;
4. поле результатов курсорных измерений.

### 8.4.3 Органы управления разверткой

Эти органы управления выбирают режим работы развёртки, корректирует горизонтальный масштаб, расположение и растяжку сигнала.



Рисунок 8.15

**ВРЕМЯ/ДЕЛ**- вращающаяся ручка. Вращение ручки по часовой стрелке уменьшает коэффициент развёртки в 1-2-5 последовательности, а при вращении против часовой стрелки увеличивает. Коэффициент развёртки будет отображаться на экране.

**СМЕЩЕНИЕ**- Эта ручка предназначена для горизонтального перемещения лучей каналов 1 и 2. При изменении горизонтального положения, символ ▼ в верхней части дисплея, указывающий точку синхронизации будет смещаться в сторону смещения луча. При достижении крайнего левого или

крайнего правого положения по горизонтали, символ ▼ будет изменен на символ "►", или "▶", индицирующей в какую сторону смещалось изображение.

**ГОРИЗ МЕНЮ** кнопка входа в подменю управления режимами индикации входного сигнала по временной оси

- **Основная развертка.** Индикация входного сигнала на основной развертке. Выбирается нажатием на кнопку F1.
- **Окно.** Выбирается нажатием на кнопку F2. Режим выбора участка входного сигнала, который в режиме «Растяжка окна», будет растянут на весь экран. При выборе этого режима на дисплее появится изображение на двух вертикальных линиях, изменение положения переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ приводит к изменению временного интервала между линиями; значение развертки для выделения окна всегда будет меньше на одно положение переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ, установленного для основной развертки. Например, если основная развертка установлена в положении 2нс, максимальное значение временного интервала между курсорами будет 500мкс. Вращение ручки СМЕЩЕНИЕ приводит к изменению положения участка ограниченного этими линиями. Манипулируя этими двумя ручками, Вы можете выбрать участок сигнала, который будет увеличен в режиме «Растяжка окна».

экрane дисплея увеличенное во времени изображение, выбранное в режиме «Окно».

Действия в режиме растяжки окна на рис.8.1б

- **Самописец.** Выбирается нажатием на кнопку F4. Выбор режима самописца позволяет получить на экране осциллографа, изображение напоминающее запись на магнитную ленту магнитофона. Установка режимов самописца выбирается в меню «СБОР ИНФ», автоматически время развертки устанавливается больше 200 мс.

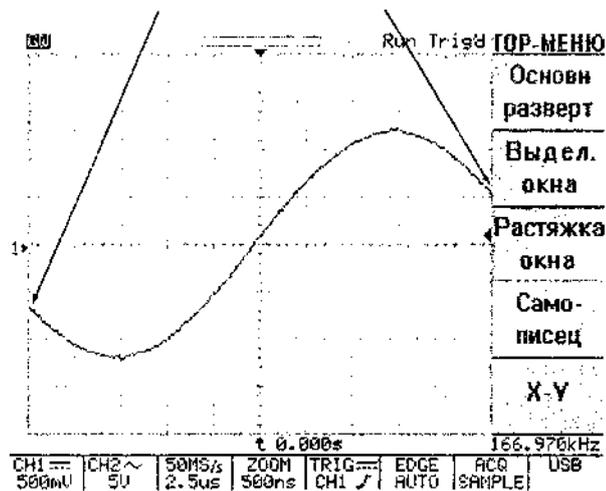


Рисунок 8.16.

**X-Y** Выбирается нажатием на кнопку

у

F5. Выбор режима наблюдения фигур Лиссажу. Канал 1 будет входом для оси X (смещение по горизонтали), канал 2 будет входом для оси Y (смещение по вертикали).

Регулировка усиления по горизонтали осуществляется регулятором ВОЛЬТ/ДЕЛ канала 1, а регулировка положения по горизонтали ручкой СМЕЩЕНИЕ канала 1.

Регулировка усиления по вертикали осуществляется регулятором ВОЛЬТ/ДЕЛ канала 2, а регулировка положения по вертикали ручкой СМЕЩЕНИЕ канала 2.

В режиме XY длина памяти всегда устанавливается равной 500.

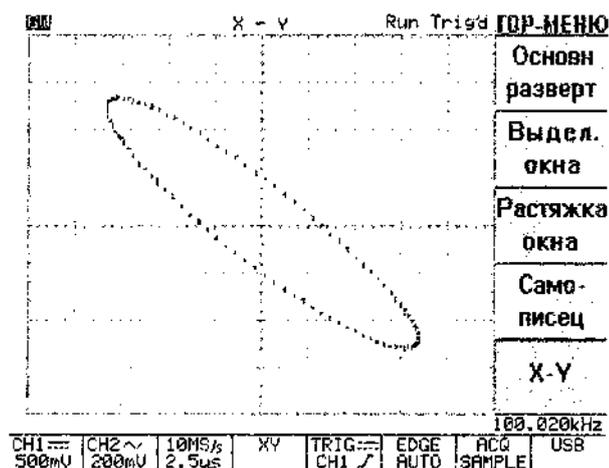


Рисунок 8.17 - Работа в режиме XY

#### 8.4.4 Органы управления схемой синхронизации

Органы управления синхронизацией управляют запуском развёртки для каждого из каналов и в двухканальном режиме. Управление режимами работы синхронизации осуществляется нажатие на кнопку «МЕНЮ» и входом в меню (см. рис, 8.18). Меню позволяет управлять следующими режимами: выбор типа синхронизации, выбор источника синхронизации, выбор вида запуска развертки, установка полярности запуска и выбор фильтров синхронизации.



Рисунок 8.18

**Тип** - нажатием на кнопку F1, возможен выбор типа синхронизации:

- синхронизации по фронту;
- синхронизация видео сигналом;
- запуск развертки по длительности импульса;
- задержка запуска развертки по условиям.

#### ◆ **Синхронизация по фронту**

Нажатием на кнопку F1, выберите синхронизацию «Фронтом», далее возможен выбор следующих параметров:

**Источник** - нажатием на кнопку F2, возможен выбор источника синхронизации:

- **Канал 1** - Развёртка синхронизируется сигналом от канала 1.
- **Канал 2** - Развёртка синхронизируется сигналом от канала 2.
- **Внешняя** - Развёртка синхронизируется внешним сигналом, подающимся на гнездо Выход
- **Сеть** - Развёртка синхронизируется от питающей сети.

**Режим** - нажатием на кнопку F3, возможен выбор режима запуска развёртки:

- **Автоматическая синхронизация.** Выберите автоматический режим. В этом режиме происходит запуск развёртки независимо от наличия синхронизирующего сигнала. Используйте этот режим если вы хотите получить не синхронизированный сигнал или изображение в режиме «прокрутки» при времени развертки менее 500 мс/дел. Этот режим также можно использовать при исследовании низкочастотных сигналов на развертке до 5 с/дел,

- **Ждущая синхронизация.** Запуск развёртки будет осуществляться только при наличии запускающего (входного) сигнала, и когда уровень запуска развертки, установленный ручкой УРОВЕНЬ, находится в пределах от пика до пика сигнала, в противном случае запуска развертки не

произойдет и линия развертки не будет отображаться на экране осциллографа.

- **Однократный.** При выборе этого режима запуск развертки будет происходить или при появлении сигнала на входе осциллографа с уровнем достаточным для запуска схемы синхронизации или при нажатии на кнопку «ПУСК/СТОП», При выполнении этих условий развертка будет запущена только один раз и исследуемый сигнал будет присутствовать на дисплее осциллографа до последующего нажатия на кнопку «ПУСК/СТОП». Органы управления каналами вертикального отклонения, режимы работы каналов и схемы синхронизации должны быть установлены до включения этого режима, после включения этого режима и запуска развертки изменить их невозможно. Полученное изображение возможно растянуть по временной оси регулятором ВРЕМЯ/ДЕЛ и сместить по временной оси ручкой СМЕЩЕНИЕ,

- **Автоматический уровень.** Этот режим позволяет установить автоматический выбор уровня синхронизации. Уровень синхронизации будет установлен по середине сигнала автоматически.

Состояние режима синхронизации отображается символами Trig' d - синхронизация есть, Trig ? – синхронизации нет ( см. рис 8.19)

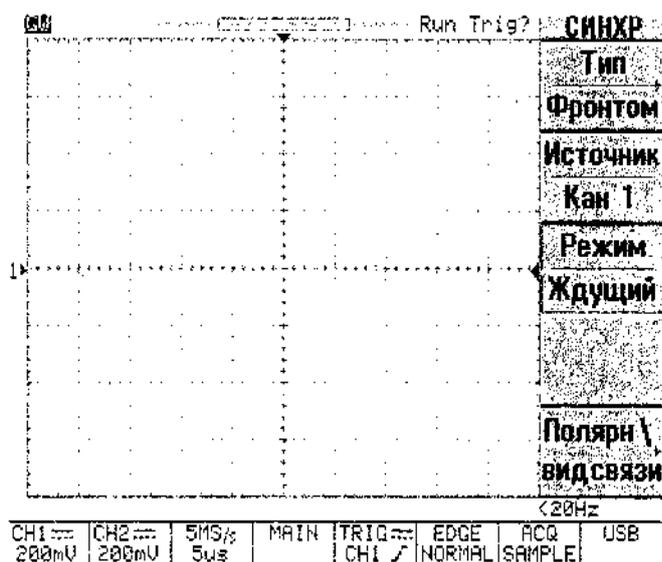


Рисунок 8.19

**Полярность/ вид связи** нажатием на кнопку F5, возможен выбор полярности сигнала синхронизации, использовать фильтры схемы синхронизации,

- **Полярность** - нажатием на кнопку F1, возможен выбор наклона сигнала поляризации. Возможно выбрать запуск развертки положительным или отрицательным фронтом сигнала, что отображается на экране ЭЛТ, соответственно, символами. !!! !!!/ •

- **Связь входа** - нажатое на кнопку F2, возможен выбор режима связи по постоянному напряжению(  )или переменному напряжению(  )схемы синхронизации.

- **Режекторный фильтр** - нажатием на кнопку F3, возможен выбор необходимого режекторного фильтра синхронизации.

**Выкл-** фильтр выключен

**НЧ фильтр** - отфильтровывает из входного сигнала синхронизации высокочастотные компоненты ниже 50 кГц, в том числе и постоянную составляющую. Режим LFR удобен для создания устойчивой синхронизации высокочастотных сигналов сложной формы и устранения влияния сигналов низкой частоты или помех электросети,

**ВЧ фильтр** - отфильтровывает из входного сигнала синхронизации высокочастотные компоненты выше 50 кГц. Этот фильтр удобен для обеспечения устойчивой синхронизации сигналов с низкой частотой и сложной формой.

**Шумовой фильтр** - нажатием на кнопку F4, возможно включение или выключение шумового фильтра. Использование этого фильтра наиболее целесообразно при исследовании низкочастотных слабых сигналов, в этом случае возможно получить устойчивую синхронизацию входного сигнала.

#### ◆ Синхронизация видео сигналом

В этом режиме схема синхронизации дает возможность выбора полярности видео сигнала, выбора системы цветного телевидения, выбора ТВ-строки, и ТВ поля.

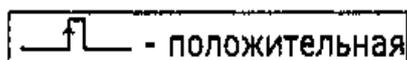
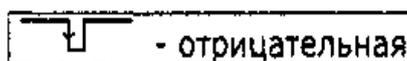
Нажатием на кнопку F1, выберите синхронизацию «Видео», далее возможен выбор следующих параметров:

**Источник** - нажатием на кнопку F2, возможен выбор источника синхронизации

- **Канал 1** - Развёртка синхронизируется сигналом от канала 1.
- **Канал 2** - Развёртка синхронизируется сигналом от канала 2.

**ТВ Система (система цветности)** - нажатием на кнопку F3, возможен выбор одной из систем цветности ТВ сигнала PAL, SECAM или NTSC. Системы PAL и SECAM имеют частоту кадра 50 Гц и число строк 625, система NTSC имеет частоту кадра 60 Гц и число строк 525,

**Полярность** - нажатием на кнопку F4, возможен выбор полярности импульса



**Поле** - нажатием на кнопку F5, возможен выбор выделения ТВ строк 1 поля, выбор выделения ТВ строк 2 поля или синхронизации строчным импульсом.

- **Поле 1.** В режиме выделения ТВ-строки, выберите необходимое поле и вращающимся регулятором «УСТАНОВКА», установите на дисплее необходимый номер строки. В режиме NTSC возможно установить строки 1...263, В режиме PAL 1...313.

- **Поле2.** В режиме выделения ТВ-строки, выберите необходимое поле и вращающимся регулятором «УСТАНОВКА», установите на дисплее

необходимый номер строки. В режиме NTSC возможно установить строки 1...262, В режиме PAL 1...312.

▪ **ТВ строка.** Синхронизация будет происходить строчным импульсом 15525 Гц, фильтр синхронизации настроен на выделение этой частоты, выделения ТВ строк не будет.

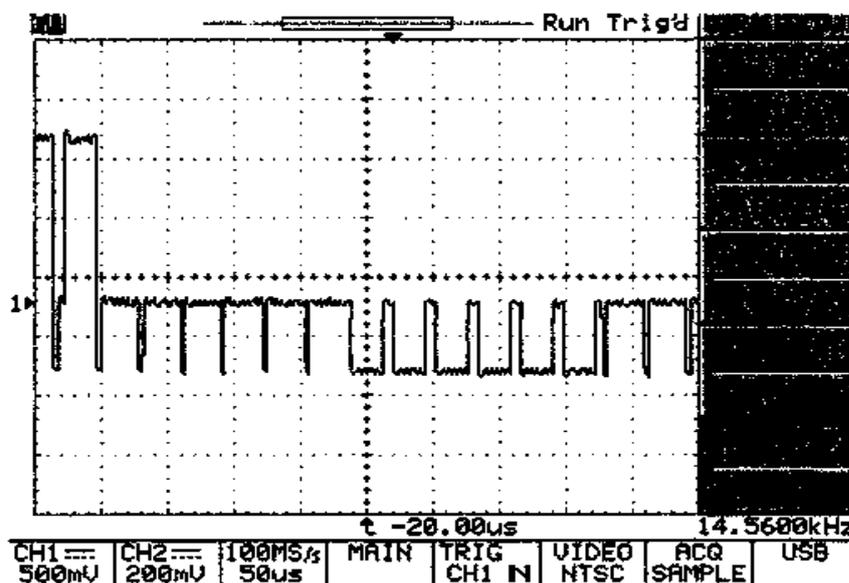


Рисунок 8.20 - ТВ синхронизация

◆ **Запуск развертки по длительности импульса**

В этом режиме синхронизация будет происходить при выполнении условий, заданных для длительности импульса. Это дает возможность запуска линии развертки при обнаружении импульса, длительность которого соответствует заданным условиям. Длительность импульса может быть задана в пределах от 20 нс до 10 с, соотношение длительности импульса, дискретности задания длительности импульса и числа счета длительности импульсов приведены в таблице ниже:

Таблица 8.2

Длительность		Дискретность	Число счета импульсов
20 нс... 980 нс		20 нс	1...49
1.00 мкс... 9.98 мкс		20 нс	50...499
10 мкс... 99.9 мкс		20 нс	500...4995
100 мкс... 999 мкс		200 нс	500...4995
1.00мс... 9.99 мс		200 нс	5000...49950
10.0 мс 99.9 мс		2000 нс	5000... 49950
100 мс... 999 мс		20000 нс	5000...49950
1.00 с... 10.0 с		200000 нс	5000...50000

Нажатием на кнопку F1, выберите синхронизацию «Длительность импульса», далее возможен выбор следующих параметров:

**Источник** - нажатием на кнопку F2, возможен выбор источника синхронизации:

- **Канал 1** - Развёртка синхронизируется сигналом от канала 1.
- **Канал 2** - Развёртка синхронизируется сигналом от канала 2.

**Режим** (см описание режима 8.4.1 Синхронизация по фронту) - нажатием на кнопку F3, возможен выбор режима запуска развёртки:

- **Автоматическая синхронизация**
- **Ждущая синхронизация**
- **Однократный**
- **Автоматический уровень**

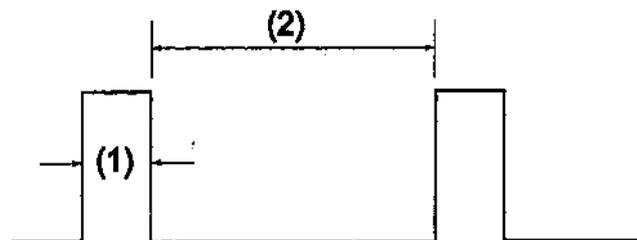
**Когда** - нажатием на кнопку F4, возможен выбор условий и задание длительности импульса

- **Когда>** - «Когда меньше, чем». Запуск развертки происходит при обнаружении импульса, длительность которого меньше установленного значения. Нажмите на кнопку F4 и вращающимся регулятором УСТАНОВКА установите необходимое значение длительности импульса.

- **Когда <** - «Когда больше, чем». Запуск развертки происходит при обнаружении импульса, длительность которого, больше установленного значения. Нажмите на кнопку F4 и вращающимся регулятором УСТАНОВКА установите необходимое значение длительности импульса.
- **Когда =** \*- «Когда равно». Запуск развертки происходит при обнаружении импульса длительность которого равна установленному значению. Нажмите на кнопку F4 и вращающимся регулятором УСТАНОВКА установите необходимое значение длительности импульса.
- **Когда ≠** «Когда не равно». Запуск развертки происходит при обнаружении импульса, длительность которого не равна установленному значению. Нажмите на кнопку F4 и вращающимся регулятором УСТАНОВКА установите необходимое значение длительности импульса.

**Полярность/ вид связи** нажатием на кнопку F5, возможен выбор полярности сигнала синхронизации и использование фильтров схемы синхронизации.

▪ **Полярность** Нажатием на кнопку F1, возможен выбор полярности импульса, длительность которого заданна. Возможно выбрать запуск развертки фронтом импульса положительной или отрицательной полярности сигнала, что отображается на экране ЭЛТ символами.



**Рисунок 8-21 - Полярность сигнала**

1) при задании положительной полярности сигнала, анализироваться будет длительность импульса, отмеченная на рис. 8.21 как (1). В этом случае после запуска развертки изображение на ЖКИ будет как на рис. 8.22

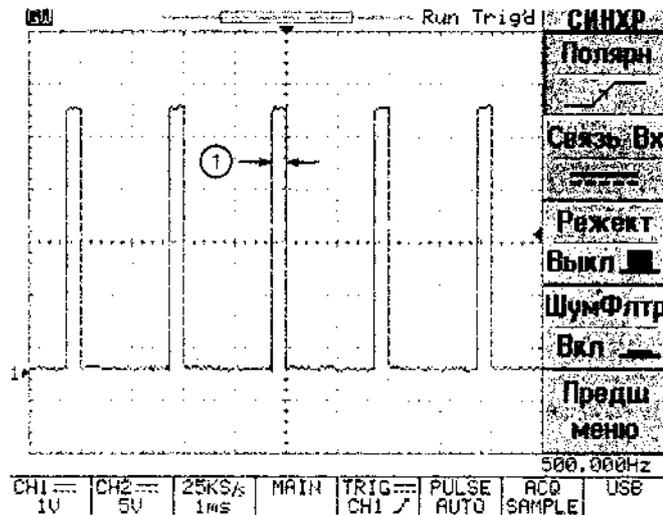


Рисунок 8.22. Положительная полярность сигнала

2) при задании отрицательной полярности сигнала, анализироваться будет длительность импульса, отмеченная на рис. 8.21 как (2). В этом случае после запуска развертки изображение на ЖКИ будет как на рас 8.23

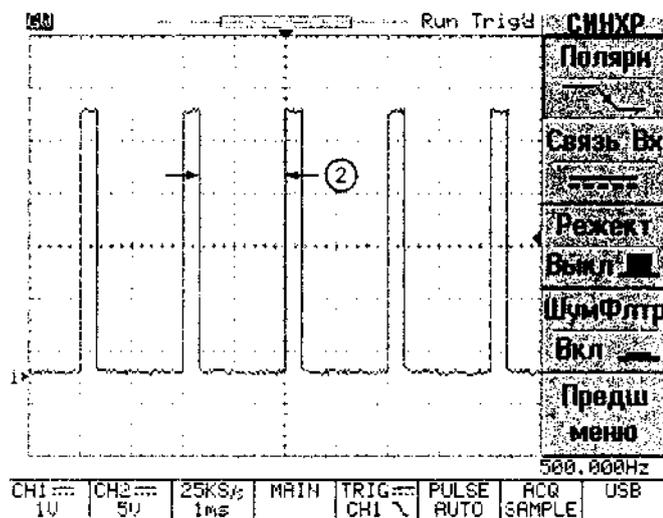


Рисунок 8.23 - Отрицательная полярность сигнала

- Связь входа (см. описание режима 8.4.1 Синхронизация по фронту; вид связи) Режекторный фильтр (см. описание режима 8.4.1 Синхронизация по фронту; вид связи)

- НЧ фильтр (см. описание режима 8.4.1 Синхронизация по фронту; вид связи)
- ВЧ фильтр (см. описание режима 8.4.1 Синхронизация по фронту; вид связи)
- Шумовой фильтр (см. описание режима 8.4.1 Синхронизация по фронту; вид связи).

#### ◆ **Задержка запуска развертки по условиям**

Нажатием на кнопку F1, выберите синхронизацию «Задержка Запуска». Использование этого режима позволяет осуществить задержку запуска линии развертки, в соответствии с разными заданными условиями. Это дает возможность исследовать сигнал задержанный *по* времени по отношению к времени запуска развертки. Существуют три условия задержки сигнала:

- **По времени** Нажатием на кнопку F2 и вращением многофункционального регулятора задаете время задержки от момента появления импульса синхронизации до момента запуска линии развертки. Вы можете регулировать это время в пределах 100нс...1,3мс. На рис. 8.24 приведены пояснения к этому режиму. В момент появления первого импульса запускается схема задержки схемы синхронизации, время задержки определяется пользователем и равно  $T$ , после окончания этого времени линия развертки будет запущена первым импульсом, следующим после окончания времени задержки.

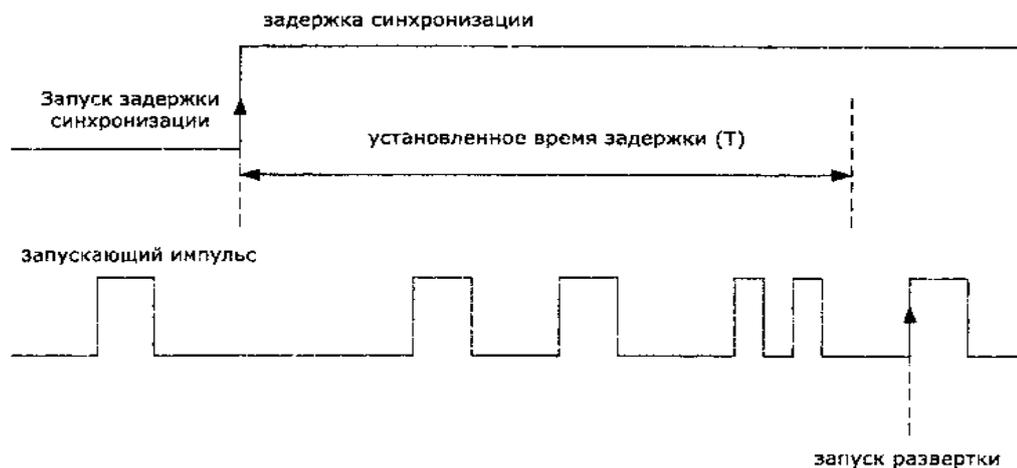


Рисунок 8.24 - Задержка запуска по времени

▪ **По событию.** Нажатием на кнопку F3 и вращением многофункционального регулятора задаете количество событий (импульсов) от момента появления импульса синхронизации до момента запуска линии развертки. Вы можете регулировать количество событий в пределах 2...65000. На рис. 8.25 приведены пояснения к этому режиму. В момент появления первого импульса запускается схема задержки схемы синхронизации, количество импульсов задержки (на рис. 8.21 их два) определяется пользователем, после окончания последнего события линии развертки будет запущена первым импульсом, следующим после окончания времени задержки (третий импульс).



Рисунок 8.25 - Задержка запуска по событию

▪ **ТТЛ/ЭСЯ/Пользователь**, Нажмите кнопку F4. Этот пункт подменю позволяет выбрать уровень сигнала при котором будет происходить запуск развертки после задержки запуска по времени или событию.

**ТТЛ** запуск осуществляется при достижении уровня +1,4 В (минимальный уровень лог.1 ТТЛ)

**ЭСЛ** запуск осуществляется при достижении уровня -1,3 В (минимальный уровень лог.1 ЭСЛ)

**ВнешПол** запуск осуществляется при уровне установленном пользователем в пределах  $\pm 12$  В.

**Примечание:** заданные уровни запуска действительна только при подключении входного сигнала без внешнего делителя (1:10 или 1:100)

#### ♦ Органы управления дополнительными возможностями осциллографа

Органы управления дополнительными, специфическими возможностями осциллографа изображены на рис. 8.26

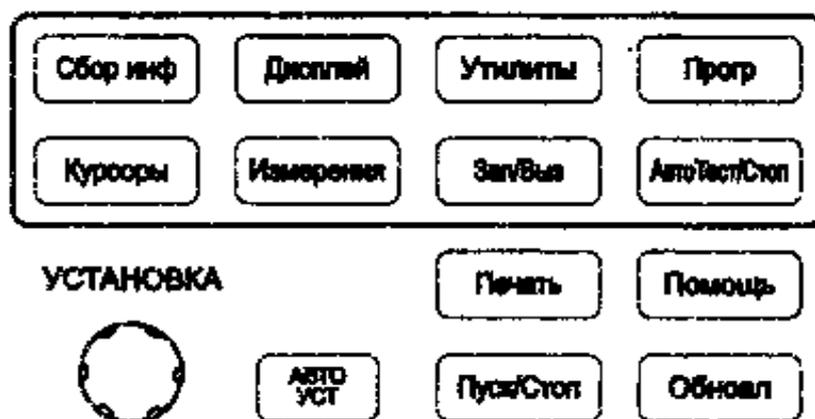


Рисунок 8.26

#### ♦ СБОР ИНФ (Сбор информации)

**СБОР ИНФ** (Сбор информации) Выбор это меню дает возможность обработки входного аналогового сигнала. В процессе преобразования входного аналогового сигнала с цифровую форму возможны различные

способы обработки и представления входного сигнала на дисплее осциллографа.

- **Стандартная выборка** - Обычная дискретизация, нажмите кнопку F1 для установки режима обычной дискретизации. В режиме обычной дискретизации осциллограф записывает каждую точку, полученную в результате каждого интервала дискретизации. Всего осциллограф может осуществить сбор до 125000 отсчетов, в соответствии с выбранной длиной памяти и положением переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛ (см. таблицу 8-1). Режим стандартной выборки устанавливается по умолчанию при включении осциллографа.



Рисунок 8.27- Принцип формирования стандартных выборок

- **Пиковый детектор**: Режим «Пикового детектора» используется для обнаружения всплесков длительностью менее 10 нс и снижения вероятности возникновения искажений при отображении сигнала. Данный режим может эффективно использоваться при положении переключателя ВРЕМЯ/ДЕЛЕНИЕ 5 мкс/дел и более. В этом режиме запоминаются минимальные и максимальные значения за все время накопления отсчетов. Этот режим удобен, например, при исследовании сигнала содержащего регулярные короткие выбросы.



Рисунок 8.28 - Принцип формирования выборок пикового детектора

На рис. 8.29 отображен сигнал при стандартной выборке; на рис 8.30 отображен тот же сигнал, но при включенном пиковом детекторе.

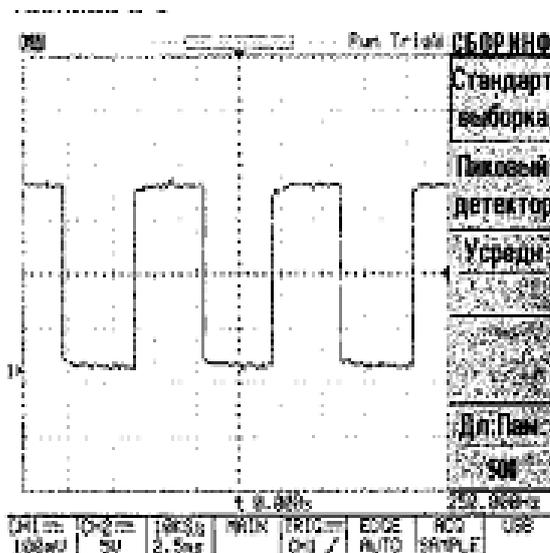


Рисунок 8.29

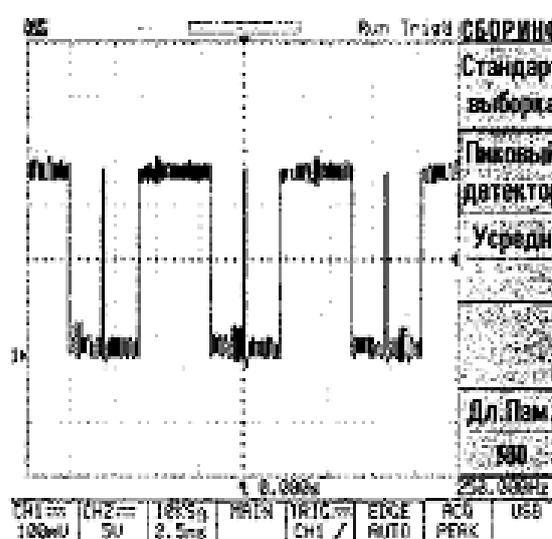


Рисунок 8.30

- **Усреднение.** На дисплее осциллографа будет индицироваться сигнал, который является результатом сложения нескольких последовательных форм входного сигнала полученных после каждого запуска развертки. Всего возможно усреднение от 2 до 256 раз. Этот режим удобен, например, при исследовании формы сигнала искаженного случайными шумами и для увеличения разрешения. На рис 8.31

отображен сигнал отображенный шумами, на рис.8.32 тот же сигнал, но при включенном усреднении.

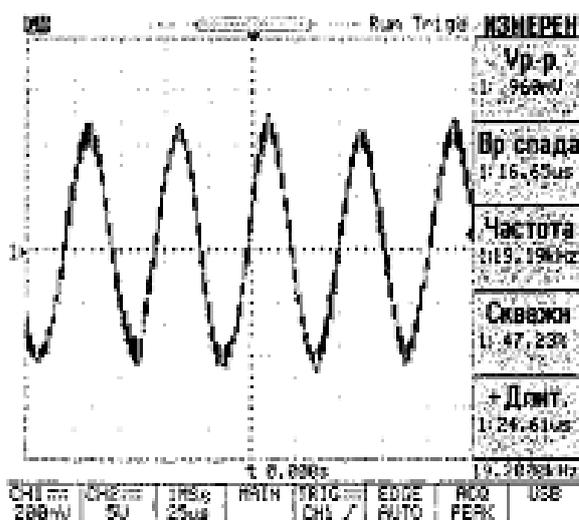


Рисунок 8.31

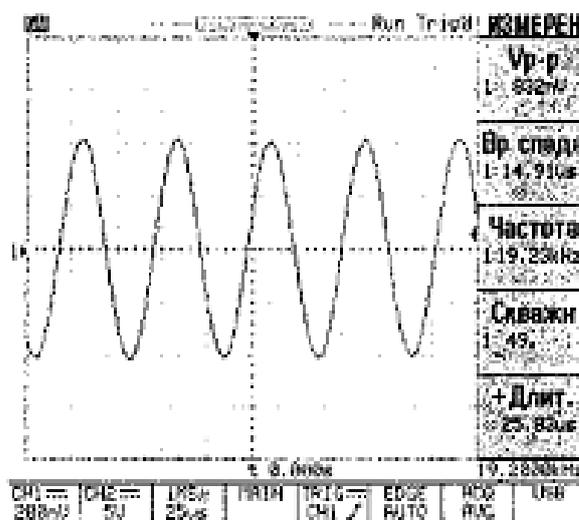


Рисунок 8.32

**Примечание:** Режим усреднения наиболее эффективен при длине записи 500, при длине записи превышающей 500 результат усреднения может быть искажен, поэтому в режиме усреднения длина памяти автоматически устанавливается равной 500.

- **Длина памяти** - Число точек, образующих форму сигнала, зависит от длины памяти. Осциллограф обеспечивает длину памяти 500, 1250, 2500, 5000, 12500, 50000 и 125000. Зависимость между длиной памяти, временем развертки и частотой дискретизации приведены в табл. 8-1. Увеличение длинные памяти неизбежно приводит к увеличению времени обновления информации на ЖКИ, поскольку для записи большего числа точек необходимо большее время.

Таблица 8-3

Длина памяти Вр/дел	500	1250	2500	5000	12500	25000	50000	125000
1ns/дел	ET25Гвыб/с	НЕ ВОЗМ.						
2.5ns/дел	ET10Гвыб/с	НЕ ВОЗМ.						
5ns/дел	ET5Гвыб/с	НЕ ВОЗМ.						
10ns/дел	ET2.5Гвыб/с	НЕ ВОЗМ.						
25ns/дел	ET1Гвыб/с	НЕ ВОЗМ.						
50ns/дел	ET500Мвыб/с	НЕ ВОЗМ.						
100ns/дел	ET250Мвыб/с	НЕ ВОЗМ.						
250ns/дел	100Мвыб/с	НЕ ВОЗМ.						
500ns/дел	50Мвыб/с	100Мвыб/с	НЕ ВОЗМ.					
1μs/дел	25Мвыб/с	50Мвыб/с	100Мвыб/с	НЕ ВОЗМ.				
2.5μs/дел	10Мвыб/с	25Мвыб/с	50Мвыб/с	100Мвыб/с	НЕ ВОЗМ.	НЕ ВОЗМ.	НЕ ВОЗМ.	НЕ ВОЗМ.
5μs/дел	5Мвыб/с	10Мвыб/с	25Мвыб/с	50Мвыб/с	100Мвыб/с	НЕ ВОЗМ.	НЕ ВОЗМ.	НЕ ВОЗМ.
10μs/дел	2.5Мвыб/с	5Мвыб/с	10Мвыб/с	25Мвыб/с	50Мвыб/с	100Мвыб/с	НЕ ВОЗМ.	НЕ ВОЗМ.
25μs/дел	1Мвыб/с	2.5Мвыб/с	5Мвыб/с	10Мвыб/с	25Мвыб/с	50Мвыб/с	100Мвыб/с	НЕ ВОЗМ.
50μs/дел	500Квыб/с	1Мвыб/с	2.5Мвыб/с	5Мвыб/с	10Мвыб/с	25Мвыб/с	50Мвыб/с	100Мвыб/с
100μs/дел	250Квыб/с	500Квыб/с	1Мвыб/с	2.5Мвыб/с	5Мвыб/с	10Мвыб/с	25Мвыб/с	50Мвыб/с
250μs/дел	100Квыб/с	250Квыб/с	500Квыб/с	1Мвыб/с	2.5Мвыб/с	5Мвыб/с	10Мвыб/с	25Мвыб/с
500μs/дел	50Квыб/с	100Квыб/с	250Квыб/с	500Квыб/с	1Мвыб/с	2.5Мвыб/с	5Мвыб/с	10Мвыб/с
1ms/дел	25Квыб/с	50Квыб/с	100Квыб/с	250Квыб/с	500Квыб/с	1Мвыб/с	2.5Мвыб/с	5Мвыб/с
2.5ms/дел	10Квыб/с	25Квыб/с	50Квыб/с	100Квыб/с	250Квыб/с	500Квыб/с	1Мвыб/с	2.5Мвыб/с
5ms/дел	5Квыб/с	10Квыб/с	25Квыб/с	50Квыб/с	100Квыб/с	250Квыб/с	500Квыб/с	1Мвыб/с
10ms/дел	2.5Квыб/с	5Квыб/с	10Квыб/с	25Квыб/с	50Квыб/с	100Квыб/с	250Квыб/с	500Квыб/с
25ms/дел	1Квыб/с	2.5Квыб/с	5Квыб/с	10Квыб/с	25Квыб/с	50Квыб/с	100Квыб/с	250Квыб/с
50ms/дел	500Выб/с	1Квыб/с	2.5Квыб/с	5Квыб/с	10Квыб/с	25Квыб/с	50Квыб/с	100Квыб/с
100ms/дел	250Выб/с	500Выб/с	1Квыб/с	2.5Квыб/с	5Квыб/с	10Квыб/с	25Квыб/с	50Квыб/с
250ms/дел	100Выб/с	250Выб/с	500Выб/с	1Квыб/с	2.5Квыб/с	5Квыб/с	10Квыб/с	25Квыб/с
500ms/дел	50Выб/с	100Выб/с	250Выб/с	500Выб/с	1Квыб/с	2.5Квыб/с	5Квыб/с	10Квыб/с
1s/дел	25Выб/с	50Выб/с	100Выб/с	250Выб/с	500Выб/с	1Квыб/с	2.5Квыб/с	5Квыб/с
2.5s/дел	10Выб/с	25Выб/с	50Выб/с	100Выб/с	250Выб/с	500Выб/с	1Квыб/с	2.5Квыб/с
5s/дел	5Выб/с	10Выб/с	25Выб/с	50Выб/с	100Выб/с	250Выб/с	500Выб/с	1Квыб/с
10s/дел	2.5Выб/с	5Выб/с	10Выб/с	25Выб/с	50Выб/с	100Выб/с	250Выб/с	500Выб/с

**Примечание:** 1. Длина памяти не означает, что это количество точек будет выводиться на ЖКИ, видимая часть ЖКИ максимально составляет

250 точек по горизонтали (при выключенном отображении экранного меню). При включении питания длина памяти всегда будет установлена равной 500, для обеспечения минимального времени обновления информации на ЖКИ,

2. ЕТ - эквивалентная дискретизация, при этой дискретизации достоверное отображение сигнала возможно лишь при накоплении достаточной большой информации о входном сигнале, что возможно при периодическом сигнале на входе осциллографа. Однократные сигналы при эквивалентной дискретизации могут быть значительно искажены.

### ◆ ДИСПЛЕЙ

В этом меню вы можете произвести установки параметров ЖКИ, определяющие яркость и форму представления входного сигнала.

#### **Тип представления сигнала.**

**Вектор-** нажатие на кнопку F1 позволяет выбрать векторное представление входного сигнала при котором отдельные точки дискретизации входного сигнала соединяются друг с другом прямой. Если расстояние между точками дискретизации очень большое они соединяются кривой по закону  $(\sin x)/x$ .

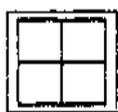
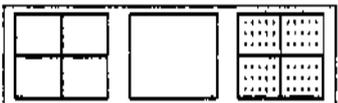
**Точка-** нажатие на кнопку F1 позволяет выбрать точечное представление входного сигнала, при котором отдельные точки на экране являются результатом дискретизации входного сигнала.

**Накопление.** Нажмите кнопку F2 для включения или выключения режима накопления, При включенном режиме накопления обновления информации на ЖКИ не происходит. ЖКИ запоминает формы всех сигналов, начиная с момента включения этого режима. Текущая форма сигнала подсвечивается ярким светом, все предыдущие тусклым, Стирание форма сигнала происходит или при нажатии на кнопку «ОБНОВИ» на передней панели прибора или на кнопку F3 «Обновление» в меню дисплея.

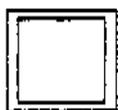
**Обновление.** Нажмите кнопку F3 для обновления формы сигнала в режиме накопления.

**Контраст,** Нажмите кнопку F4 и вращением многофункционального регулятора задаете необходимый контраст изображения.

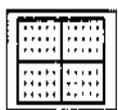
**Сетка.** Нажатием на кнопку F5 выберите один из видов сетки ЖКИ



: На ЖКИ присутствуют только центральные оси X и Y.



: На ЖКИ присутствуют только рамка экрана.



: На ЖКИ присутствуют полная сетка

## ◆ УТИЛИТЫ

В этом меню вы можете произвести установку: принтера, стыка для связи с ПК, параметров режима допускового контроля, выбор языка, информации о приборе и задать режим самокалибровки.

**Установка принтера (не поддерживается осциллографом GDS-820):** Нажмите кнопку F1. Прибор обеспечивает возможность печать текущего изображения на принтеры: HP LaserJet; Hewlett-Packard LaserJet лазерный принтер; HP DeskJet; Hewlett-Packard DeskJet струйный принтер. Для начала печати нажмите кнопку «Hardcopy» на передней панели прибора.

**Примечание:** USB порт на задней панели предназначен только для связи прибора с ПК, USB порт не поддерживает принтеры с этим стыком.

**Меню интерфейса** - Осциллограф имеет возможность подключения к компьютеру по стыкам RS-232, USB, или GPIB (дополнительная опция).

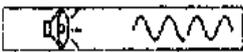
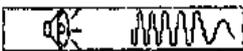
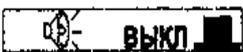
Данное меню предназначено для конфигурирования интерфейсов. Нажмите на кнопку F1, возможен выбор активного интерфейса. Для активного интерфейса возможны установки:

- **USB** -не требует дополнительных установок на приборе, но необходим соответствующий драйвер на ПК;
- **RS-232 - Скорость** (Кнопка F2) -выбирает скорость обмена в бит/с. Возможно выбрать следующие значения скорости обмена: 2400, 4800, 9600, 19200, 38400. **Стоп бит** (Кнопка F3) - выбор длины стопового слова 1 или 2 бит. **Четность** (Кнопка F4) выбор четности «нечетный», нечетный или «нет».

**Примечание:** длина слова всегда 8 бит

- **GPIO** - конфигурирование GPIO порта. Возможна установка Адреса от 0 до 30: выберите необходимый адрес в системе КОП;

 **Меню управления звуковым сигналом,**– Выбор тона звучания встроенного динамика.

- : Выбор сигнала высокой частоты.
- : Выбор сигнала низкой частоты.
- : Выбор сигнала смешанной частоты.
- : Звук выключен.

**Меню установки языка пользовательского интерфейса** - Выбор языка графического интерфейса. Возможен выбор Русского или Английского языка. Не все сообщения возможно представить на русском языке, часть сообщений всегда будет на Английском языке.

**Примечание:** информационные сообщения в нижней части экрана присутствуют всегда на английском языке.

**Меню самокалибровки** - Обычно использование самокалибровки необходимо для повышения точности измерений с помощью осциллографа.

Калибровка осуществляется автоматически. Встроенный цифровой микропроцессор позволяет делать это быстро и легко, Войдите в меню самокалибровки, нажав кнопку F1. Самокалибровка осуществляется для каналов вертикального отклонения, схемы установки уровня синхронизации и задержки запуска развертки. Для калибровки каналов вертикального отклонения:

- соедините ВЧ кабелем разъем CAL на задней панели осциллографа и вход Канала 1;
- нажмите кнопку F1 (вертикальные);
- Нажатием на кнопку F1 запустите калибровку канала вертикального отклонения канала 1;
- следуйте инструкциям появляющимся в нижней части дисплея (к сожалению на Английском языке);
- когда калибровка Канала 1 будет закончена, на экране появится надпись /"set signal to Chan 2/", подайте сигнал вход Канала 2, и нажмите кнопку F5.
- когда калибровка Канала 1 будет закончена, на экране появится надпись /"press F5 soft key/".
- нажмите кнопку F5, процедура самокалибровки будет закончена и осциллограф выйдет из режима калибровки.

Для калибровки схемы установки автоматического уровня синхронизации обратитесь в сервис-центр.

Для калибровки схемы задержки запуска развертки обратитесь в сервис-центр.

**Информация о системе** - информация о системе. Информация о производителе, тип модели, **серийный номер и версия программного обеспечения графического интерфейса.**

**Меню допускающего контроля** - Меню допускающего контроля Функция допускающего контроля позволяет производить сравнение формы текущего сигнала с шаблоном, предварительно записанным в память осциллографа. В зависимости от результата сравнения шаблона и сигнала и заданного алгоритма осциллограф выполняет следующие действия;

- Выдает звуковой сигнал.
- Использует разъем «ДОП.КОНТР» на задней панели. Форма и уровень сигнала на разъеме «ДОП.КОНТР» в зависимости от результата сравнения будут: Если результат соответствует заданным условиям, тогда на выходе будет низкий уровень. Если результат не соответствует заданным условиям (Брак), на выходе появится импульс длительностью 10 мкс.
- Отбраковка может производиться когда сигнал находится внутри или снаружи шаблона. Внутри: когда сигнал оказывается внутри шаблона хотя бы одной своей частью, выдается сигнал «Брак». Брак, когда снаружи: когда сигнал оказывается снаружи шаблона хотя бы одной своей частью, выбирается сигнал «Брак».

**Редактирование шаблона**, нажмите кнопку F1 для входа в меню редактирования шаблона. Последующие нажатия на кнопку F1, дают возможности редактирования шаблона: Максимум, Минимум, Автоматически,

**Шаблон Максимум. Минимум** Шаблон возможно редактировать используя в качестве образца, предварительно записанный в режиме «Запись/Вызов», сигнал из памяти А, В или внешний шаблон (см использование режима 8.5.9 ЗАПИСЬ/ВЫЗОВ; Запись/Вызов). Шаблон Максимум всегда соответствует сигналу, воспроизведенному из памяти А. Шаблон Минимум всегда соответствует сигналу воспроизведенному из памяти В.

**Источник** Память А/Память В 1; 2; 3...99: При формировании шаблона в качестве нижней границы выбирается сигнал из памяти В или внешний шаблон с один из номеров 1; 2; 3...99; в качестве верхней границы выбирается сигнал из памяти А или внешний шаблон с один из номеров 1; 2; 3...99. Внешний шаблон записывается в память осциллографа через стык GPIB или RS-232. Выбор значений Память А или Память В осуществляется нажатием на кнопку F1 (Шаблон Максимум. Минимум), а выбор необходимого внешнего шаблона с номером 1; 2; 3...99 осуществляется после выбора Памяти А или Памяти В вращающимся регулятором УСТАНОВКА.

**Положение:** Нажмите на кнопку F3 и вращающимся регулятором УСТАНОВКА установите верхнюю или нижнюю часть шаблона в нужное положение,

**Запись и создать:** Нажмите на кнопку F4 для сохранения созданного шаблона. Исходные сигналы записанные в память А и память В в режиме Запись/Вызов так же будут изменены.

**Шаблон Авто (см. рис, 8-23, шаблон отмечен маркером «1»).** В режиме допускового контроля в качестве шаблона возможно выбрать сигнал, присутствующий в настоящий момент на входе Канала 1 или Канала 2.

**Источник** Канал 1/ Канал 2: Выберите для применения в качестве шаблона сигнал Канала 1 или Канала 2.

**Отклонение %:** Шаблон возможно редактировать используя отклонение от опорного сигнала в стороны от сигнала. Вращающимся регулятором УСТАНОВКА возможно установить отклонение в пределах от -0,4% (+0,4%) до -40% (+40%).

**Запись и создать:** Нажмите на кнопку F4 для сохранения созданного шаблона. Исходные сигналы, записанные в память А и память В в режиме Запись/Вызов, также будут изменены (при этом также будут изменены опорные сигналы для формирования шаблона по максимуму и минимуму),.

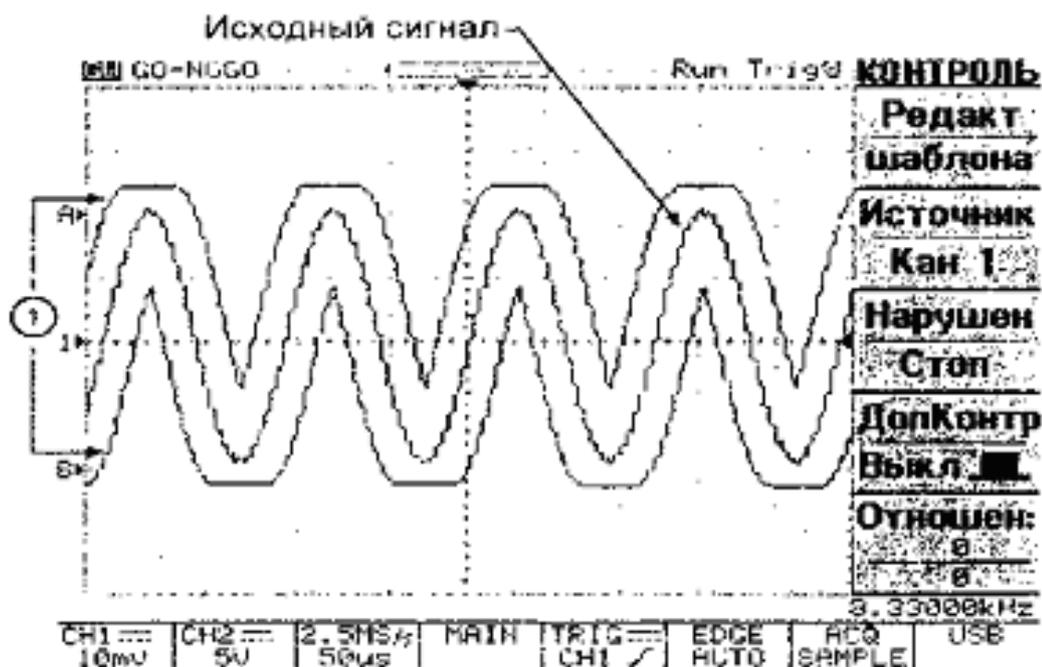


Рисунок 8.33

**Источник**, нажмите кнопку F2 для выбора источник шаблона (канал 1 или канал 2),

**Нарушение**, нажмите кнопку F3 для выбора условий последующих действий при обнаружении нарушений допускового контроля.

**Стоп** - остановка процесса допускового контроля без звука. При обнаружении состояния «Брак» сравнение будет прекращено, осциллограф перейдет в режим Стоп. При этом будет вестись подсчет числа отбраковок.

**Стоп+🔊** - остановка процесса допускового контроля со звуком. При обнаружении состояния «Брак» сравнение будет прекращено, раздастся однократный звуковой сигнал и осциллограф перейдет в режим Стоп. При этом будет вестись подсчет числа отбраковок.

**Продолжение** - продолжение процесса допускового контроля без звука. При обнаружении состояния «Брак», осциллограф не перейдет в

режим Стоп, сравнение будет продолжено. При этом будет вестись подсчет числа отбраковок.

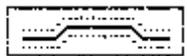
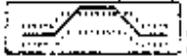


- продолжение процесса допускового контроля без звука. При обнаружении состояния «Брак», раздастся звуковой сигнал, осциллограф не перейдет в режим Стоп, сравнение будет продолжено. При этом будет вестись подсчет числа отбраковок.

**Допусковый контроль**, нажмите кнопку F4 для включения или выключения режима допускового контроля.

**Отношение**, Индикация отношения числа положительных измерений и отбраковок по результатам подсчета в процессе работы режима «Допусковый контроль». Нажмите кнопку F4 для сброса показаний.

**Условия брака** - Нажмите кнопку F4. Для входа в меню редактирования условий отбраковки.

-  Брак, когда внутри: Когда сигнал оказывается внутри шаблона хотя бы одной своей частью, выдается сигнал «Брак».
-  Брак, когда снаружи: Когда сигнал оказывается снаружи шаблона хотя бы одной своей частью, выдается сигнал «Брак».

#### ◆ ПРОГР (режим программирования)

В этом меню вы можете редактировать перспективный режим «Программирования», это позволяет осциллографу запомнить и воспроизвести запомненные последовательности шагов, Имеется ввиду, что предварительно во внутреннюю энергонезависимую прибора память можно записать состояние всех органов управления (см. описание режима «ЗАПИСЬ/ВЫЗОВ») включая не только положение переключателей В/дел и

Время/дел, но уровня и режимов синхронизации, режимов работы каналов, режимов измерения и т.д. Вызов этих профилей из памяти достаточно прост и существенно сокращает время установки органов управления при проведении большого числа однотипных операций, при которых необходимо периодически устанавливать разные режимы работы осциллографа. Это необходимо, например, на сборочном конвейере или цеху. Впервые применена привязка вызова профилей ко времени. Это означает что в режиме обучения осциллографа оператор устанавливает необходимый профиль записывает его в память, одновременно в память заносится время в течении которого этот профиль должен быть активным и, если надо, какие измерения произвести, потом оператор устанавливает второй профиль и другое время активности третий и т.д. По окончании процедуры обучения в памяти прибора сохранена последовательность профилей, времени их активности и необходимого количества циклов этих профилей. При вызове этой последовательности осциллограф автоматически производит установку записанного первого профиля, держит его в течение установленного времени, потом переходит ко второму профилю, держит его в течении записанного для него времени, переходит к третьему и так до конца последовательности, эта процедура повторяется необходимое количество циклов, после чего осциллограф останавливается в последнем положении, В этом режиме у оператора нет необходимости вообще производить какие-либо манипуляции с органами управления осциллографа, Это режим еще более облегчает процесс применения осциллографа на конвейере, где как раз и встречаются периодические последовательности однотипных операций.

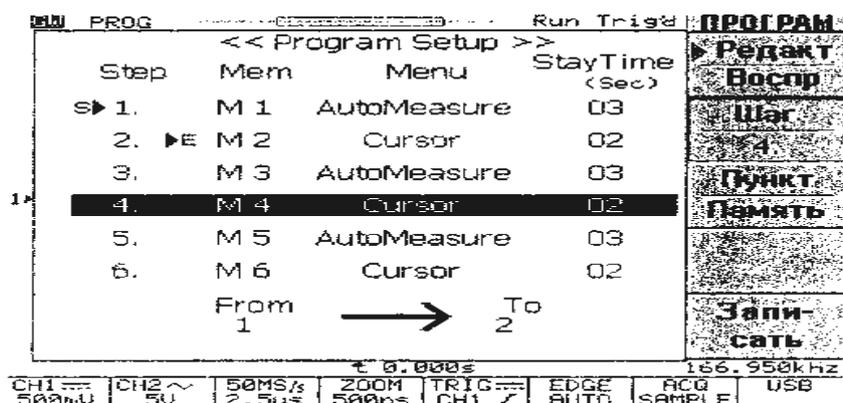


Рисунок 8.34 - Окно меню «Программирование» в режиме «Редактирование»

**Редактирование/Воспроизведение:** Нажмите кнопку F1 и выберите меню «Редактирование». В этом пункте меню возможно создание программы при ее последующем воспроизведении в режиме «Воспроизведение».

**Шаг.** Нажмите кнопку F2 и вращающимся регулятором УСТАНОВКА или нажатием на кнопку F2, установите шаг программы, который будет подвергнут корректировке, Всего возможно выбрать шаг от 1 до 15.

**Пункт (Память/Измерение/Время).** Нажатием на кнопку F3 установите пункт меню, который необходимо корректировать в предварительно заданном шаге. Возможен выбор редактора Памяти, Измерений и Времени.

- **Память** - вращающимся регулятором УСТАНОВКА установите область памяти, в которую предварительно записан профиль органов управления (см использование режима 8.5,9 ЗАПИСЬ/ВЫЗОВ; Запись /Вызов). В данном пункте меню возможно выбирать области памяти от M1 до M15.

- **Измерение** - Вращающимся регулятором УСТАНОВКА установите режим измерения AutoИЗМЕРЕНИЯ (Автоматические измерения) или КУРСОРЫ (Курсорные измерения). При воспроизведении программы, на этом шаге осциллограф обеспечит заданный режим измерения,

▪ **Время** - В этом пункте меню, вращаясь регулятором УСТАНОВКА, производится установка времени в течении которого заданный профиль будет активным при воспроизведении программы. Возможно установить значение времени в пределах от 1 до 99 секунд или задать значение «RUN/STOP». Установка значения «RUN/STOP» означает, что при воспроизведении программы переход к следующему пункту меню будет осуществляться при нажатии на кнопку «RUN/STOP». На передней панели прибора, а не по истечении заданного времени,

**Сохранить.** Нажмите кнопку F5 для записи созданной программы. На ЖКИ кратковременно появится надпись «SAVED» и по окончании процесса сохранения исчезнет с ЖКИ.

**Редактирование/Воспроизведение:** Нажмите кнопку F1 и выберите меню «Воспроизведение». В этом пункте меню задаются условия воспроизведения заранее записанной программы. Окно меню «Программирование» в режиме «Воспроизведение» представлено на рис. 8.35

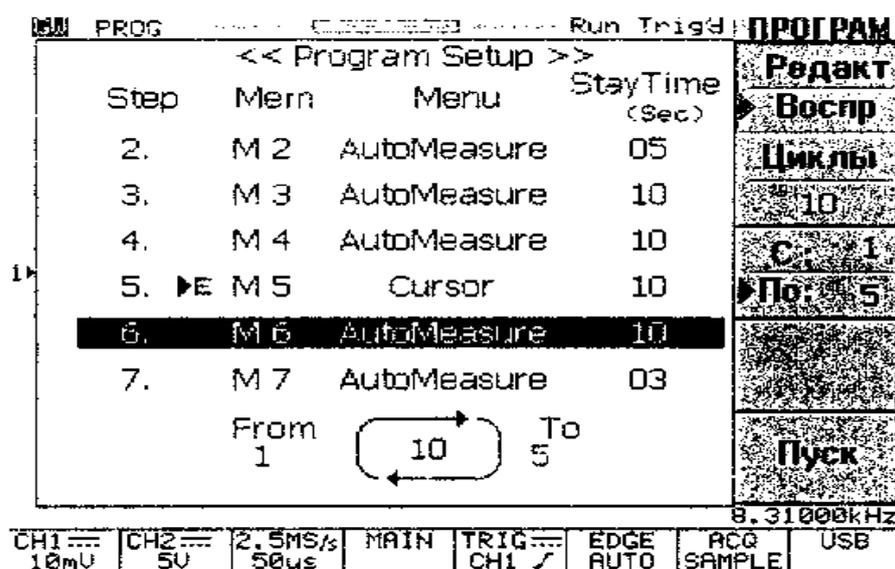


Рисунок 8.35- Окно меню «Программирование» в режиме «Воспроизведение»

**Цикл.** Нажмите кнопку F2 и вращающимся регулятором УСТАНОВКА, установите количество циклов повторения записанной программы. Всего возможно установить количество циклов от 1 до 99.

**С/По,** Нажмите кнопку F3 и вращающимся регулятором УСТАНОВКА, установите с какого по какой шаг будет воспроизводиться записанная программа.

**Пуск.** Нажмите кнопку F5 для запуска программы. Останов программы до ее завершения осуществляется нажатием на кнопку «AUTO test/Stop»

#### ◆ КУРСОРЫ (Курсорные измерения)

Осциллограф обеспечивает возможность различных измерений с помощью курсоров: с помощью вертикальных курсоров возможно обеспечить измерения временных параметров, с помощью горизонтальных курсоров возможно обеспечить измерения амплитудных параметров. Для обоих курсоров, вертикальных или горизонтальных (T1 или T2, V1 или V2), результат измерения отображается в абсолютных единицах измерения, амплитуды или времени, а так же результат относительных измерений между курсорами, отображаемый символом  $\Delta$  (рис. 8.36).

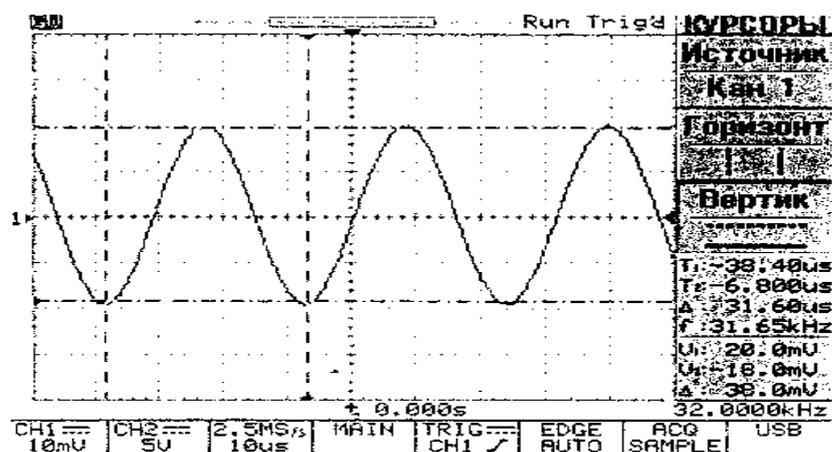
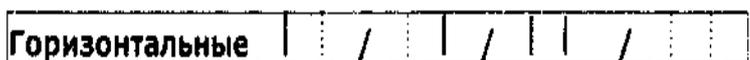


Рисунок 836 - Курсорные измерения

**Источник (Канал 1/Канал 2)** Нажатием на кнопку F1, выберите источник входного сигнала, параметры которого будут измерены с помощью курсоров. В качестве источника возможно выбрать *канал 1* или *канал 2*. Это необходимо для амплитудных измерений с учетом значений коэффициентов вертикального отклонения (обратите внимание на правильность установки значения входного делителя, в противном случае показания результатов измерения будут искажены).



Меню управления горизонтальными курсорами. Нажмите кнопку F2 для выбора режимом управления перемещения курсорами вращающимся регулятором УСТАНОВКА. Каждое нажатие на кнопку F2 приводит к выделению позиций (для идентификации курсоров активный для перемещения курсор или курсоры имеют сплошной вид, не активный - прерывистый):

Возможные варианты индикации результатов измерения показаны на рис. 8.25:



: перемещается только курсор 1.



: перемещается только курсор 2.

**Горизонтальные II** : курсоры T1 и T2 перемещаются синхронно,



: горизонтальные курсоры выключены.



Меню управления вертикальными курсорами. Нажмите кнопку F3 для выбора режимом управления перемещения курсорами вращающимся регулятором УСТАНОВКА. Каждое нажатие на кнопку F3 приводит к выделению позиций (для идентификации курсоров активный для перемещения курсор или курсоры имеют сплошной вид, не активный - прерывистый):

 : перемещается только курсор V1.

 перемещается только курсор V2.

 : курсоры V1 и V2 перемещаются синхронно.

 : вертикальные курсоры выключены.

Возможные варианты индикации результатов измерения показаны на рис.7-20.

#### ◆ ИЗМЕРЕНИЯ (Автоматические измерения)

Прибор обеспечивает полный диапазон автоматических измерений, необходимых для исследования входного сигнала. Всего представляется возможным автоматически произвести измерения одновременно 5 параметров входного сигнала по одному каналу; 10 параметров в двухканальном режиме по двум каналам и одного измерения частоты входного сигнала в канале выбранного как источник синхронизации. Выбор необходимого измеряемого параметра в одном из пяти окон осуществляет, соответственно, кнопками F1-F5. Выбор измеряемого параметра в выделенном окне осуществляется нажатием на соответствующую кнопку «F» или вращением регулятора УСТАНОВКА как по часовой, так и против часовой стрелки. При этом в обоих каналах осциллографа будет происходить измерение одного и того же параметра. Пример автоматических измерений приведен на рис. 8.37.

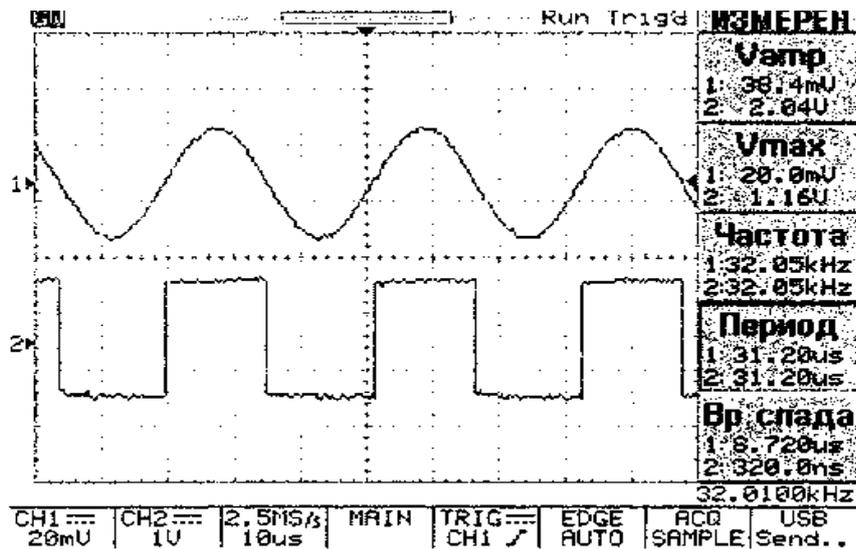


Рисунок 8.37. Автоматические измерения

Прибор обеспечивает следующие виды измерений:

**Vpp** - измерение размаха сигнала от пика до пика;

**Vamp**- измерение амплитудного значения сигнала по всей форме;

**Vavg**- измерение среднего значения за период сигнала. В этом режиме измеряется значение  $(V_{max}-V_{min})/2$ . Использование этого режима удобно для определения значения постоянной составляющей исследуемого сигнала.

**Vrms**- измерение среднеквадратичного напряжения для всей формы сигнала;

**Vhi**- измерение верхнего уровня, величина используемая в качестве 100% уровня сигнала. Вычисляется с помощью поиска минимума/максимума и измеряется по всей форме сигнала;

**Vlo**- измерение нижнего уровня, величина используемая в качестве 0% уровня сигнала. Вычисляется с помощью поиска минимума/максимума и измеряется по всей форме сигнала;

**Vrnax**- измерение максимального значения амплитуды. Наибольший положительный пик для всей формы сигнала;

**Vmin**- измерение минимального значения амплитуды. Наименьший отрицательный пик для всей формы сигнала;

**Частота-** Измерение частоты входного сигнала, измерение производится в Герцах (Hz);

**Период-** Измерение первого полного периода входного сигнала. Эта величина является обратной от частоты. Измеряется в секундах;

**Вр нарост. Risetime** - измерение времени нарастания первого после синхронизации импульса.

**Вр спада-** измерение времени спада первого после синхронизации импульса.

**-bWidth +Длит.~** измерение длительности первого положительного импульса входного сигнала. Измеряется на 50% амплитуде сигнала;

**+Width- +Длит,-** измерение длительности первого отрицательного импульса входного сигнала. Измеряется на 50% амплитуде сигнала;

**Duty Cycle-** измерение коэффициента заполнения первого импульса после синхронизации. Определяется как отношение длительности импульса к периоду и выражено в процентах (Duty Cycle=длительность/период100%)

Возможные измерения параметров сигнала показаны на рис.8.38

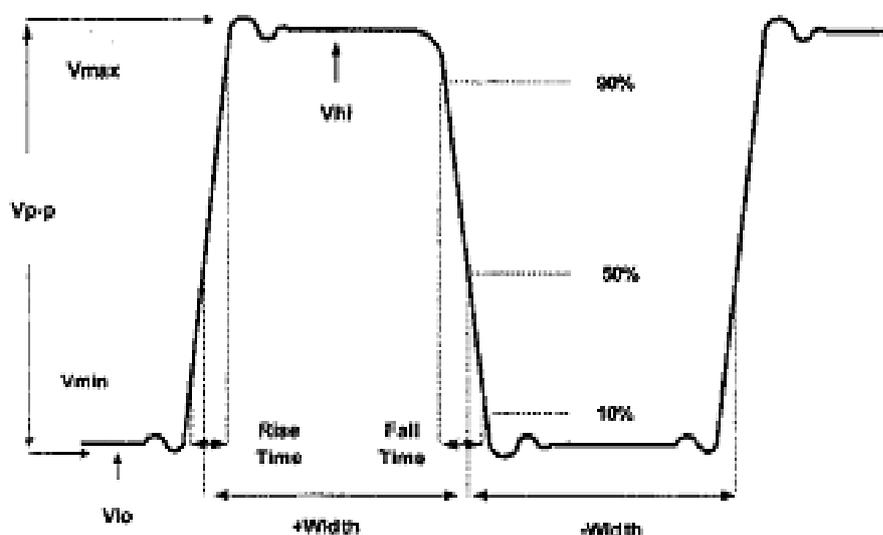


Рисунок 8.38 – Автоматические измерения

## ◆ ЗАПИСЬ/ВЫЗОВ

Осциллограф способен запоминать во внутреннюю память не только форму сигнала, но и положение органов управления передней панели (профилей). Существуют 15 ячеек памяти в которые возможно записать и впоследствии вызвать профили осциллографа. Записанные профили, в том числе, используются в режиме "Программирование". Осциллограф способен записать во внутреннюю память две формы входного сигнала (в ячейки А и В). Эта информация сохраняется даже при выключении питания осциллографа. В последствии эти формы сигнала могут использоваться при формировании шаблона в режиме "Допусковый контроль", но после создания шаблона, сигналы в памяти примут форму шаблона.

**Орг.упр/Сигнал.** Нажатием на кнопку F1, выберите режим использования записи. **Орг.упр** -будет производиться запоминание положения органов управления (профилей). **Сигнал** - будет производиться запоминание входного сигнала от выбранного источника входного сигнала.

**Выберите режим записи / воспроизведения положения органов управления.**

- **Заводск устн-ки (Заводские установки).** Устанавливает положение органов управления по умолчанию. Нажмите на кнопку F2 для возвращения органов управления к заводской установке.

- **M01~M15:** Выбор номера ячейки памяти, в которую будет производиться запись профилей. Выбор номера ячейка памяти производится нажатием на кнопку F3.

- **Запись:** Нажатие на кнопку F4 сохраняет профиль в выбранной ячейке памяти.

- **Вызов:** Воспроизведение записанного профиля из памяти. После выбора ячейки памяти, из которой необходимо воспроизвести профиль

(M01~M15), нажмите кнопку F5, органы управления осциллографа установятся в положение согласно этого профиля.

**Выберите режим записи / воспроизведения входного сигнала.**

В этом режиме запоминается форма входного сигнала. Максимально возможно запомнить

две формы сигнала. Вращающимся регулятором УСТАНОВКА возможно сместить сигнал воспроизведенный из памяти осциллографа по горизонтали.

**Источник Канал 1/Канал 2/ Матем;** Нажмите кнопку F2 для выбора источника, от которого будет производиться запись входного сигнала. В качестве источника возможно выбрать Канал 1 Канал 2 или результат математических операций.

**Сигнал Память А/Память В:** Выбор первой (А) или второй (В) ячейки памяти.

**Запись:** После выбора ячейки памяти А или В, при нажатии на кнопку F4 происходит запись формы входного сигнала.

**Сигнал Вкл/Выкл:** Включение или выключение отображения запомненной формы сигнала на дисплее осциллографа. Одновременно можно отобразить на ЖКИ две формы сигнала из памяти. При этом осциллограмма из памяти «А» помечена на ЖКИ символом «А», осциллограмма памяти «В» помечена на ЖКИ символом «В». Пример воспроизведения сигнала из памяти приведен на рис 8.39.

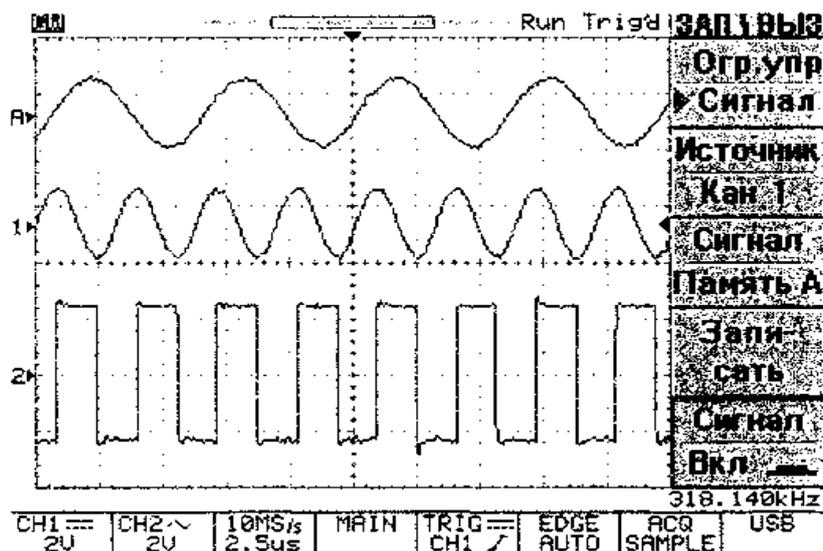


Рисунок..8.39 - Воспроизведение сигнала из памяти

◆ **Авто Тест/Стоп (Останов программы)**

При нажатии на эту кнопку происходит останов выполнения программы в режиме «Программирование».

◆ **ПЕЧАТЬ**

При нажатии на эту кнопку происходит печать экранного изображения на подключенном к прибору принтере.

◆ **ПОМОЩЬ**

Прибор обладает функцией помощи пользования осциллографом. Нажмите кнопку «ПОМОЩЬ» для входа в режим помощи, после этого нажмите любую кнопку на передней панели и получите справку по ее использованию. Если содержание подсказки больше размера экрана, используйте вращающийся регулятор УСТАНОВКА для перемещения вверх- вниз по тексту подсказки. Для выхода из режима помощи нажмите кнопку «ПОМОЩЬ» еще раз (рис. 8.40).



Рисунок 8.40

#### ◆ АВТО УСТ (Автоустановка)

Режим «АВТО УСТ» обеспечивает выбор наиболее подходящих условий синхронизации входного сигнала для получения четкого и стабильного изображения на экране осциллографа во всем диапазоне входных частот. Необходимо подать сигнал на вход осциллографа и нажать АВТО УСТ, Для отмены режима автоустановки и возвращении к предыдущим установкам нажмите кнопку F5 «Отмена автоустановки». Если кнопка «Отмена автоустановки» не нажата в течении, примерно, 5 секунд, то осциллограф выйдет из индикации окна меню автоустановки и установит режим отображения экранной графики на экране предшествующий нажатию кнопки F5.

#### ◆ ПУСК/СТОП

Нажатие на кнопку приводит к запуску или остановке процесса сбора информации о входном сигнале. При активизации режима сбора информации на дисплее осциллографа присутствует надпись «RUN». При остановке - надпись «STOP». Если осциллограф остановлен, то

следующий сбор информации о входном сигнале начнется только при следующем запуске линии развертки.

#### ◆ ОБНОВЛ

Нажмите эту кнопку для стирания (обновления) изображения ранее полученного на дисплее осциллографа. Если осциллограф находится в режиме Стоп, то нажатие на эту кнопку приведет только к перезаписи на экран последней отображаемой осциллограммы.

#### ◆ Меню Вкл/Выкл

Установка традиционного размера экрана осциллографа - 10 делений на экран, или расширение полезного размера до 12 делений на экран за счет отказа от индикации меню. На рис. 8.41 изображен ЖКИ с включенным боковым меню, на рис. 8.42 изображен ЖКИ с выключенным боковым меню.

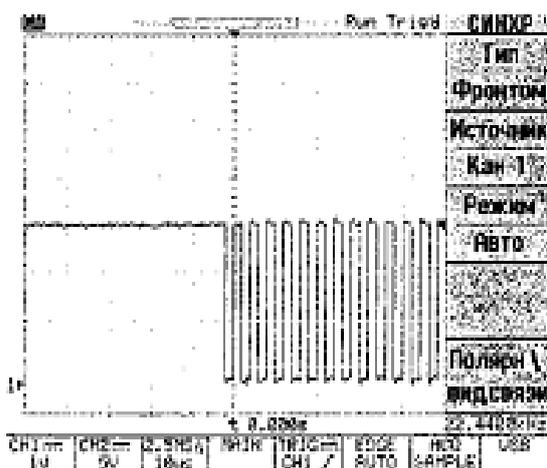


Рисунок 8.40

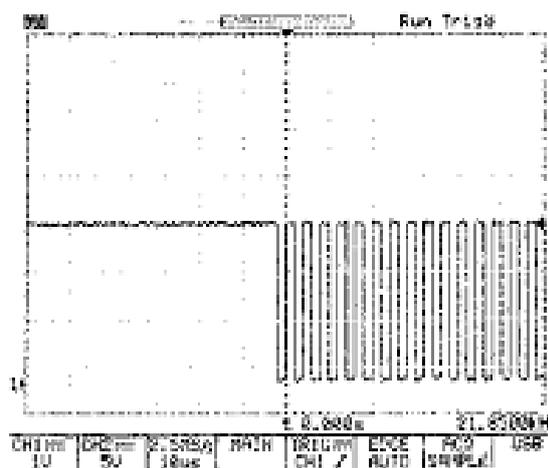


Рисунок 8.41

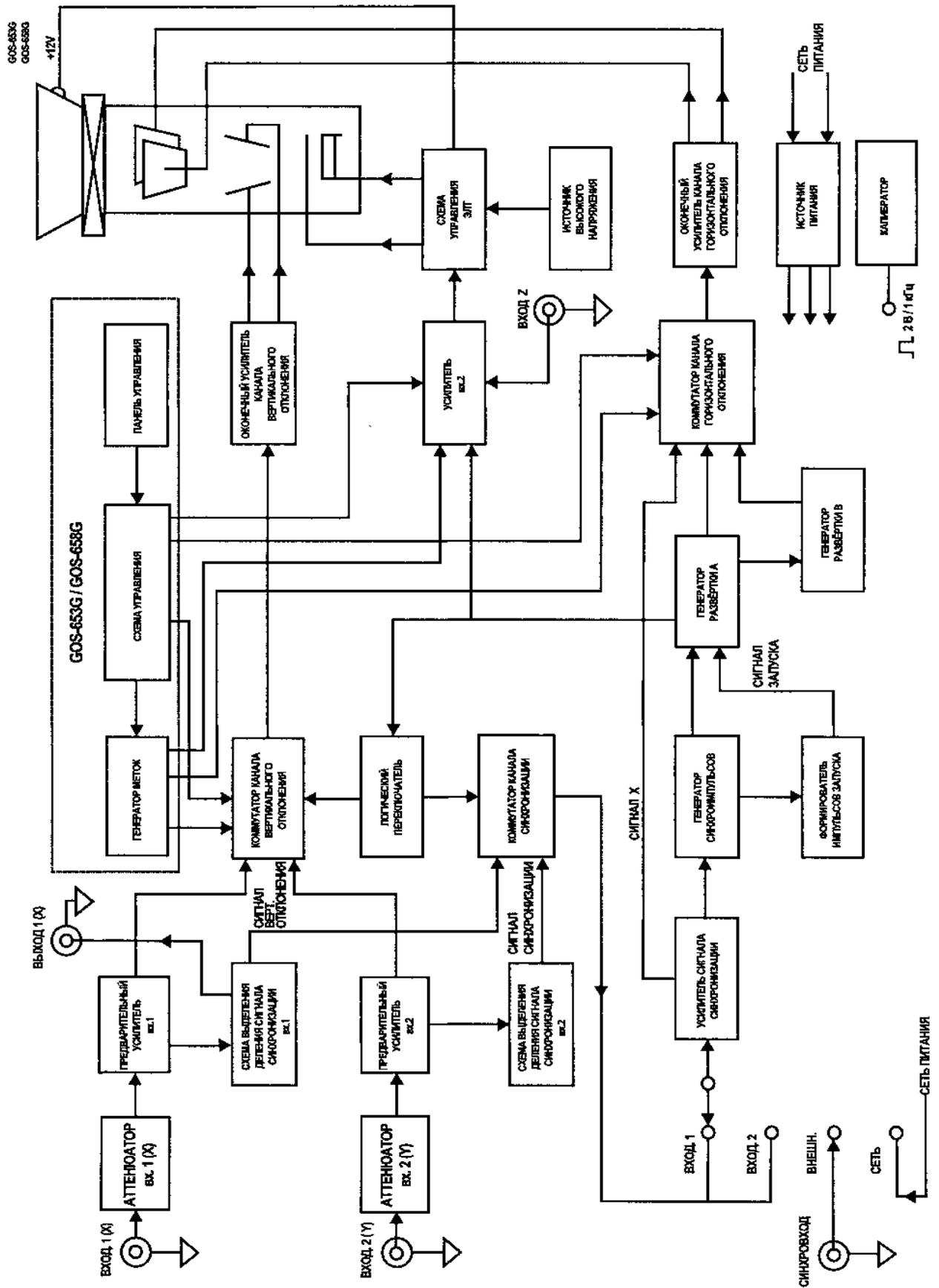


Рисунок 8.43 - Блок-схема осциллографа

# ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФОРМЫ ГСС-93/1;ГСС-93/2

## 1 НАЗНАЧЕНИЕ

1.1 Генераторы сигналов специальной формы многофункциональные ГСС-93/1 и ГСС-93/2 (в дальнейшем генератор) представляют собой источник, вырабатывающий сигналы синусоидальной, треугольной, прямоугольной типа «меандр» формы, имеющий режимы ЧМ, АМ, ФМ, ИМ, ГКЧ, а также формирования сигналов произвольной формы и шумовых сигналов типа «белый шум».

1.2 Генератор предназначен для исследования, настройки и испытаний систем и приборов, используемых в радиоэлектронике, связи, автоматике, вычислительной и измерительной технике, приборостроении, машиностроении, геофизике, биофизике.

Генератор имеет интерфейсы GPIB и RS-232 для связи с персональным компьютером и формирования произвольных форм сигнала.

Генератор ГСС-93/2 имеет два независимых выхода для формирования независимых сигналов форм указанных в п. 1.1.

1.3 Нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающей среды от +15 до + 30 С°
- относительная влажность воздуха до 80% при температуре 25С °; атмосферное давление от 60 до 107 кПа (450—800 мм рт. ст.)

**Термины и определения, использующиеся в тексте:**

1. ДУ - дистанционное управление.
2. **Сви́пирование** - изменение частоты по выбранному закону.

3. **Период свипирования** - время изменения частоты от начального значения до конечного и обратно до начального значения.
4. **Частота свипирования** - величина обратная периоду свипирования.
5. **Полоса свипирования** - разность между значениями конечной и начальной частотами в режиме ГКЧ.
6. **Пакет** - ограниченное число периодов некоторого периодического сигнала.
7. **Импульс стробирования** - импульс, вызывающий появление пакета, длительность которого определяется импульсом стробирования.
8. ПК - персональный компьютер
9. **Vpp** - размах напряжения: разность между максимальным и минимальным значениями уровня напряжения выходного сигнала.
10. **Vrms** - Среднеквадратическое значение напряжения.  
 П.dBm -децибелы относительно 1 милливатта.

## 2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

### 2.1 Частотные параметры основного генератора

2.1.1 Диапазон частот генератора на основном выходе составляет:

Форма сигнала	Диапазон частот	Дискретность
Синусоидальная	0,0001 Гц ...31 МГц	0,0001 Гц
Прямоугольн	0,0001 Гц ...2 МГц	0,0001 Гц

Треугольная	0,0001 Гц ...2 МГц	0,0001 Гц
Пилообразная	0,0001 Гц ...2 МГц	0,0001 Гц
Шумовая	10,0 МГц	
Произвольная	0,0001 Гц ...10 МГц	0,0001 Гц

2.1.2 Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки частоты составляют  $\pm(3 \cdot 10^{-6} \cdot f + 0,0001 \text{ Гц})$

2.1.3 Нестабильность частоты за любой 15-ти минутный интервал времени работы после 30-ти минутного самопрогрева не более  $(6,0 \cdot 10^{-8} \cdot f)$  при частотах выходного сигнала более 100 кГц и не более  $(3,0 \cdot 10^{-7} \cdot f + 0,0001 \text{ Гц})$  при частотах не более 100 кГц.

## 2.2 Параметры выходного напряжения основного генератора

2.2.1 Максимальный размах выходного сигнала на основном выходе составляет 10,00 В на согласованной нагрузке 50 Ом для всех форм сигнала. Дискретность установки выходного напряжения составляет 0,05 В.

2.2.2 Уровень выходного сигнала может быть установлен в:

- $V_{pp}$  - пиковое значение напряжения;
- $V_{rms}$  - среднеквадратическое значение напряжения;
- dBm - единицы мощности.

Диапазон выходных уровней для величин  $V_{rms}$  и dBm приведен в таблице 2.1

Таблица 2.1

Форма сигнала	$V_{rms}$		dBm	
	Диапазон, В	Дискретность установки	Диапазон, dBm	Дискретность установки
Синусоидальная	0,01...3,535	0,01	- 22,05...+23,97	од

Треугольная	0,01...2,886		- 23,82...+	
Прямоугольная	0,01. ...5,00		- 19,04...+	
Произвольная	Не обеспечивается			
Шумовая	0,01443...2,09		- 26,62... +	<b>од</b>

2.2.3 Пределы допускаемой относительной погрешности установки значения выходного напряжения  $V_{pp}$  сигнала синусоидальной формы не превышают значений указанных в таблице 2.2

Таблица 2.2

<i>Пределы допускаемой относительной погрешности напряжения синусоидального сигнала при отключенном постоянном смещении</i>	<i>допускаемой установки</i>		<i>0,0001 Гц - 100 кГц</i>	<i>100 кГц- 20 МГц</i>	<i>25 - 31 МГц</i>
		<i>0,05-10 В</i>	$\pm 0,5$ дБ	$\pm 0,7$ дБ	$\pm 1,2$ дБ

2.2.4 Пределы допускаемой относительной погрешности установки значения выходного напряжения  $V_{pp}$  сигнала треугольной и пилообразной форм не превышают значений указанных в таблице 2.3

Таблица 2.3

<i>Пределы допускаемой относительной погрешности установки напряжения треугольного и пилообразного сигнала</i>	<i>допускаемой</i>		<i>0,0001 Гц- 100 кГц</i>	<i>100 кГц- 2 МГц</i>
		<i>0,05-10 В</i>	$\pm 6\%$	$\pm 10\%$

2.2.5 Пределы допускаемой относительной погрешности установки значения выходного напряжения  $V_{pp}$  сигнала прямоугольной формы не превышают значений указанных в таблице 2.4

Таблица 2.4

<i>Пределы допускаемой относительной погрешности установки напряжения прямоугольного сигнала</i>	<i>допускаемой</i>		<i>0,0001 Гц- 100 кГц</i>	<i>100 кГц- 2 МГц</i>
		<i>0,05-10 В</i>	$\pm 6\%$	$\pm 10\%$

2.2.6 Смещение постоянной составляющей выходного сигнала осуществляется в пределах от -5,0 В до +5,0 В. Дискретность установки смещения уровня выходного напряжения составляет 0,05 В. Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня постоянной составляющей  $U_{CM}$  не превышают  $\pm(0,015*|U_{CM}| + 80 \text{ мВ})$  при выключенном основном сигнале. При включенном основном сигнале и  $U_{CM}=0 \text{ В}$ , постоянная составляющая не превышает  $\pm 80 \text{ мВ}$ .

**Примечание.** Суммарное значение пикового напряжения выходного сигнала и модуля напряжения смещения постоянной составляющей не должно превышать 5,0 В при работе на согласованную нагрузку 50 Ом.

## 2.3 Прочие параметры основного генератора

2.3.1 Коэффициент гармоник синусоидального сигнала в диапазоне частот до 1 МГц не превышает 0,5%, в диапазоне частот 1-31 МГц не превышает 3,0% .

2.3.2 Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки длительности импульса прямоугольного сигнала типа «меандр» составляют  $\pm(0,01/f + 4 \text{ нс})$  в диапазоне частот до 2 МГц.

2.3.3 Длительности фронта и среза прямоугольного сигнала при работе на согласованную нагрузку 50 Ом не превышают 20 нс.

2.3.4 Выбросы на вершине прямоугольного сигнала не превышают 7 %.

## 2.4 Параметры модулирующего генератора:

2.4.1 Генератор модулирующих сигналов обеспечивает формирование сигналов одной из следующих форм:

- синусоидальную;
- прямоугольную;
- треугольную;
- пилообразную.
- произвольную форму

2.4.2 Диапазон частот модулирующего генератора составляет 0,001 Гц... 10 кГц, дискретность установки частоты составляет 0,001 Гц.

## **2.4 Параметры частотной модуляции**

2.4.3 Генератор обеспечивает возможность работы в режиме частотной модуляции (ЧМ). Частотная модуляция выходного сигнала осуществляется от внутреннего источника модулирующего сигнала, обеспечивающего установку частоты в диапазоне от 0,001 Гц до 10 кГц.

2.4.4 Девиация частоты выходного сигнала дискретно устанавливается в номинальных пределах от 0 до  $f/2$ , где  $f$  - установленное значение несущей частоты. Дискретность установки девиация частоты составляет 0,01 Гц.

## **2.5 Параметры амплитудной модуляции**

2.5.1 Генератор обеспечивает возможность работы в режиме внутренней и внешнеамплитудной модуляции (АМ). Амплитудная модуляция выходного сигнала осуществляется:

- от внутреннего источника модулирующего сигнала, обеспечивающего установку частоты в диапазоне от 0,001 Гц до 10 кГц (см п. 2.5);
- от внешнего источника модулирующего сигнала, обеспечивающего установку частоты в диапазоне от 0,001 Гц до 20 кГц.

2.5.2 Коэффициент амплитудной модуляции выходного сигнала, устанавливается дискретно в номинальных пределах от 0 до 100 %. Дискретность установки 1 %.

## **2.6 Параметры фазовой модуляции**

2.6.1 Генератор обеспечивает возможность работы в режиме фазовой модуляции (ФМ). Фазовая модуляция выходного сигнала осуществляется

от внутреннего источника модулирующего сигнала, обеспечивающего установку частоты в диапазоне от 0,001 Гц до 10 кГц (см п. 2.5).

2.6.2 Девиация фазы дискретно устанавливается от  $-9999,99^\circ$  до  $+9999,99^\circ$ . Дискретность установки фазы составляет  $0,01^\circ$ .

## **2.7 Генератор качающейся частоты (ГКЧ)**

2.7.1 Генератор обеспечивает режим ГКЧ для всех видов выходного сигнала по линейному, логарифмическому закону или однократный пуск в диапазоне выходных частот (см п. 2.2).

2.7.2 Генератор обеспечивает синхронизацию запуска ГКЧ от внутреннего синхронизирующего генератора или по внешнему импульсу.

2.7.3 Генератор обеспечивает возможность внешнего запуска ГКЧ от внешнего импульса, удовлетворяющего требованиям:

- полярность - положительная;
- напряжение 2,4...4,5 В (уровень ТТЛ), длительность фронта не более 50 нс;

2.7.4 Частота свипирования находится в пределах от 0,001 Гц (1000с) до 10 кГц (0,1мс) издается внутренним модулирующим (п. 2.5).

## **2.8 Параметры импульсной модуляции**

2.8.1 Генератор формирует импульсно-модулированный сигнал при внутреннем запуске. В диапазоне несущих частот до 2 МГц генератор обеспечивает получение пакета при модуляции от внутреннего модулирующего генератора. Параметры несущего колебания соответствуют данным, указанным в п. 2.2.

2.8.2 Генератор обеспечивает синхронизацию запуска радиоимпульса от внутреннего синхронизирующего генератора или по внешнему импульсу.

2.8.3 Генератор обеспечивает возможность запуска пакета при воздействии внешнего импульса, удовлетворяющего требованиям:

- полярность - положительная;
- напряжение 2,4...4,5 В (уровень ТТЛ), длительность фронта не более 50 нс;
- частота следования импульсов  $0 < f < 2$  МГц.

2.8.4 Для сигналов синусоидальной, треугольной и пилообразной форм, начальная фаза сигнала устанавливается в пределах от минус  $9999,99^\circ$  до плюс  $9999,99^\circ$  с дискретностью  $0,01^\circ$ .

2.8.5 В паузах между пакетами на основном выходе генератора устанавливается постоянное напряжение, равное значению напряжения в начальной фазе сигнала в пакете.

2.8.6 Число импульсов в пакете устанавливается в пределах от 1 до 65534, при этом должно выполняться условие:

$$T_{\text{пак}} = N/f, \text{ где}$$

$T_{\text{пак}}$  – длительность пакета;

$N$  – число колебаний в пакете;

$f$  – частота несущего колебания.

## 2.9 Формирование сигнала произвольной формы

2.9.1 Генератор имеет возможность формирования сигналов произвольной формы.

2.9.2 Диапазон частот сигнала произвольной формы составляет 0,0001 Гц...2 МГц, дискретность установки частоты составляет 0,0001 Гц.

2.9.3 Параметры выходного уровня для сигнала произвольной формы на основном выходе на согласованной нагрузке 50 Ом соответствуют значениям, указанным в п. 2.2.1.

2.9.4 Объем внутренней памяти обеспечивающий формирование сигнала произвольной формы составляет от 16 до 16383 бит.

2.9.5 Разрешение по вертикали составляет 12 бит.

2.9.6 Частота дискретизации ЦАП генератора составляет 80 МГц.

## **2.10 Дополнительные выходы основного генератора**

2.10.1 На дополнительном выходе «MARKER» присутствует импульс, длительность которого равна периоду качания в режиме ГКЧ. Импульс имеет следующие параметры:

- полярность - положительная;
- напряжение выходного сигнала не менее 2,4 В и не более 4,5 В (уровень ТТЛ);
- длительность фронта и среза не превышает 20 нс;
- выбросы на вершине и в паузе не более 10%.

2.10.2 На дополнительном выходе «BLANK / LIFT» присутствует сигнал, синхронный с «обратным ходом луча» цикла свипирования ГКЧ и имеющий следующие параметры:

- полярность - положительная;
- напряжение выходного сигнала не менее 2,4 В и не более 4,5 В (уровень ТТЛ);
- длительность фронта и среза не превышает 20 нс;
- выбросы на вершине и в паузе не более 10%.

2.10.3 На дополнительном выходе «SWEEP» присутствует напряжение, соответствующее сигналу изменения частоты ГКЧ:

- полярность - положительная;

- напряжение выходного сигнала от 0В до 10В.

2.10.4 На дополнительном выходе «MODULATION» присутствует сигнал от внутреннего модулирующего генератора с напряжением 0...5В. Уровень сигнала зависит от установленных параметров модуляции.

2.10.5 На дополнительном выходе «TRIG» присутствует сигнал, синхронный со стробирующим импульсом радиоимпульса и имеющий следующие параметры:

- полярность - положительная;
- напряжение выходного сигнала не менее 2,4 В и не более 4,5 В (уровень ТТЛ);
- длительность фронта и среза не превышает 20 нс ;
- выбросы на вершине и в паузе не более 10%.

## **2.11 Параметры опорного генератора**

2.11.1 Генератор выдает сигнал с внутреннего опорного генератора частотой 10 МГц. Размах выходного напряжения не менее 1 В на нагрузке 50 Ом.

2.11.2 Генератор допускает работу от внешнего источника опорного сигнала частотой 10 МГц синусоидальной формы напряжением от 1 до 5 В на нагрузке 1 кОм, с автоматическим переключением на внешний опорный генератор.

## **2.12 Общие параметры**

2.12.1 Генератор обеспечивает связь с ПК по RS-232 или GPIB. В режиме дистанционного управления генератор обеспечивает управление всеми режимами работы и программное формирование сигнала произвольной формы.

2.12.2 Генератор обеспечивает технические характеристики после времени установления рабочего режима, равного 30 мин.

2.12.3 Питание: сеть переменного тока напряжением 100/120/220/230 В, частотой 50...60 Гц.

2.12.4 Мощность, потребляемая от сети при номинальном напряжении, не более 46 В-А для генератора ГСС-93/1 и не более 80 В-А для генератора ГСС-93/1.

2.12.5 Генератор допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течение 8 ч при сохранении своих технических характеристик.

**Примечание.** Время непрерывной работы не включает в себя время установления рабочего режима. Время перерыва до повторного включения не менее времени установления рабочего режима.

2.12.6 Габаритные размеры, мм, не более: генератора — 363x109x386.

2.12.7 Масса генератора:

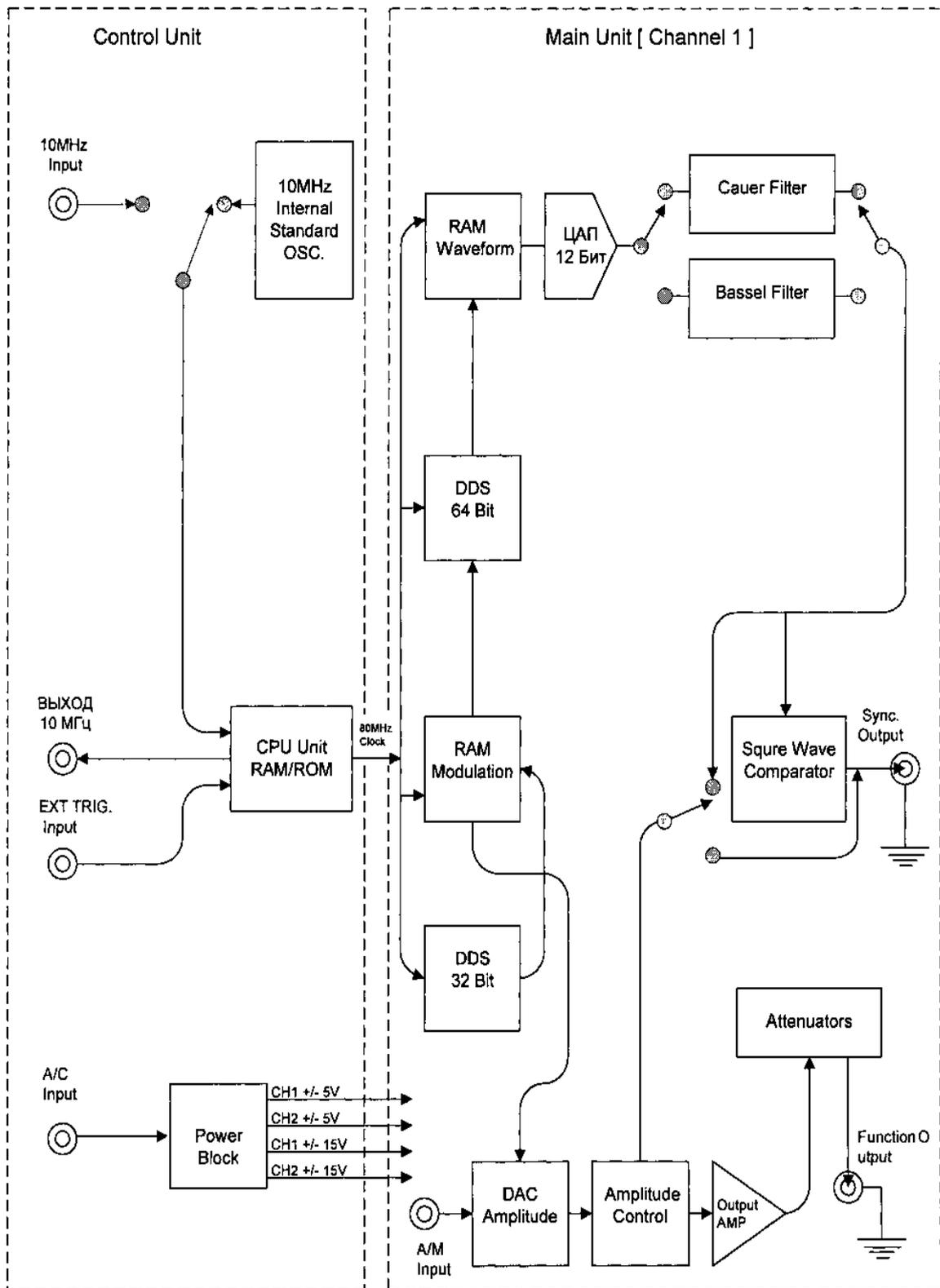
- ГСС-93/1 - 8,2 кг.
- ГСС-93/2 - 8,7 кг.

### **3 СОСТАВ ПРИБОРА**

Таблица 3.1

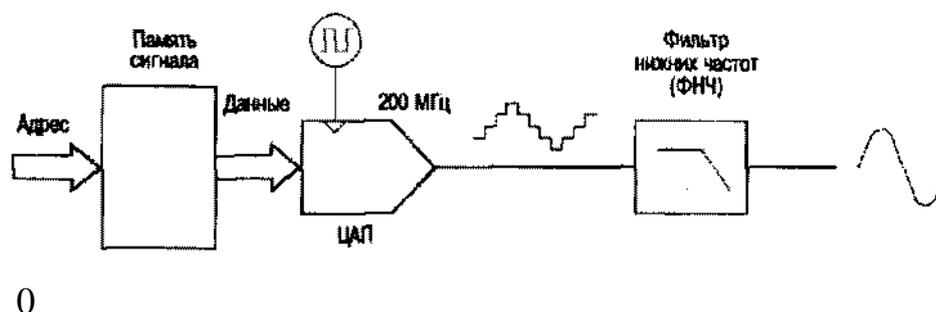
<b>Наименование</b>	<b>Количество</b>	<b>Примечание</b>
Генератор		
Сетевой шнур		
Кабель соединительный		
Предохранитель	<b>2</b>	
Руководство по эксплуатации		
Кабель GPIB		Поставляется по отдельному заказу
Программное обеспечение «Arbitrary Waveform Composer»		по запросу
Руководство по обслуживанию		Поставляется по отдельному заказу

#### **4 ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ**



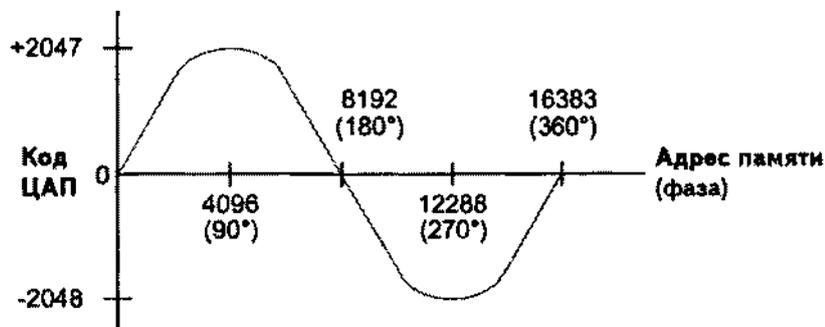
Генератор использует принцип генерации сигнала, называемый прямым цифровым синтезом (ПЦС) для всех форм сигнала. Этот принцип состоит в том, что цифровые данные, представляющие цифровой эквивалент сигнала требуемой формы, последовательно считываются из памяти сигнала и поступают на вход цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). ЦАП тактируется с частотой дискретизации

генератора 80 МГц и выдает последовательность ступеней напряжения, аппроксимирующую требуемую форму сигнала. Ступенчатое напряжение затем сглаживается фильтром нижних частот (ФНЧ), в результате чего восстанавливается окончательная форма сигнала.



Генератор использует два типа ФНЧ. Для непрерывного синусоидального сигнала используется эллиптический фильтр девятого порядка, имеющий практически постоянное значение коэффициента передачи в полосе пропускания. Поскольку эллиптические фильтры создают значительные осцилляции в сигналах, форма которых отличается от непрерывного синусоидального, для всех других форм сигнала используется фильтр седьмого порядка с линейной фазовой характеристикой. Для форм сигнала генератор использует память объемом 16К (6384 точек).

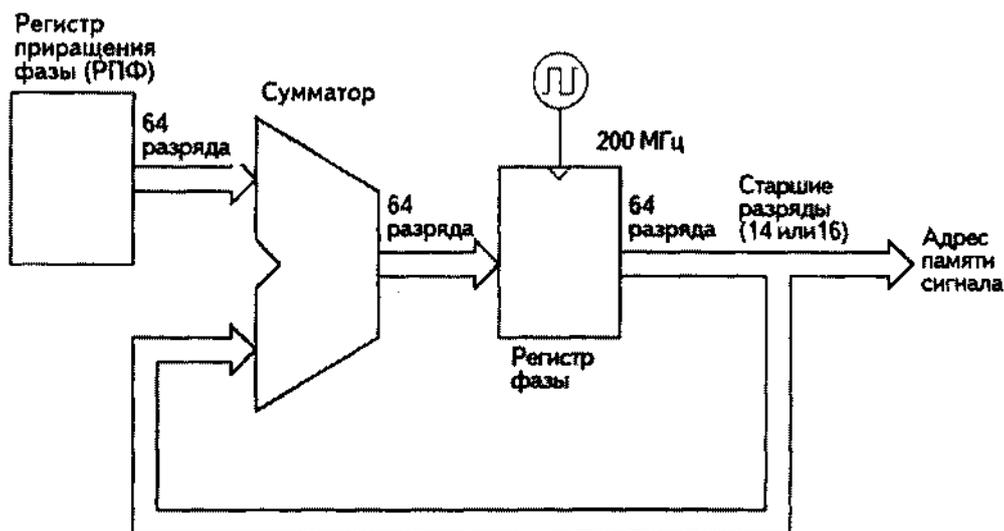
В генераторе мгновенное значение сигнала представлено 4096 дискретными уровнями напряжения (разрешение 12 бит). Форма сигнала представлена его отдельными отсчетами таким образом, что в памяти записан один полный период (как показано на рисунке для сигнала синусоидальной формы). Если для создания сигнала произвольной формы используется не точно 16К, его запись автоматически растягивается путем дублирования точек или путем интерполяции между существующими точками так, чтобы вся память сигнала была заполнена. Поскольку в памяти записан один период сигнала, каждая ячейка памяти соответствует фазе  $2\pi/16384$ .



Представление сигнала синусоидальной формы в памяти

Генератор с прямым цифровым синтезом для адресации памяти сигнала использует фазовый аккумулятор. Фазовый аккумулятор, в отличие от счетчика, использует принцип сумматора для генерирования последовательных адресов памяти. С каждым тактовым импульсом некоторая константа, загруженная в регистр приращения фазы (РПФ), суммируется с текущим содержимым регистра фазы фазового аккумулятора. Старшие разряды выходного кода фазового аккумулятора используются для адресации памяти сигнала. При изменении константы, загружаемой в РПФ, изменяется число тактов, необходимое для прохода всей памяти и, следовательно, частота выходного сигнала. Когда в РПФ загружена новая константа, частота выходного сигнала в следующем такте изменяется без разрыва фазы.

Содержимое РПФ определяет скорость изменения фазы во времени и в конечном счете управляет частотой синтезируемого сигнала. Чем больше число разрядов фазового аккумулятора, тем выше разрешение по частоте. Поскольку РПФ влияет только на скорость изменения фазы, а не на саму фазу, изменение частоты происходит без разрыва фазы.



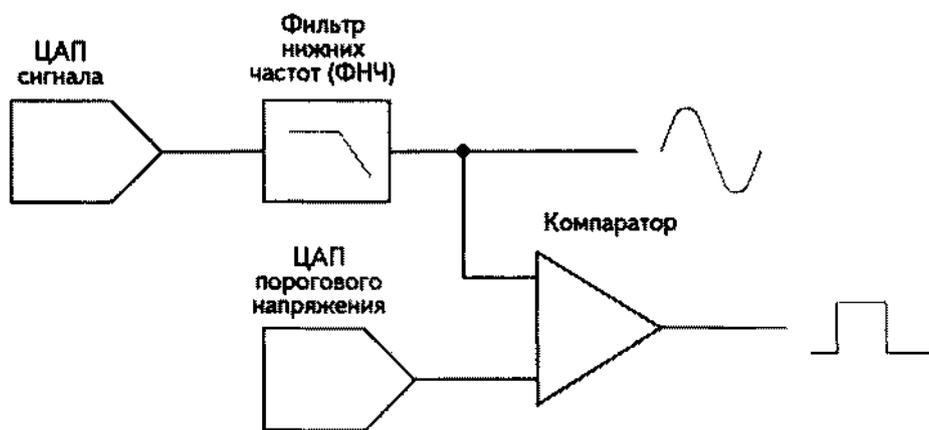
Функциональная схема фазового аккумулятора

Генератор использует 64-разрядный фазовый аккумулятор, обеспечивающий разрешающую способность установки частоты  $2^{-64} \times 80$  МГц или 4,33 пГц. Следует обратить внимание, что для адресации памяти используются только 14 или 16 старших разрядов выходного кода регистра фазы. Это означает, что когда синтезируются сигналы низких частот (ниже 12,21 кГц), изменение адреса происходит не в каждом такте. С другой стороны, при высоких частотах (выше 12,2 кГц) в каждом такте адресация изменяется более чем на одну ячейку памяти, и некоторые точки пропускаются. Если пропускается слишком много точек, возникает так называемое явление наложения частот и выходной сигнал оказывается в определенной степени искаженным.

Теорема Котельникова утверждает, что для предотвращения вредного проявления эффекта наложения частот самая высокочастотная составляющая в спектре синтезируемого сигнала должна иметь частоту ниже половины частоты дискретизации (40 МГц для генератора ГСС-93/1 и ГСС-93\2).

### Генерация сигнала прямоугольной формы

Для исключения искажений, обусловленных наложением частот при высоких частотах сигнала, для формирования прямоугольного сигнала генератор использует другой принцип. На частотах выше 2 МГц прямоугольный сигнал формируется с помощью компаратора, на который подается синусоидальный сигнал, синтезированный системой ПЦС. Выходной сигнал компаратора, имеющий два дискретных уровня напряжения, служит основой для получения выходного сигнала прямоугольной формы.

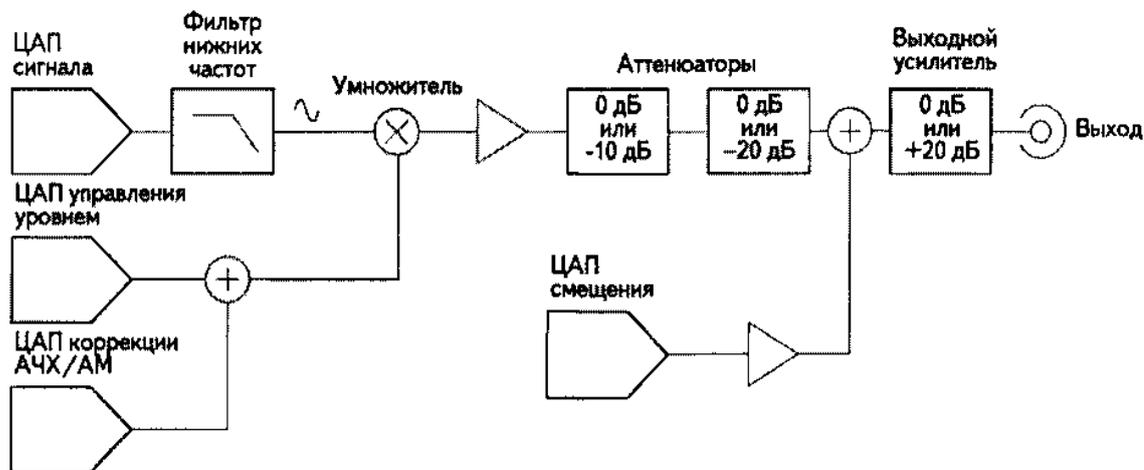


### СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СИГНАЛА

#### Управление уровнем выходного сигнала

Для управления уровнем выходного сигнала в пределах 10 дБ в генераторе применен аналоговый умножитель. Как показано на рисунке, один из входов умножителя подключен к выходу фильтра нижних частот. Другой вход подключен к источнику управляющего напряжения постоянного тока, которое является суммой выходных напряжений двух ЦАП. Один из этих ЦАП выдает напряжение,

соответствующее требуемому уровню выходного сигнала. Второй ЦАП выдает напряжение коррекции частотной характеристики генератора. Методики калибровки генератора дают всю необходимую информацию для вычисления надлежащих параметров сигнала ЦАП.



Следует обратить внимание, что напряжение смещения суммируется с сигналом после аттенюаторов, но до усилителя. Это позволяет устанавливать относительно большие напряжения смещения для сигналов малого уровня. Например, можно установить смещение почти 5 В для сигнала с уровнем 100 мВ (размах) на нагрузке 50 Ом.

При изменении пределов генератор всегда переключает аттенюаторы таким образом, что выходное напряжение никогда не превышает установленного уровня. Однако кратковременные разрывы или глитчи, вызванные переключением аттенюаторов, могут создать проблемы для некоторых применений. По этой причине генератор имеет функцию *удержания предела*, которая позволяет зафиксировать переключатели аттенюаторов и усилителя в их текущих состояниях. Однако это может отрицательно отразиться на точности и разрешающей способности установки уровня сигнала и смещения (как и на верности воспроизведения сигнала), когда его уровень ниже предполагаемого предела.

## 5 МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

Наименование и условное обозначение прибора, товарный знак предприятия нанесены в верхней части лицевой панели.

Заводской порядковый номер прибора и год изготовления расположены на задней панели.

Все элементы и составные части, установленные на панелях и печатных платах прибора, имеют маркировку позиционных обозначений в соответствии с перечнями элементов к электрическим принципиальным схемам.

Прибор, принятый ОТК, пломбируется мастичными или саморазрушающимися при вскрытии прибора пломбами, которые расположены на задней панели.

## **6 УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ**

При работе с открытым прибором не допускается соприкосновение с токонесущими элементами, так как в приборе имеется переменное напряжение 220 В силового трансформатора, сетевого выключателя и сетевой вилке.

Прибор включается в сеть трехжильным кабелем (два фазных провода и заземляющая жила).

## **7 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ**

7.1 Перед началом работы следует изучить техническое описание и инструкцию по эксплуатации, а также ознакомиться с расположением и назначением органов управления и контроля на передней и задней панелях прибора (п.п. 8.1).

7.2 Проверить наличие предохранителей и соответствие напряжения питания установленному на генераторе. Значение установленного напряжения питания видно в окне держателя предохранителя.

7.3 В случае большой разницы температур между складским и рабочим помещениями полученный со склада генератор перед включением выдерживать в нормальных условиях не менее 4 ч.

7.4 После длительного хранения или транспортирования в условиях повышенной влажности перед включением выдержать генератор в нормальных условиях не менее 8 ч.

7.5 Произведите подключение генератора к сети электропитания.

7.6 Протрите генератор чистой сухой салфеткой перед установкой его на рабочее место. Для удобства установки прибора на рабочем столе снизу корпуса имеются ножки, позволяющие поднимать прибор по высоте. Так же в качестве подставки возможно

использовать ручку, оттяните крепления ручки в сторону от корпуса генератора, поверните ручку в нужное положение и зафиксируйте на корпусе.

7.7 Проверить надежность заземления.

7.8 Подсоединить шнур питания к сети. Тумблер «POWER» (СЕТЬ) должен находиться в положении выключенном (OFF).

7.9 Органы управления и контроля могут находиться в произвольном положении.

7.10 Тумблер «POWER» устанавливается в положение «ON» (ВКЛ). При этом должно светиться

табло индикации. 7.11 До проведения работ необходимо прогреть прибор в течение 15 мин. Генератор

обеспечивает технические характеристики, указанные в разделе 2 после времени установления рабочего режима, равного 30 мин.

7.12 Проверить работоспособность генератора можно посредством установки органами управления основных параметров: частоты, выходного напряжения, формы сигнала, коэффициента амплитудной модуляции, величины девиации, - и последующим контролем по индикаторам, отображающим значения соответствующих величин.

7.13 Прибор во время работы должен быть установлен так, чтобы воздух свободно поступал и выходил из него. Вентиляционные отверстия кожуха прибора не должны быть закрыты другими предметами.

## **8.1 Расположение органов управления, настройки и подключения**

### **8.1.1 Передняя панель**

1	  – кнопки выбора формы выходного сигнала основного генератора
2	  – кнопки выбора режима модулирующего генератора
3	  – кнопки выбора формы выходного сигнала модулирующего генератора
4	<b>Вкл / Выкл</b> Кнопка включения режима ГКЧ, модуляции или режима формирования пакета.
5	<b>7</b> - Ввод числа «7».  <b>RS-232</b> – префиксная кнопка установки скорости передачи по интерфейсу RS-232.
6	Кнопка ПРЕФ, свечение светодиода свидетельствует о готовности ввода префиксной команды.
7	<b>8</b> - Ввод числа «8».  <b>GPIB</b> – кнопка выбора вида связи с компьютером по интерфейсу GPIB.
8	<b>ЗАП</b> – кнопка активизации режима записи во внутреннюю память профилей органов управления.  <b>СПФ РЕД</b> – кнопка активизации режима редактирования сигнала произвольной формы.
9	<b>9</b> - Ввод числа «9».  <b>СПФ МОД</b> – кнопка активизации режима записи в память или вызова из памяти формы сигнала произвольной формы (СПФ), используемой в режиме модуляции или ГКЧ.
10	<b>ВЫЗ</b> – кнопка активизации режима вызова из памяти предварительно записанных во внутреннюю память профилей органов управления.  <b>СБР</b> – кнопка сброса всех пользовательских установок и воспроизведение начальных (заводских) установок органов управления
11	<b>ГР %</b> – кнопка вводе единиц измерения «градус» и «процент».  <b>МУ</b> – кнопка установки режима «местного управления».
12	<b>СБРОС</b> – кнопка сброса неправильно введенного значения.  <b>КАЛ</b> – кнопка активизации режима закрытой калибровки генератора.
13	<b>6</b> - Ввод числа «6».  <b>ПолК=МРК</b> – кнопка установки полосы качания ГКЧ равной ширине маркера.

14	<p><b>МГц; dBm</b> - кнопка вводе единиц измерения.</p> <p><b>МУ</b> - кнопка выбора режима установки адреса GPIB в системе КОП.</p>
15	<p><b>5</b> - Ввод числа «5».</p> <p><b>МРК=Полк</b> - кнопка установки ширины маркера равной полосе качания ГКЧ.</p>
16	<p><b>кГц Vrms</b> - кнопка ввода единиц измерения.</p> <p><b>ЗНАЧ (X)</b> - кнопка выбора режима установки данных по оси X при формировании сигнала произвольной формы.</p>
17	<p><b>Гц Vpp</b> - кнопка ввода единиц измерения.</p> <p><b>ЗНАЧ (Y)</b> - кнопка выбора режима установки данных по оси Y при формировании сигнала произвольной формы.</p>
18	<p><b>3</b> - Ввод числа «3».</p> <p><b>МРК ЦЧ</b> - кнопка активизации режима установки центральной частоты маркера.</p>
19	<p><b>+/-</b> - Ввод знака «минус».</p> <p><b>Пол МРК</b> - кнопка активизации режима установки ширины маркера в режиме ГКЧ.</p>
20	<p><b>2</b> - Ввод числа «2».</p> <p><b>МРК СТОП</b> - кнопка активизации режима установки конечной частоты маркера.</p>
21	<p><b>•</b> - Ввод десятичной точки.</p> <p><b>ДИАП СИНХР</b> - кнопка активизации режима установки диапазона синхронизации модулирующего генератора.</p>
22	<p><b>1</b> - Ввод числа «1».</p> <p><b>МРК СТАРТ</b> - кнопка активизации режима установки начальной частоты маркера.</p>
23	<p><b>0</b> - Ввод числа «0».</p> <p><b>ИСТ СИНХР</b> - кнопка выбора режима установки источника синхронизации модулирующего генератора.</p>
24	<p><b>4</b> - Ввод числа «4».</p> <p><b>СПФ РЕЖ</b> - кнопка выбора способа ввода данных формы СПФ.</p>
25	<p><b>СИНХР</b> - кнопка однократного запуска цикла свипирования или однократного пакета</p>
26	<p><b>СТАРТ ГКЧ</b> - кнопка активизации режима установки начальной частоты ГКЧ</p> <p><b>СТОП ГКЧ</b> - кнопка активизации режима установки конечной частоты ГКЧ</p>
27	<p><b>Параметр МОД</b> - кнопка активизации режима установки полосы качания в режиме ГКЧ, параметров модуляции в режиме АМ, ЧМ и ФМ.</p>

14	<b>МГц; dBm</b> - кнопка вводе единиц измерения. <b>МУ</b> - кнопка выбора режима установки адреса GPIB в системе КОП.
15	<b>5</b> - Ввод числа «5». <b>МРК=Полк</b> - кнопка установки ширины маркера равной полосе качания ГКЧ.
16	<b>кГц Vrms</b> - кнопка ввода единиц измерения. <b>ЗНАЧ (X)</b> - кнопка выбора режима установки данных по оси X при формировании сигнала произвольной формы.
17	<b>Гц Vpp</b> - кнопка ввода единиц измерения. <b>ЗНАЧ (Y)</b> - кнопка выбора режима установки данных по оси Y при формировании сигнала произвольной формы.
18	<b>3</b> - Ввод числа «3». <b>МРК ЦЧ</b> - кнопка активизации режима установки центральной частоты маркера.
19	<b>+/-</b> - Ввод знака «минус». <b>Пол МРК</b> - кнопка активизации режима установки ширины маркера в режиме ГКЧ.
20	<b>2</b> - Ввод числа «2». <b>МРК СТОП</b> - кнопка активизации режима установки конечной частоты маркера.
21	<b>•</b> - Ввод десятичной точки. <b>ДИАП СИНХР</b> - кнопка активизации режима установки диапазона синхронизации модулирующего генератора.
22	<b>1</b> - Ввод числа «1». <b>МРК СТАРТ</b> - кнопка активизации режима установки начальной частоты маркера.
23	<b>0</b> - Ввод числа «0». <b>ИСТ СИНХР</b> - кнопка выбора режима установки источника синхронизации модулирующего генератора.
24	<b>4</b> - Ввод числа «4». <b>СПФ РЕЖ</b> - кнопка выбора способа ввода данных формы СПФ.
25	<b>СИНХР</b> - кнопка однократного запуска цикла свипирования или однократного пакета
26	<b>СТАРТ ГКЧ</b> - кнопка активизации режима установки начальной частоты ГКЧ <b>СТОП ГКЧ</b> - кнопка активизации режима установки конечной частоты ГКЧ
27	<b>Параметр МОД</b> - кнопка активизации режима установки полосы качания в режиме ГКЧ, параметров модуляции в режиме АМ, ЧМ и ФМ.

	<b>ЦЧ ГКЧ</b> – кнопка активизации режима установки центральной частоты ГКЧ
<b>28</b>	<b>Модулир генератор</b> – кнопка активизации режима установки частоты внутреннего модулирующего генератора в режиме АМ, ЧМ и ФМ или частоты свипирования в режиме ГКЧ  <b>ПАКЕТ ЧислоПер</b> - кнопка активизации режима установки числа периодов в пакете
<b>29</b>	<b>СМЕЩ</b> - активизации режима установки смещения постоянной составляющей выходного сигнала.  <b>ЭСЛ</b> - кнопка установки выходного сигнала на основном выходе с уровнем логики ЭСЛ.
<b>30</b>	<b>АМПЛ</b> - кнопка активизации режима установки уровня выходного сигнала.  <b>ТТЛ</b> - кнопка установки выходного сигнала на основном выходе с уровнем логики ТТЛ.
<b>31</b>	<b>ФАЗА</b> - кнопка активизации режима установки фазы запуска пакета  <b>ФАЗА=0</b> кнопка установки выходного нулевой начальной фазу запуска пакета.
<b>33</b>	<b>ШАГ</b> - кнопка активизации режима установки пошагового изменения выбранного параметра.    - кнопки изменения выбранного параметра на шаг в сторону увеличения или уменьшения.
<b>32</b>	<b>ЧАСТОТА</b> - кнопка активизации режима установки частоты <b>ИНВ</b> - кнопка инверсии выходного сигнала.
<b>34</b>	<b>КАН 1</b> - кнопка активизации управления генератором 1  <b>КАН 2</b> - кнопка активизации управления генератором 2
<b>35</b>	Выход с уровнем ТТЛ канала 1
<b>36</b>	Основной выход 50 Ом канала 1
<b>37</b>	Выход с уровнем ТТЛ канала 2

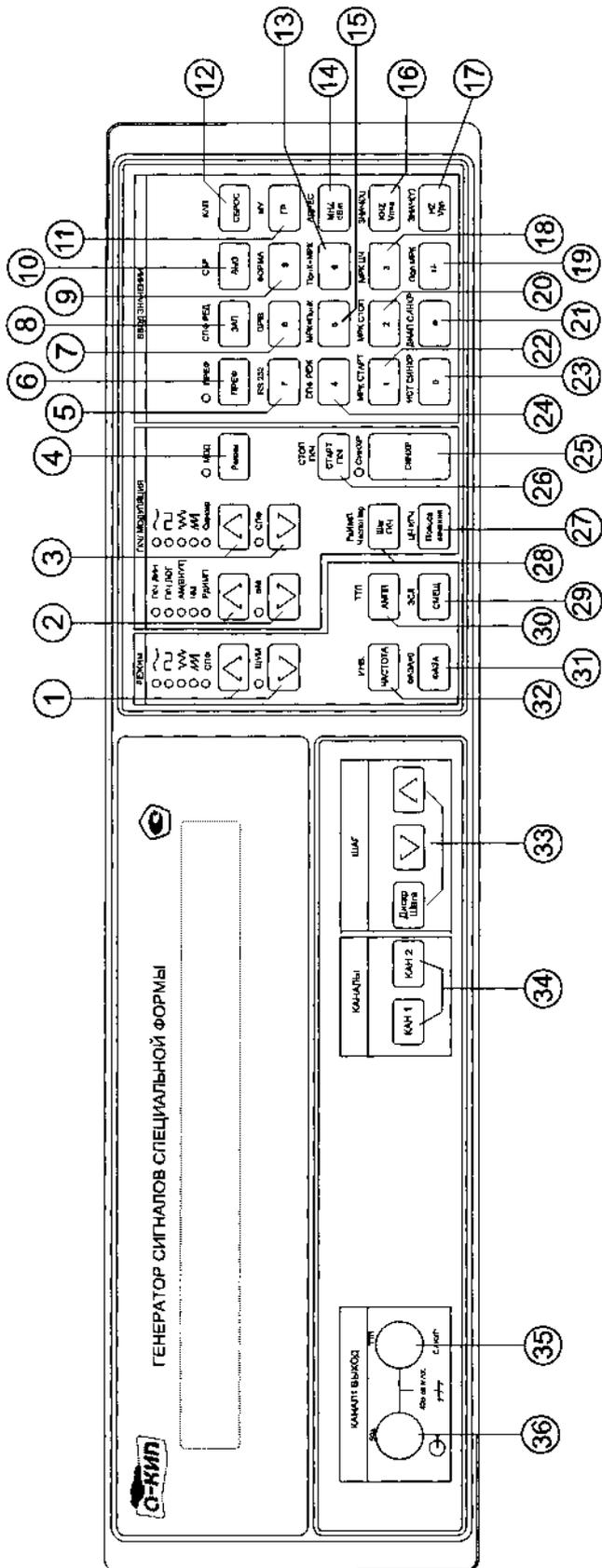


Рис.8-1.1 ГСС-93/1 передняя панель

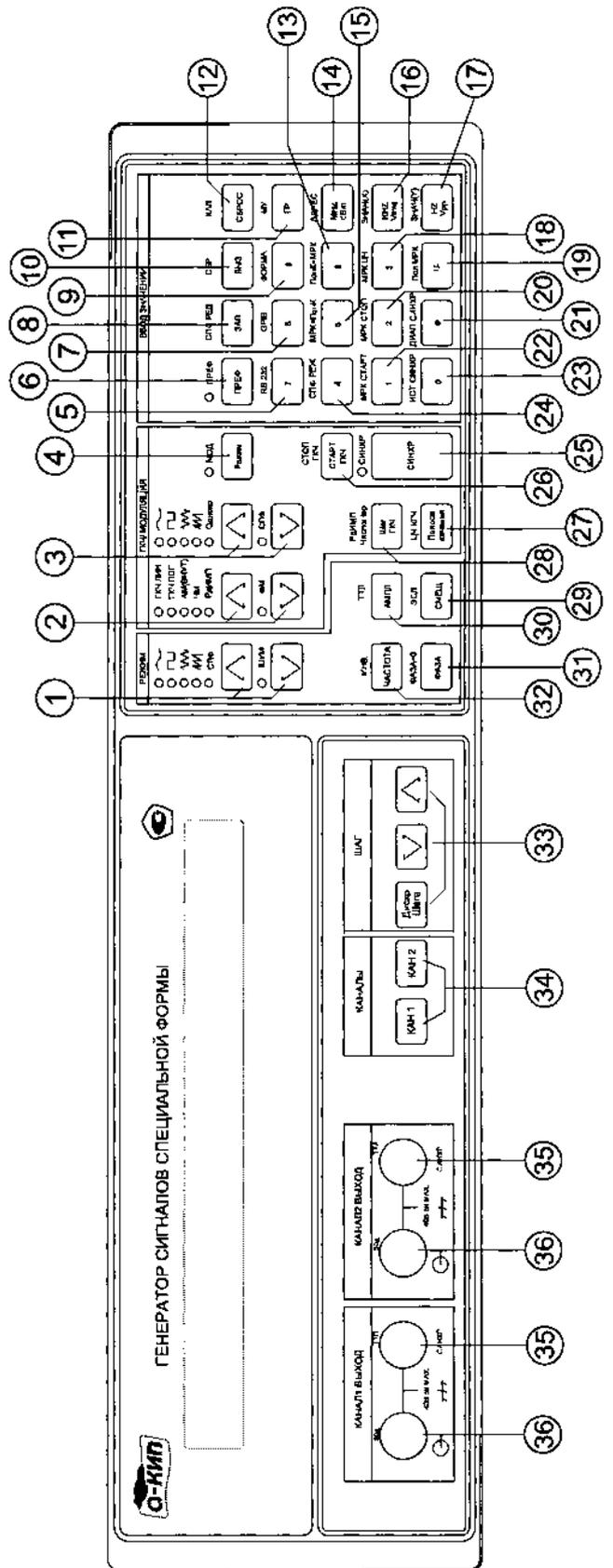


Рис.8-1.2 ГСС-93/2 передняя панель

### 8.1.2 Задняя панель

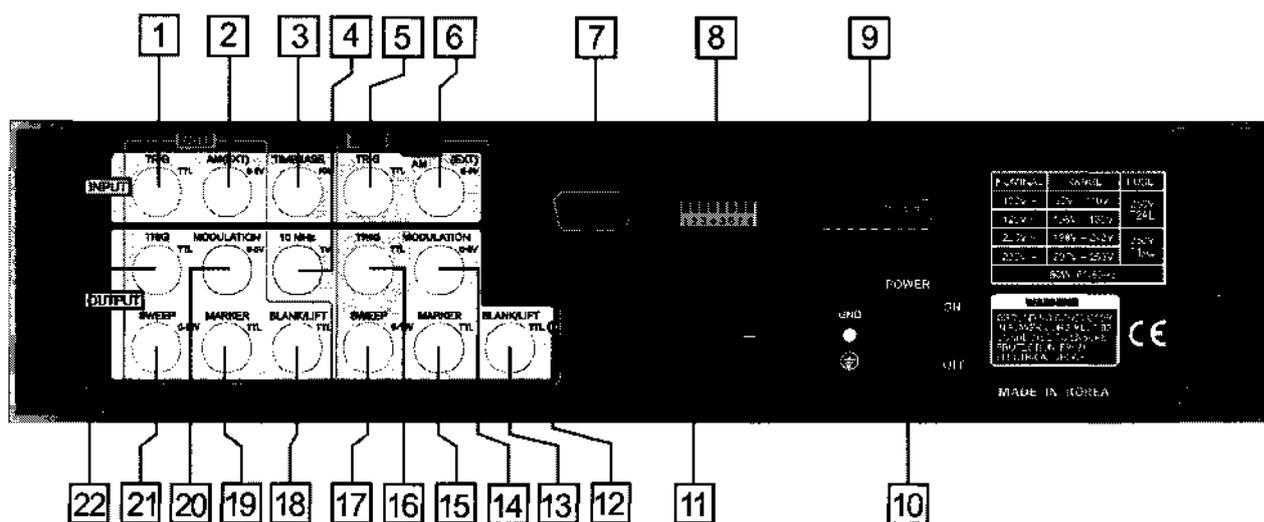


Рис. 8-2. Задняя панель

1	Вход сигнала синхронизации канала 1
2	Вход сигнала внешней АМ канала 1
3	Вход сигнала внешней опорной частоты 10МГц
4	Выход сигнала внутреннего опорного генератора (ОГ) 10МГц
5	Вход сигнала синхронизации канала 2
6	Вход сигнала внешней АМ канала 2
7	Разъем для подключения кабеля RS-232
8	Переключатели установки адреса в системе КОП (при установленной опции GPIB)
9	Разъем для подключения кабеля GPIB
10	Сетевой выключатель
11	Разъем сетевого кабеля и переключатель напряжения питающей сети. Внимание: Для предотвращения поражения электрическим током и выхода из строя генератора обратитесь к разделу 7 «Указание мер безопасности»
12	Отверстие регулировочного винта установки частоты внутреннего ОГ
13	Выход канала 2 сигнала BLANK/LIFT с уровнем ТТЛ.
14	Выход канала 2 сигнала выход сигнала внутреннего модулирующего генератора уровнем 0...5В
15	Выход канала 2 сигнала MARKER с уровнем ТТЛ.
16	Выход канала 2 сигнала TRIG с уровнем ТТЛ; импульс стробирования в режиме формирования пакета. Предназначен для контроля или подключения внешних устройств. Уровень логической 1 появляется с началом формирования пакета и переходит в логический 0 с концом пакета.
17	Выход канала 2 сигнала SWEEP с уровнем 0...10В
18	Выход канала 1 сигнала BLANK/LIFT с уровнем ТТЛ
19	Выход канала 1 сигнала MARKER с уровнем ТТЛ
20	Выход канала 1 сигнала выход сигнала внутреннего модулирующего генератора уровнем 0...5В
21	Выход канала 1 сигнала SWEEP с уровнем 0...10В
22	Выход канала 1 сигнала TRIG с уровнем ТТЛ; импульс стробирования в режиме формирования пакета. Предназначен для контроля или подключения

внешних устройств.

Уровень логической 1 появляется с началом формирования пакета и переходит в логический 0 с концом пакета.

## 8.2 Проведение измерений

### 8.2.1 Установка начальных параметров, общие рекомендации использования

Установите переключатель «POWER» на задней панели генератора в положение «I». При первом включении генератора осуществите установку параметров генератора «по умолчанию». Для этого нажмите кнопку «СБР» (последовательно нажмите кнопки «ПРЕФ» и «ВЫЗ»). Генератор установит следующие параметры:

Параметры	Установки по умолчанию
Активный канал	1 канал
Частота выходного сигнала	20 МГц
Частота выборки СПФ	20 МГц
Амплитуда выходного сигнала	10Vp-p
Смещение выходного сигнала	0В
Инверсия выходного сигнала	Выключена
Фаза пакета	0°
Модуляция	Выключена
Частота модулирующего генератора	0.1 кГц
Вид модуляции	АМ
Форма модулирующего сигнала	Синусоидальная
Параметры ГКЧ	1 кГц начальная частота ГКЧ и стартовая частота маркера 10 МГц конечная частота ГКЧ и стоповая частота маркера
Параметры АМ	100% глубина модуляция, синусоидальная
Параметры ЧМ	1 МГц девиация, синусоидальная
Параметры ФМ	0° девиация фазы, синусоидальная
Параметры пакета	10 периодов
Источник синхронизации	Внутренняя
Диапазон синхронизации	0.001 с
Интерфейс ( RS232, GPIB )	Выключены

### Индикатор

Пример отображения индикатора приведен внизу:



- **CH1** : отображение выбранного канала CH1-канал 1; CH2 - канал 2;
- **OUT FREQUENCY** : отображение частоты выходного сигнала; отображение установленного шага. При наборе выходного уровня, смещения или установки параметров модуляции, ГКЧ или пакета в этом поле отображаются вводимые параметры.
- «\*» : данный символ означает, что изменение параметров осуществляется в пошаговом режиме.
- **INT** : индикатор использования опорного генератора (ОГ). INT - означает использование внутреннего ОГ, EXR - - означает использование внешнего ОГ.
- / **AMPL** : уровень выходного сигнала на нагрузке 50Ω.
- / **OFFSET** : уровень смещения выходного сигнала на нагрузке 50Ω.

### **Использование канала 1 и канала 2 (только для генератора ГСС-93/2).**

Генератор ГСС-93/2 имеет два независимых генератора, что позволяет формировать независимые по форме и частоте сигналы на выходе канал 1 и канала 2. Поскольку генераторы имеют один ОГ, сигналы на выходе канала 1 и канал 2 имеют одинаковую погрешность установки частоты и фиксированный сдвиг фаз, что позволяет их использовать не только как независимые источники сигналов, но и производить подключение по принципу «Ведущий - ведомый». В качестве ведущего вступает канал 1 и качестве ведомого - канал 2.

Способы управления обоими каналами одинаковы. Активизация управления каналом 1 осуществляется нажатие на кнопку «КАШ», при этом на индикаторе появляется надпись «CH1». Активизация управления каналом 2 осуществляется нажатие на кнопку «КАН2», при этом на индикаторе появляется надпись «CH2».

## Сообщения об ошибках

При функционировании генератора на дисплее могут появляться различные сообщения об ошибках, описание ошибок приведено ниже:

Сообщение	Описание ошибки
Function ERROR	Выбран недопустимый режим
DC-AC ERROR	Суммарное значение постоянной составляющей и амплитуды выходного сигнала превышает 5В. Установить корректный уровень смещения.
FREQ. ERROR	Для установленной формы сигнала, частота устанавливается за пределами установленных значений. Установить корректное значение частоты.
VOLT ERROR	Уровень выходного сигнала устанавливается за пределами установленных значений. Установить корректное значение выходного уровня в пределах 50mVp-p ~ 10Vp-p.
INPUT ERROR	Input setting is incorrect.
NO APPLICATION	Выбор вспомогательного режима, для которого при установленном основном параметре нет применения.
REMOTE ERROR	Принята недопустимая команда по стыку ДУ.
OFFSET ERROR	Уровень смещения выходного сигнала устанавливается за пределами установленных значений. Установить корректное значение смещения в пределах $\pm 5В$ .
SELFTEST ERROR	Обнаружены ошибки при внутреннем самотестировании генератора. При периодическом повторении сообщения, генератор необходимо сдать в ремонт.
Calibrate ERROR	В режиме закрытой калибровки обнаружены неисправности в памяти RAM. Данные, записанные в ROM, используются автоматически. Это сообщение может появляться периодически, оно не означает возникновение каких-либо неисправностей.

### 8.2.2 Работа генератора в режиме непрерывной генерации

Подключите к основному выходу прибора 1 согласованную нагрузку сопротивлением 50 Ом.

Нажатием на кнопку «РЕЖИМ» на лицевой панели, выберите форму выходного сигнала. Выбранная форма выходного сигнала подсвечивается рядом с пиктограммой формы выходного сигнала.

### 8.2.3 Установка частоты выходного сигнала генератора

Нажмите кнопку «ЧАСТОТА», на табло появится надпись «OUT FREQUENCY». Установка частоты выходного сигнала осуществляется:

- Прямым набором числового значения частоты и вводом соответствующей размерности;
- Пошаговым изменением частоты на предварительно заданное значение частоты

нажатием на кнопки  . Для этого в режиме установки частоты:

- нажмите кнопку «ШАГ», на табло появится символ «\*»;
- введите необходимое значение шага, нажмите размерность частоты (на индикаторе отобразится набранное значение);
- нажмите кнопку «ЧАСТОТА»; генератор вернется в режим индикации частоты выходного сигнала, символ «\*» исчезнет.

При неправильно наборе значения частоты (до ввода единиц измерения), нажмите кнопку «СБРОС», генератор установит предыдущее значение частоты.

Для изменения единиц отображения частоты выходного сигнала (Гц; кГц; МГц), в режиме установки частоты выходного сигнала, нажмите кнопку с необходимой единицей - показания на индикаторе трансформируются в выбранные единицы.

**Примечание:** 1. При выборе шумовой формы сигнала, частоту установить не возможно, в поле установки частоты появляется надпись «NOISE».

2. При попытке установить значения частот отличные от указанных в п.п 2.2.1 появится надпись «ERROR» и генератор установит предыдущее значение частоты.
3. При установленных значениях частоты более 2 МГц для синусоидального и прямоугольного сигнала и последующем выборе треугольной или пилообразной формы, частота сигнала будет установлена максимальной для этих форм сигнала - 2 МГц.

#### 8.2.4 Установка напряжения выходного сигнала

Нажмите кнопку «АМПЛ», на табло появится надпись «AMPLITUDE LEVEL». Установка напряжения выходного сигнала осуществляется:

- Прямым набором числового значения напряжения и вводом соответствующей размерности;
- Пошаговым изменением напряжения на предварительно заданное значение нажатием

на кнопки  . Для этого в режиме установки напряжения:

- нажмите кнопку «ШАГ», на табло появится символ «\*»;
- введите необходимое значение шага, нажмите размерность напряжения (на индикаторе отобразится набранное значение);
- нажмите кнопку «АМПЛ»; генератор вернется в режим индикации напряжения выходного сигнала, символ «\*» исчезнет.

Для изменения единиц отображения выходного напряжения, в режиме установки напряжения выходного сигнала, нажмите кнопку с необходимой единицей (dBm; Vrms; Vpp) - показания на индикаторе трансформируются в выбранные единицы.

Для изменения полярности выходного сигнала нажмите префиксную кнопку «ИНВ», на индикаторе появится надпись «WAVE INVERT ON». Повторное нажатие на кнопку выключает инверсию, на индикаторе появится надпись «WAVE INVERT OFF».

Для установки уровня выходного сигнала ТТЛ или ЭМСЛ нажмите соответствующую префиксную кнопку «ТТЛ» или «ЭСЛ».

#### 8.2.5 Установка смещения постоянной составляющей выходного сигнала

Нажмите кнопку «СМЕЩ», на табло появится надпись «OFFSET LEVEL».

Установка величины асимметрии выходного сигнала осуществляется:

- Прямым набором числового значения смещения и вводом любой размерности уровня выходного сигнала (dBm; Vrms; Vpp).
- Пошаговым изменением смещения на предварительно заданное значение.

Способы ввода значения уровня смещения аналогичны описанным для установки частоты и выходного уровня.

#### 8.2.6 Амплитудная модуляция

- Установите на генераторе частоту несущего колебания, форму сигнала, величину асимметрии и уровень выходного сигнала используя органы управления поля «РЕЖИМ».
- Органами управления в поле «ГКЧ МОДУЛЯЦИЯ» установите режим «АМ» и выберите вид сигнала внутреннего модулирующего генератора. В режиме «АМ» возможно выбрать все формы сигнала модулирующего генератора, включая предварительно записанный сигнал произвольной формы.
- Нажмите на кнопку «Шаг ГКЧ», на индикаторе появится надпись «MODULATION RATE». Установите частоту модулирующего генератора

способом, применяемым для установки частоты выходного сигнала основного генератора.

- Нажмите на кнопку «Полоса качания», на индикаторе появится надпись «AMPLITUDE DEPTH». Установите глубину модуляции, непосредственным вводом числа от 0 до 100,0 и вводом размерности «%» или использованием пошагового режима.
- Включите модуляцию нажатием на кнопку «ГКЧ Режим». Загорится светодиод «МОД» свидетельствующий об активности режима «АМ».
- Для прекращения амплитудной модуляции, нажмите кнопку «ГКЧ Режим» еще раз. Светодиод «МОД» погаснет.
- При использовании внешнего источника модулирующего сигнала, подайте его на вход «АМ(EXT)» (2) для канала 1 или (6) для канала 2. Сигнал должен иметь амплитуду от 0 до  $\pm 5\text{В}$  и частоту до 20кГц. Переключение на внешний источник происходит автоматически.

### 8.2.7 Частотная модуляция

- Установите на генераторе частоту несущего колебания, форму сигнала, величину асимметрии и уровень выходного сигнала используя органы управления поля «РЕЖИМ».
- Органами управления в поле «ГКЧ МОДУЛЯЦИЯ» установите режим «ЧМ» и выберите вид сигнала внутреннего модулирующего генератора. В режиме «ЧМ» возможно выбрать все формы сигнала модулирующего генератора, включая предварительно записанный сигнал произвольной формы.
- Нажмите на кнопку «Шаг ГКЧ», на индикаторе появится надпись «MODULATION RATE». Установите частоту модулирующего генератора способом, применяемым для установки частоты выходного сигнала основного генератора.

- Нажмите на кнопку «Полоса качания», на индикаторе появится надпись «FREQUENCY SPAN». Установите величину девиации от 0,001Гц до 10 кГц, непосредственным вводом числа и вводом размерности частоты или использованием пошагового режима.
- Включите модуляцию нажатием на кнопку «ГКЧ Режим». Загорится светодиод «МОД» свидетельствующий об активности режима «ЧМ».
- Для прекращения частотной модуляции, нажмите кнопку «ГКЧ Режим» еще раз. Светодиод «МОД» погаснет.

### 8.2.8 Фазовая модуляция

- Установите на генераторе частоту несущего колебания, форму сигнала, величину асимметрии и уровень выходного сигнала используя органы управления поля «РЕЖИМ».

Органами управления в поле «ГКЧ МОДУЛЯЦИЯ» установите режим «ФМ» и выберите вид сигнала внутреннего модулирующего генератора. В режиме «ФМ» возможно выбрать все формы сигнала модулирующего генератора, включая предварительно записанный сигнал произвольной формы.

- Нажмите на кнопку «Шаг ГКЧ», на индикаторе появится надпись «MODULATION RATE». Установите частоту модулирующего генератора способом, применяемым для установки частоты выходного сигнала основного генератора.
- Нажмите на кнопку «Полоса качания», на индикаторе появится надпись «MODULATION PHASE». Установите величину девиации фазы в пределах от  $-9999,99^\circ$  до  $+9999,99^\circ$ , непосредственным вводом числа и вводом размерности «ГР» или использованием пошагового режима.
- Включите модуляцию нажатием на кнопку «ГКЧ Режим». Загорится светодиод «МОД» свидетельствующий об активности режима «ФМ».

- Для прекращения фазовой модуляции, нажмите кнопку «ГКЧ Режим» еще раз. Светодиод «МОД» погаснет.

### 8.2.9 Режим импульсной модуляции

Генератор может быть установлен в режим ИМ - выдачи радиоимпульсов с заданным числом периодов сигнала в пакете. Заполнением пакета может быть синусоидальный, прямоугольный, пилообразный, импульсный сигнал или сигнал произвольной формы.

#### **Частота сигнала заполнения пакета**

Частота сигнала заполнения пакета представляет частоту сигнала внутри пакет. В режиме внутреннего запуска заданное число периодов в пакете выдается именно с этой частотой. В режиме внешнего запуска сигнал с частотой заполнения выдается на выход, когда сигнал стробирования имеет высокий логический уровень.

Не следует путать частоту сигнала заполнения пакета и частоту повторения пакетов, которая определяет интервал времени между пакетами (см. «Использование синхронизирующего генератора»).

Диапазон частот заполнения: до 2 МГц синусоидального, прямоугольного и треугольного и пилообразного сигналов, для СПФ частотный диапазон не имеет ограничений.

В качестве сигнала заполнения может использоваться сигнал синусоидальной, прямоугольной, треугольной, пилообразной или произвольной формы (см. «Использование СПФ в качестве несущего колебания»).

#### **Число периодов в пакете**

Этот параметр определяет число периодов сигнала, выдаваемое генератором в пределах пакета. Число периодов в пакете устанавливается от 1 до 65534 с шагом 1. По умолчанию устанавливается 10 периодов.

При внутреннем источнике запуска заданное число периодов (пакет) выдается непрерывно с заданным периодом повторения. Период повторения пакетов определяет интервал времени между ними (см. «Использование синхронизирующего генератора»).

Период повторения пакетов определяет интервал времени между началом одного пакета и началом следующего. Используется в режиме внутреннего и внешнего запуска (игнорируется при однократном пуске).

### **Фаза пакета**

Параметр фаза пакета определяет начальную фазу пакета. Начальная фаза может устанавливаться от минус 999,99 до +999,99 градусов. По умолчанию устанавливается 0 градусов. Начальная фаза всегда отображается в градусах (радианы не используются).

Для синусоидального, прямоугольного и пилообразного сигналов нулевая фаза соответствует точке, в которой сигнал пересекает нулевой уровень (или уровень напряжения смещения) при нарастающем изменении мгновенного значения. Для сигнала произвольной формы нулевая фаза соответствует первой отсчетной точке сигнала,

загруженного в память. На импульсный или шумовой сигналы установка фазы пакета не влияет.

Примечание. Начальная фаза в первом пакете может не соответствовать установленной.

### **Источник запуска пакета**

В режиме формирования пакета, генератор формирует один пакет каждый раз, когда получен сигнал запуска. По окончании одного цикла формирования пакета генератор переходит с состояние ожидания следующего сигнала запуска; сигнал на выходе генератора в этом момент отсутствует.

Источники запуска пакета могут быть:

- внутренний (INT RETE)
- однократный внутренний (SINGL)
- внешний положительный (POS EXT1; только для канала 1)
- внешний отрицательный (NEG EXT1; только для канала 1)
- от сети (LINE; только для канала 1).

По умолчанию устанавливается внутренний запуск.

В режиме внутреннего (автоматического) запуска генератор выдает непрерывную последовательность пакетов с периодом повторения определяемым диапазоном синхронизации синхронизирующего генератора (см п.п. «Использование синхронизирующего генератора»).

В режиме внешнего запуска генератор принимает аппаратный сигнал запуска по входу INPUT TRIG (1; для канала 1) и (5; для канала 2) на задней панели (см. рис 8-2). При этом инициируется один цикл формирования пакета каждый раз по получении ТТЛ импульса с заданной полярностью.

Период сигнала запуска должен быть больше или равен времени свипирования плюс 1мс.

В режиме однократного или внешнего запуска выполняется один цикл формирования пакета каждый раз при нажатии клавиши «СИНХР» (25).

### **Выход синхронизирующего сигнала**

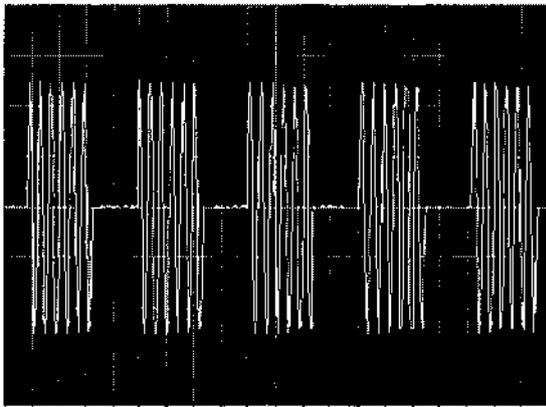
Сигнал, синхронный с формированием пакета, выдается на гнездо OUTPUT TRIG (22) для канала 1 и (16) для канала 2 на задней панели (см. рис 8-2). При включении режима формирования пакета, на выходе TRIG выдается сигнал прямоугольной формы с уровнем ТТЛ, у которого фронта нарастания совпадает с началом первого периода заполнения, а спад совпадает с окончанием последнего периода заполнения.

Установка параметров в режиме формирования пакета осуществляется в последовательности:

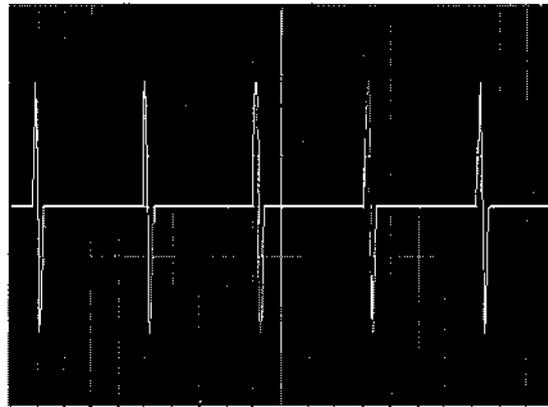
- Установите на генераторе частоту несущего колебания, форму сигнала и уровень выходного сигнала используя органы управления поля «РЕЖИМ». Частота несущего колебания в режиме формирования пакета ограничивается 2 МГц. Если в качестве несущего колебания планируется использование сигнала произвольной формы, он должен быть предварительно записан в память с номером «О».
- Органами управления в поле «ГКЧ МОДУЛЯЦИЯ» установите режим «ПАКЕТ».
- Нажмите на префиксную кнопку «ПАКЕТ ЧислПер», на индикаторе появится надпись «BURST COUNT». Введите необходимое число периодов в пакете в пределах от 1 до 65534 и нажмите одну из кнопок HZ; kHz или MHz. При этом учитывайте, что:

Длительность пакета = Число периодов / частоту несущего колебания

- При необходимости установить начальную фазу запуска пакета, нажмите кнопку «ФАЗА», индикаторе появится надпись «PHASE», прямым набором введите число в пределах от  $-9999,99^\circ$  до  $+9999,99^\circ$  и нажмите кнопку «ГР», изменение фазы запуска пакета так же возможно с использованием пошагового режима.
- Включите режим формирования пакета нажатием на кнопку «ГКЧ Режим». Загорится светодиод «МОД» свидетельствующий об активности режима формирования пакета.
- Для прекращения режима формирования пакета, нажмите кнопку «ГКЧ Режим» еще раз. Светодиод «МОД» погаснет.



Пакет, содержащий 6 периодов несущего колебания



Пакет, содержащий 1 период несущего колебания

Рис.8-3

**Пример:** Необходимо установить пакет из 5 импульсов несущего колебания синусоидальной формы частотой 10 кГц и амплитудой 5 В пикового значения с начальной фазой запуска  $30^\circ$ .

1. Выберите синусоидальную форму сигнала.
2. Установите частоту несущего колебания 10 кГц.
3. Установите амплитуду сигнала 5 Vpp.

4. Нажмите последовательно кнопки [ПРЕФ] -> [ПАКЕТ ЧислоПер] -> [5] -> [HZ].
5. Нажмите последовательно кнопки [ФАЗА] -> [3] -> [0] -> [ГР].
6. Нажмите кнопку Вкл /Выкл.

## 8.2.10 Использование ГКЧ

### **Сви́пирование**

В режиме свипирования частота выходного сигнала изменяется шагами от начальной (стартовой) до конечной (стоповой) частоты с заданной скоростью. Сви́пирование частоты может происходить в направлении ее возрастания или уменьшения, по линейному или логарифмическому закону. Может выполняться однократный цикл свипирования (один цикл изменения частоты от начального до конечного значения), инициируемый сигналом внешнего или ручного запуска. Сви́пирование частоты может выполняться для сигналов синусоидальной, прямоугольной, пилообразной или произвольной формы (не распространяется на шумовые сигналы).

### **Начальная и конечная частоты**

Начальная и конечная частоты определяют верхнюю и нижнюю границы полосы свипирования. Частота выходного сигнала генератора изменяется от начальной до конечной частоты, а затем снова возвращается к начальной.

Диапазон начальной и конечной частот для различных форм сигнала соответствует данным, указанным в п.п 2.2.1.

Сви́пирование в пределах всей полосы частот происходит без разрыва фазы. По умолчанию начальная частота устанавливается равной 1 кГц, а конечная 10 МГц.

Для свипирования частоты вверх следует установить начальную частоту меньше конечной; для свипирования вниз - больше конечной.

### **Центральная частота и полоса свипирования**

Частотные границы свипирования можно установить, используя центральную частоту и полосу свипирования. Установка этих параметров дает тот же результат, что и установка начальной и конечной частот; эта возможность предусмотрена для дополнительного удобства.

Диапазон центральных частот для различных форм сигнала соответствует данным, указанным в п.п 2.21.

По умолчанию центральная частота устанавливается 5,00005 МГц, а полоса 9,9999 МГц.

Для свипирования частоты вверх установить положительное значение полосы, для свипирования вниз - отрицательное.

## **ЗАКОН СВИПИРОВАНИЯ**

Свипирование частоты может осуществляться по линейному или логарифмическому закону. При линейном законе частота выходного сигнала изменяется линейно в пределах всей полосы свипирования. При логарифмическом законе частота выходного сигнала изменяется логарифмически в пределах полосы свипирования.

### **Частота свипирования**

Параметр «Частота свипирования» определяет величину обратную интервалу времени в секундах, в течение которого частота изменяется от начального до конечного значения. Число частотных точек в интервале свипирования зависит от установленного времени свипирования и вычисляется генератором автоматически.

## Маркер

Маркером называется импульс положительной полярности с уровнем ТТЛ, фронт нарастания которого совпадает по времени с точкой, в которой частота ГКЧ превышает установленное значение частоты (начало маркера), а фронт спада совпадает по времени с точкой, в которой частота ГКЧ становится меньше установленного значения частоты (конец маркера). Выход маркера расположен на задней панели (19) для канала 1 и (15) для канала 2 (см. рис. 8-2).

## Дополнительные выходы ГКЧ

7. **BLANK / LIFT** для канала 1 (18) и для канала 2 (16) см рис. 8-2. На выходе присутствует сигнал синхронный с «обратным ходом луча» цикла свипирования ГКЧ. В Уровень логической 1 появляется с началом уменьшения частоты и переходит в логический 0 в момент когда частота начинает увеличиваться. Данный выход удобно использовать для внешней синхронизации осциллографа при использовании ГКЧ для наблюдения АЧХ на экране осциллографа.
8. **SWEEP** - для канала 1 (21) и для канала 2 (17) см рис. 8-2. На выходе присутствует аналоговый сигнал амплитудой от 0В до 10В повторяющий форму модулирующего сигнала ГКЧ выбранного в поле ГКЧ/МОДУЛЯЦИЯ/ПАКЕТ (т.е. треугольной или пилообразной формы). Уровень 0В соответствует начальной частоте свипирования, уровень 10В соответствует конечной частоте свипирования. Форма сигнала и уровень не зависят от закона свипирования.

## Источник запуска свипирования

В режиме свипирования генератор выполняет один цикл свипирования каждый раз, когда получен сигнал запуска. По окончании одного цикла изменения частоты от начальной до конечной генератор переходит с

состояние ожидания следующего сигнала запуска; частота выходного сигнала при этом равна начальной.

Источники запуска свипирования может быть:

- внутренний (INT RATE)
- однократный (SINGL; только для канала 1)
- внешний положительный (POS EXT)
- внешний отрицательный (NEG EXT)
- от сети (LINE; только для канала 1).

По умолчанию устанавливается внутренний запуск.

В режиме внутреннего (автоматического) запуска генератор выдает непрерывную последовательность циклов свипирования со скоростью, определяемой параметром Модуль генератор (MODULATION RATE) и с периодом повторения определяемым диапазоном синхронизации синхронизирующего генератора (см п.п. «Использование синхронизирующего генератора»).

В режиме внешнего запуска генератор принимает аппаратный сигнал запуска по входу INPUT TRIG (1; для канала 1) и (5; для канала 2) на задней панели (см. рис 8-2). При этом инициируется один цикл свипирования каждый раз по получении ТТЛ импульса с заданной полярностью.

Период сигнала запуска должен быть больше или равен времени свипирования плюс 1 мс.

В режиме однократного или внешнего запуска выполняется один цикл свипирования каждый раз при нажатии клавиши «СИНХР» (25).

Существуют несколько способов задания параметров ГКЧ:

1. Задание центральной частоты и полосы качания
2. Задание начальной и конечной частот свипирования.
3. Задание параметров ГКЧ с помощью маркеров.

### **Способ 1. Задание центральной частоты и полосы качания**

- Установите форму выходного сигнала.
- Установите уровень выходного сигнала.
- Нажатием на кнопки   поля «ГКЧ МОДУЛЯЦИЯ», выберите режим линейного или логарифмического свипирования.
- Нажатием на кнопки   поля «ГКЧ МОДУЛЯЦИЯ», выберите форму сигнала свипирования (треугольную, пилообразную или однократное свипирование).
- Нажмите на префиксную кнопку «ЦЧ ГКЧ», на индикаторе появится надпись «SWEEP CENTER». Установите центральную частоту ГКЧ способом, применяемым для установки частоты выходного сигнала.
- Нажмите на кнопку «Полоса качания», на индикаторе появится надпись «FREQUENCY SPAN». Установите полосу качания способом, применяемым для установки частоты выходного сигнала.
- Нажмите на кнопку «Шаг ГКЧ», на индикаторе появится надпись «MODULATION RATE». Установите частоту свипирования способом, применяемым для установки частоты выходного сигнала.
- Запустите режим ГКЧ нажатием на кнопку «ГКЧ Режим». Загорится светодиод «МОД» свидетельствующий об активности режима ГКЧ.
- Для остановки ГКЧ нажмите кнопку «ГКЧ Режим». Светодиод «МОД» погаснет.

### **Способ 2. Задание начальной и конечной частот свипирования**

- Установите форму выходного сигнала.
- Установите уровень выходного сигнала.
- Нажатием на кнопки   поля «ГКЧ МОДУЛЯЦИЯ», выберите режим линейного или логарифмического свипирования.

- Нажатием на кнопки   поля «ГКЧ МОДУЛЯЦИЯ», выберите форму сигнала свипирования (треугольную, пилообразную или однократное свипирование).
- Нажмите на кнопку «СТАРТ ГКЧ», на индикаторе появится надпись «START FREQ.». Установите начальную частоту качания способом, применяемым для установки частоты выходного сигнала.
- Нажмите на префиксную кнопку «СТОП ГКЧ», на индикаторе появится надпись «STOP FREQ.». Установите конечную частоту качания способом, применяемым для установки частоты выходного сигнала.
- Нажмите на кнопку «Шаг ГКЧ», на индикаторе появится надпись «MODULATION RATE». Установите частоту свипирования способом, применяемым для установки частоты выходного сигнала.
- Запустите режим ГКЧ нажатием на кнопку «ГКЧ Режим». Загорится светодиод «МОД» свидетельствующий об активности режима ГКЧ.
- Для остановки ГКЧ нажмите кнопку «ГКЧ Режим». Светодиод «МОД» погаснет.

### **Способ 3. Задание параметров ГКЧ с помощью маркеров**

Управление маркерами содержит:

9. Задание собственных параметров маркера.
10. Задание параметров ГКЧ исходя из параметров маркера.
11. Задание параметров маркера исходя из параметров ГКЧ.

#### **1. Задание собственных параметров маркера (доступны только в режиме ГКЧ)**

**а) Начало маркера.** Нажатие на префиксную кнопку **МРК СТАРТ** устанавливает режим ввода начальной частоты маркера, на экране появляется надпись «START MARKER». Установка частоты осуществляется:

- Прямым набором числового значения частоты и вводом соответствующей размерности;
- Пошаговым режимом.

**Пример:** [ПРЕФ] -> [МРК СТАРТ] -> [1] -> [5] -> [kHz]; при достижении частоты 15 кГц в режиме ГКЧ появится маркер.

**Конец маркера.** Нажатие на префиксную кнопку **МРК СТОП** устанавливает режим ввода конечной частоты маркера, на экране появляется надпись «STOP MARKER». Установка частоты осуществляется:

- Прямым набором числового значения частоты и вводом соответствующей размерности;
- Пошаговым режимом.

**Пример:** [ПРЕФ] -> [МРК СТОП] -> [2] -> [5] -^ [kHz]; при достижении частоты 25 кГц в режиме ГКЧ маркер закончится.

**б) Центральная частота маркера.** Нажатие на префиксную кнопку **МРК ЦЧ** устанавливает режим ввода центральной частоты (ЦЧ) маркера, на экране появляется надпись «CENTER MARKER». Установка частоты осуществляется:

- Прямым набором числового значения частоты и вводом соответствующей размерности;
- Пошаговым режимом

**Пример:** [ПРЕФ] → [МРК ЦЧ] → [2] → [0] → [0] → [kHz]

**Полоса маркера.** Нажатие на префиксную кнопку **Пол МРК** устанавливается режим ввода полосы маркера, на экране появляется надпись «SPAN MARKER». Предварительно необходим ввод центральной частоты маркера «МРК ЦЧ». Установка частоты осуществляется:

- Прямым набором числового значения частоты и вводом соответствующей размерности;
- Пошаговым режимом.

**Пример:** [ПРЕФ] → [Пол МРК] → [2] → [0] → [kHz]. С учетом выше приведенного примера, маркер начнется на частоте 190 кГц и закончится на частоте 210 кГц.

## 2. Задание параметров ГКЧ исходя из параметров маркера

Нажатие на префиксную кнопку **ПолК=МРК** устанавливает полосу качания ГКЧ равной полосе маркера.

Данный режим наиболее приемлем в том случае, когда маркером выделяется участок АЧХ который необходимо растянуть по временной оси, используя установку начала и конца маркера или установки центральной частоты и полосы маркера. Растяжка участка АЧХ осуществляется перезаписью полосы маркера как полосы качания.

## 3. Задание параметров маркера исходя из параметров ГКЧ

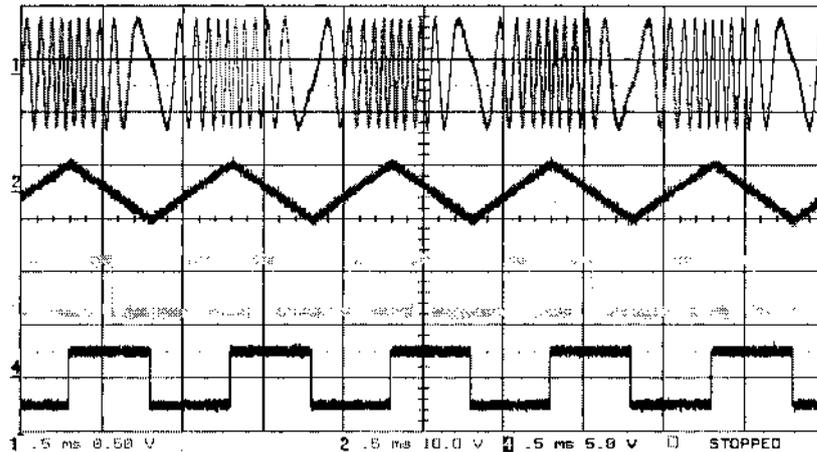
Нажатие на префиксную кнопку **МРК=ПолК** устанавливает полосу маркера равной предварительно установленной полосе ГКЧ.

**Дополнительные выходы ГКЧ (см. рис. 8-2):**

1. **MARKER** - (19) для канала 1 и (15) для канала 2 (см. рис. 8-2). Выход с уровнем ТТЛ. Фронт нарастания маркера совпадает по времени с точкой, в которой частота ГКЧ превышает установленное значение частоты (начало маркера), а фронт спада совпадает по времени с точкой, в которой частота ГКЧ становится меньше установленного значения частоты (конец маркера).

2. **SWEEP** - (21) для канала 1 и (17) для канала 2. Аналоговый выход с уровнем 0...10В. Выходной сигнал соответствует сигналу, по которому осуществляется качание частоты (соответствует форме сигнала выбранной в поле «ГКЧ МОДУЛЯЦИЯ»). Уровень 0В соответствует начальной частоте качания, уровень 10В соответствует конечной частоте качания. Выход может быть использован для подключения графического самописца или осциллографа в режиме X-Y.

**BLANK/LIFT** -(18) для канала 1 и (13) для канала 2. Выход с уровнем ТТЛ. Фронт нарастания импульса совпадает по времени с точкой, в которой частота ГКЧ начинает уменьшаться, а фронт спада совпадает по времени с точкой, в которой частота ГКЧ начинает увеличиваться.



### 8.2.11 Использование синхронизирующего генератора

Синхронизирующий генератор предназначен для запуска пакета в режиме формирования пакета или цикла свипирования в режиме ГКЧ. Во всех остальных режимах синхронизирующий генератор не используется.

Синхронизирующий генератор обеспечивает следующие режимы запуска:

- внутренний (INT RATE) - запуск происходит от внутреннего модулирующего генератора.
- однократный (SINGL; только для канала 1) - запуск происходит при нажатии на кнопку «СИНХР» (25).
- внешний положительный (POS EXT) - запуск происходит нарастающим фронтом при поступлении на вход TRIG (1) для канала 1 и (5) для канала 2 импульса с уровнем ТТЛ.
- внешний отрицательный (NEG EXT) - запуск происходит спадающим фронтом при поступлении на вход TRIG (1) для канала 1 и (5) для канала 2 импульса с уровнем ТТЛ.
- от сети (LINE; только для канала 1) - запуск происходит синхронно с частотой питающей сети (50 Гц).
- от канала 1 (INT CH 1; только для канала 2) - запуск происходит от сигнала формируемым каналом 1 основного генератора.

Для выбора режима запуска, выберите необходимый канал, нажмите на префиксную кнопку

«ИСТ СИНХР» (23), на индикаторе появится надпись «<>». Кнопками

  поля «ШАГ»,

выберите необходимый источник синхронизации.

Синхронизирующий генератор обеспечивает установку частоты повторения сигнала запуска в пределах от 0,0001 с до 999,9 с. При использовании двухканального режима период частота запуска устанавливается одна для обоих каналов. Для установки частоты запуска, выберите необходимый канал, нажмите на префиксную кнопку «ДИАП СИНХР» (21), на индикаторе появится надпись «<>», введите необходимое значение частоты повторения запуска и нажмите одну из кнопок размерности частоты.

Возможно комбинирование режимов внешнего запуска и частоты запуска. При этом импульсы запуска, поступающие на вход TRIG (1) для канала 1 и (5) для канала 2 до истечения времени повторения запуска, будут игнорироваться, а внешний запуск произойдет первым импульсом после истечения времени повторения запуска.

Светодиод «СИНХР» светится в следующих случаях:

- формирование однократного пакета в режиме формирования пакета;
- установке режима внутренней синхронизации.

Во всех остальных случаях светодиод «СИНХР» не светится.

#### 8.2.12 Использование СПФ в качестве несущего колебания

Сигнал произвольной формы может быть использован в качестве несущего колебания в режиме ГКЧ, формировании пакета или при амплитудной, частотной или фазовой модуляции только в том случае если он предварительно создан и записан в память «WAVE DATA NO» используя префиксную кнопку «СПФ МОД».

Методы создания СПФ описаны в п.п. 8.2.13 «Создание и редактирование СПФ»

Длина СПФ не должна превышать 4096 точек.

Данный режим доступен как для канала 1, так и для канала 2.

Запись СПФ в память «WAVE DATA NO» осуществляется в последовательности описанной в п.п.8.2.14 «Запись СПФ для использования в качестве несущего колебания».

Вызов предварительно записанной СПФ в качестве несущего колебания осуществляется в последовательности:

- задайте параметры модуляции, ГКЧ или пакета; кнопку «Вкл / Выкл» не нажимать;

- Нажмите префиксную кнопку «СПФ МОД», на индикаторе появится надпись «WAVE DATA NO»;
- Введите номер ячейки памяти от 0 до 7 (в которую предварительно был записан СПФ), используя цифровое наборное поле;
- Произведите вызов СПФ нажатием на кнопку «кГц»;
- Нажмите кнопку «Вкл / Выкл».

### 8.2.13 Создание и редактирование СПФ

Создание и редактирование СПФ возможно в векторном и точечном режиме. Всего представляется возможным создать СПФ состоящий не более, чем из 16383 точек (16К) по оси координат (X) в диапазоне амплитуд (по оси Y) от -2048 до +2047 (12 битное разрешение АЦП).

**В векторном режиме** - генератор строит прямые линии, соединяющие соседние точки, имеющие координаты по оси X и Y (осуществляет линейную интерполяцию).

**В точечном режиме** - генератор поддерживает постоянный уровень напряжения между соседними точками, образуя ступенчатый сигнал.

При выборе режима СПФ индикатор индицирует не частоту выходного сигнала, а частоту выборок сигнала СПФ, т.е. каждая выбранная точка в определенный в определенный момент времени с установленной амплитудой появляется на выходе на время  $1/f$ , где  $f$  - частота индицируемая на экране. Период повторения СПФ (T) будет определен как

$T=N/f$ , где

N-число точек составляющих СПФ

f - частота выборок,

Частота сигнала СПФ (F), будет определена как:

$F=f/N$ , где

N - число точек, составляющих СПФ

f - частота выборок,

По умолчанию генератор установлен в режим создания и редактирования формы СПФ в точечном режиме. Для изменения режима создания и редактирования формы СПФ нажмите последовательно кнопки [ПРЕФ] → [СПФ РЕД], на индикаторе появится надпись «POINT», что свидетельствует об установленном точечном режиме. Затем для смены режима нажмите кнопки [ПРЕФ] → [СПФ РЕЖ], надпись на индикаторе сменится на «VECTOR», что свидетельствует о выборе векторного режима. Для изменения режима создания и редактирования формы СПФ с векторного на точечный, повторите данную операцию еще раз.

## Создание СПФ

### Точечный режим

При выборе точечного режима индикатор выводит следующую информацию:

```
CH1> ARB. POINT  A: A 3 D 2000  
INT / AMPL : 10.00 Vp-p / OFFSET 0.0000V
```

Символ «A» - обозначает адрес, выбранный по оси X (возможно установить максимальный адрес 16382).

Символ «D» - обозначает значение амплитуды в точке с выбранным адресом (возможно установить в пределах от - 2048 до +2047).

Для создания СПФ необходимо установить адрес и задать амплитуду в этой точке.

Войдите в режим редактирования нажав префиксную кнопку «СПФ РЕД».

Для задания адреса нажмите префиксную кнопку «АДРЕС», введите число и нажмите кнопку «АДРЕС» еще раз для ввода заданного значения. Возможен перебор адреса в сторону

увеличения или уменьшения на одну единицу кнопками   поля «ШАГ» или

задание изменения адреса в пошаговом режиме на заданное число единиц. Для задания значения пошагового режима нажмите последовательно кнопки [АДРЕС] [ШАГ] введите значение шага и нажмите кнопку [АДРЕС] еще раз. В дальнейшем возможно изменение адреса в пошаговом режиме.

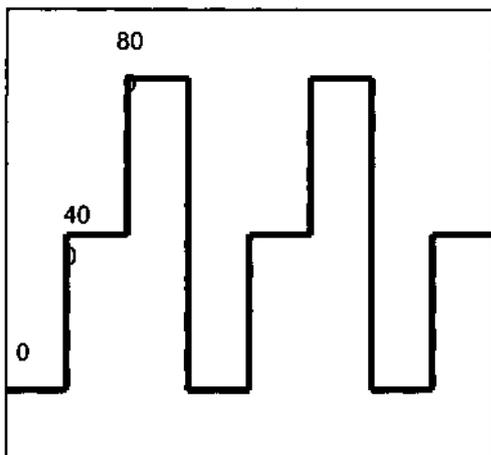
Для задания амплитуды нажмите префиксную кнопку «ЗНАЧ (X)» (или «ЗНАЧ (Y)») введите знак минус, если амплитуда отрицательная (при вводе положительной амплитуды ввод знака «плюс» не обязателен) и нажмите кнопку «ЗНАЧ (X)» (или «ЗНАЧ (Y)») еще раз для ввода заданного значения. Возможно изменение значения амплитуды в сторону

увеличения или уменьшения на одну единицу кнопками   поля «ШАГ» или задание

изменения амплитуды в пошаговом режиме на заданное число единиц. Для задания значения пошагового режима нажмите последовательно кнопки [ЗНАЧ (X)] [ШАГ] введите значение шага и нажмите кнопку [ЗНАЧ (X)] еще раз. В дальнейшем возможно изменение значения амплитуды в пошаговом режиме.

Если в процессе задания адреса или амплитуды введены неправильные значения, перед вводом заданного значения, нажмите кнопку «СБРОС»,

введенное значение будет сброшено полностью. Или повторите процедуру ввода адреса и амплитуду еще раз.



**Пример:** необходимо создать сигнал, как приведено на рисунке выше.

1. Сигнал состоит из трех точек, следовательно, достаточно использовать три адреса.
2. Выбрать точечный режим создания СПФ.
  - Выбор режима создания и редактирования СПФ [ПРЕФ] → [СПФ РЕД],
  - Установка точечного режима [ПРЕФ] → [СПФ РЕЖ] (при необходимости повторить еще раз),
3. Выбрать адрес «0», последовательно нажать на кнопки [АДРЕС] → [0] → [АДРЕС].
4. Ввести амплитуду сигнала «0», нажать на кнопки [ЗНАЧ (X)] → [0] → [ЗНАЧ (X)].
5. Выбрать адрес «1», последовательно нажать на кнопки [АДРЕС] → [1] →

6. Ввести амплитуду сигнала «400», нажать на [0] → [ЗНАЧ (X)].  
кнопки [ЗНАЧ (X)] → [4] → [0] →
7. Выбрать адрес «2», последовательно нажать на [АДРЕС].  
кнопки [АДРЕС] → [2] →
8. Ввести амплитуду сигнала «800», нажать на [0] → [ЗНАЧ (X)].  
кнопки [ЗНАЧ (X)] → [8] → [0] →
9. Начать кнопку «ЧАСТОТА» и ввести необходимое значение частоты выборки.

## Векторный режим

При выборе векторного режима индикатор выводит следующую информацию:

**CH1> ARB. VECTOR A: 0 X----Y----**  
**INT / AMPL : 10.00 Vp-p / OFFSET 0.0000V**

Символ «А» - обозначает шаг моделирования.

Символ «X - - - -» - обозначает координату точки по оси X (возможно установить максимальное значение координаты 16382).

Символ «Y - - - -» - обозначает значение амплитуды в точке с выбранным адресом (возможно установить в пределах от - 2048 до +2047).

Для создания СПФ необходимо установить шаг моделирования, задать точку на оси X и амплитуду в этой точке.

Войдите в режим редактирования, нажав префиксную кнопку «СПФ РЕД».

Для задания шага нажмите префиксную кнопку «АДРЕС», введите число и нажмите кнопку «АДРЕС» еще раз для ввода заданного значения. Возможен перебор адреса в сторону

увеличения или уменьшения кнопками   поля «ШАГ».

**Примечание:** допускается установка шага моделирования только по порядку от числа «0» и далее (0; 1; 2; 3 и т.д.).

Для задания координаты нажмите префиксную кнопку «ЗНАЧ (X)» введите значение точки по оси X и нажать кнопку «ЗНАЧ (X)» еще раз для ввода заданного значения. Возможен выбор координаты в сторону увеличения или уменьшения на одну единицу

кнопками   поля «ШАГ» или задание изменения координаты в пошаговом

режиме на заданное число единиц. Для задания значения пошагового режима нажмите последовательно кнопки [ЗНАЧ (X)] [ШАГ] введите значение шага и нажмите кнопку [ЗНАЧ (X)] еще раз. В дальнейшем возможно изменение координаты в пошаговом режиме.

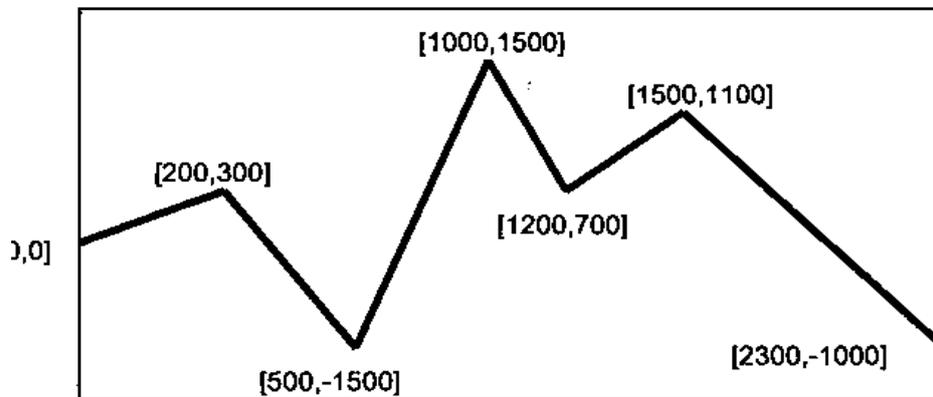
Для задания амплитуды нажмите префиксную кнопку «ЗНАЧ (Y)» введите знак минус, если амплитуда отрицательная (при вводе положительной амплитуды ввод знака «плюс» не обязателен) и нажмите кнопку «ЗНАЧ (Y)» еще раз для ввода заданного значения. Возможно изменение значения амплитуды в сторону увеличения или уменьшения на одну единицу кнопками

  поля «ШАГ» или задание изменения амплитуды в пошаговом режиме на заданное число единиц. Для задания значения пошагового режима нажмите последовательно кнопки [ЗНАЧ (Y)] [ШАГ] введите значение шага и нажмите кнопку [ЗНАЧ (Y)] еще раз. В дальнейшем возможно изменение значения амплитуды в пошаговом режиме.

Если в процессе задания шага, адреса или амплитуды введены неправильные значения, перед вводом заданного значения, нажмите кнопку

«СБРОС», введенное значение будет сброшено полностью. Или повторите процедуру ввода шага, адреса и амплитуду еще раз.

**Пример:** необходимо создать сигнал, как приведено на рисунке ниже.



1. СПФ содержит семь точек (шагов) с указанными координатами: (0,0), (200,300), (500,-1500), (1000,1500), (1200,700), (1500,1100) and (2300,-1000).
2. Выбрать точечный режим создания СПФ.

- Выбор режима создания и редактирования СПФ [ПРЕФ] → [СПФ РЕД],
  - Установка точечного режима [ПРЕФ] → [СПФ РЕЖ] (при необходимости повторить еще раз),
3. Выбрать шаг «0», последовательно нажать на кнопки [АДРЕС] → [0] → [АДРЕС].
  4. Ввести координату «0», нажать на кнопки [ЗНАЧ (X)] → [0] → [ЗНАЧ (X)].
  5. Вести амплитуду «0» нажать на кнопки [ЗНАЧ (Y)] → [0] → [ЗНАЧ (Y)].
  
  6. Выбрать шаг «1», последовательно нажать на кнопки [АДРЕС] → [1] → [АДРЕС].
  7. Ввести координату «200», нажать на кнопки [ЗНАЧ (X)] → [2] → [0] → [0] → [ЗНАЧ (X)].
  8. Вести амплитуду «300» нажать на кнопки [ЗНАЧ (Y)] → [3] → [0] → [0] → [ЗНАЧ (Y)].
  
  9. Выбрать шаг «2», последовательно нажать на кнопки [АДРЕС] → [2] → [АДРЕС].
  10. Ввести координату «500», нажать на кнопки [ЗНАЧ (X)] → [5] → [0] → [0] → [ЗНАЧ (X)].
  11. Вести амплитуду «-1500» нажать на кнопки [ЗНАЧ (Y)] → [-] → [1] → [5] → [0] → [0] → [ЗНАЧ (Y)].
  
  12. Повторить процедуру п.п. 3...11 для шагов 3...5
  
  13. Выбрать шаг «6», последовательно нажать на кнопки [АДРЕС] → [6] → [АДРЕС].
  14. Ввести координату «2300», нажать на кнопки [ЗНАЧ (X)] → [2] → [3] → [0] → [0] → [ЗНАЧ (X)].
  15. Вести амплитуду «-1000» нажать на кнопки [ЗНАЧ (Y)] → [-] → → [1] [0] → [0] → [0] → [ЗНАЧ (Y)].
  
  10. Начать кнопку «ЧАСТОТА» и ввести необходимое значение частоты выборки.

### 8.2.13.2 Редактирование СПФ

Редактирование СПФ аналогично процессу создания СПФ за исключением того, что нет необходимости создавать шаги, адреса, координаты и амплитуду, поскольку они уже заданы. Изменения

производятся для амплитудных параметров при выборе предварительно записанного адреса или шага.

Для редактирования СПФ необходимо:

1. Выбрать режим моделирования СПФ - точечный или векторный. Выбор режима должен соответствовать тому режиму, в котором СПФ был создан.

2. В точечном режиме:

- Выбрать адрес, прямым набором или используя кнопки   поля «ШАГ» или используя возможности пошагового изменения адреса. Нажать кнопку «АДРЕС» еще раз для ввода заданного значения адреса.

Нажать кнопку «ЗНАЧ (X)» (или «ЗНАЧ (Y)») ввести новое значение амплитуды или производить изменение амплитуды в пошаговом режиме. Нажать кнопку «ЗНАЧ (X)» еще раз для ввода заданного значения.

- Изменение формы СПФ будет происходить немедленно после ввода новых значений амплитуды.

3. В векторном режиме:

- Выбрать шаг, прямым набором или используя кнопки   поля «ШАГ» или используя возможности пошагового изменения адреса.
- Нажать кнопку «ЗНАЧ (X)» ввести новое значение координаты или производить изменение координаты в пошаговом режиме. Нажать кнопку «ЗНАЧ (X)» еще раз для ввода заданного значения.

- Нажать кнопку «ЗНАЧ (Y)» ввести новое значение амплитуды или производить изменение амплитуды в пошаговом режиме, нажать кнопку «ЗНАЧ (Y)» еще раз для ввода заданного значения.
- Изменение формы СПФ будет происходить немедленно после ввода новых значений амплитуды.

#### 8.2.14 Запись СПФ для использования в качестве несущего колебания

Использование СПФ в качестве несущего колебания при режимах АМ, ЧМ, ФМ, свипирования и или формирования пакетов возможно только после записи в специальную область памяти «WAVE DATA NO». В память возможно записать СПФ длиной не более 4096 точек (4К). Всего возможно записать в память 8 сигналов СПФ, используя области памяти с номерами от «0» до «7».

**Примечание:** данная процедура может быть применена только для использования СПФ в качестве несущего колебания и не может быть применена для сохранения и последующего использования как самостоятельного сигнала. Для сохранения СПФ как самостоятельного сигнала см. п.п. «Запись профилей органов управления в память генератора»

Сохранение СПФ осуществляйте в последовательности:

1. Создайте или отредактируйте СПФ;
2. Нажмите последовательно кнопки [ПРЕФ] → [СПФ МОД], на индикаторе появится надпись «WAVE DATA NO»;
3. Введите номер ячейки от «0» до «7»;
4. Нажмите последовательно кнопки [ЗНАЧ (X)] → [ЗАП].

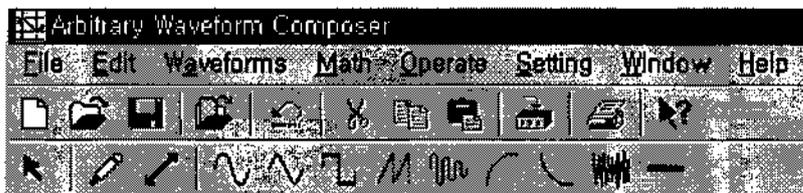
Для вызова записанного СПФ в режиме модуляции, свипирования или формирования пакета, после задания параметров модуляции нажмите последовательно кнопки

[ПРЕФ] → [СПФ  
МОД] → [0] → [1]...[7] → [ЗНАЧ (X)].

### 8.2.15 Использование программного обеспечения «Arbitrary Waveform Composer»

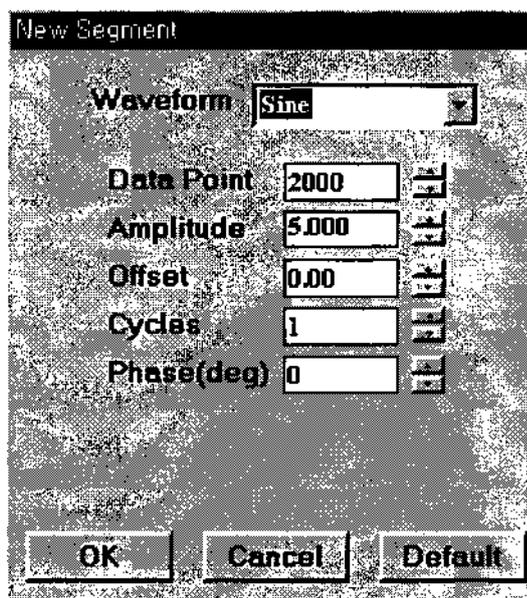
Программное обеспечение «Arbitrary Waveform Composer» позволяет облегчить процесс создания СПФ, используя возможности ПК. Так же, данное ПО позволяет сохранять созданные СПФ в выделенных файлах.

1. Панель управления ПО имеет вид приведенный ниже:



2. Основные принципы создания СПФ в ПО:

- Основные формы выходного сигнала (синусоидальную, треугольную, прямоугольную, пилообразную, затухающую синусоидальную, экспоненциальную нарастающую, экспоненциальную спадающую, шумовую и постоянное напряжение) удобнее выбирать из приведенных на панели управления.
- Управление ПО возможно только с помощью «мышки»;
- Создание СПФ возможно сложением отдельных участков стандартных сигналов с изменением таких параметров как количество точек, амплитуда, смещение, количество циклов повторения, фаза;
- Окно создания СПФ приведено ниже:



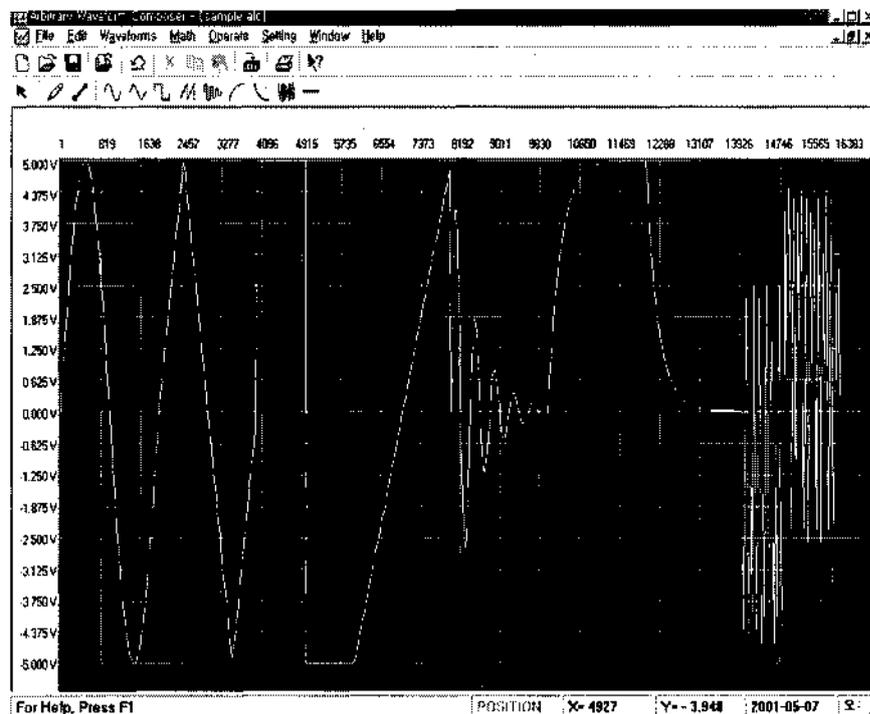
3. Меню «Edit» содержит следующие инструменты для редактирования СПФ:

- Undo - Отмена предыдущих действий;
- Cut - Вырезать выделенный фрагмент;
- Copy - Копировать выделенный фрагмент;
- Paste - Вставить фрагмент;
- Clear - очистить выделенный фрагмент;
- Clear ALL - очистить все;
- Select ALL - выделить все;

4. Меню «File» Предназначено для сохранения и открытия файлов форм СПФ:

- Создаваемые файлы имеют расширение «. afc»; «. csv»; «. prn»; файлы с расширением «. csv»; «. prn» возможно использовать в других программах, в которых используется кодировка ACS П.
- Mirror - зеркальное отображение выделенного фрагмента;
- Subtract - разделить выделенный фрагмент;
- Multiply - умножить выделенный фрагмент;
- Absolute - абсолютное значение;

- Expand to Fit - сжать выделенный фрагмент до указанных размеров;
5. Импорт данных для использования другими программами. ПО позволяет импортировать созданный массив данных в кодировку ASCII при этом импортируются:
    - Только амплитудные параметры;
    - Отсчеты амплитуд разделяются пробелом;
    - Отсчеты амплитуд находятся в пределах от -5 до +5.
  6. Меню «SETTING» определяет тип интерфейса для связи с ПК. Возможно использование интерфейсов RS-232 или GPIB.
  7. Возможно распечатать созданный СПФ на принтере.
  8. Пример созданного СПФ приведен ниже:



### 8.3 Запись профилей органов управления и вызов из памяти генератора

Генератор позволяет сохранить в памяти до 15 профилей органов управления в ячейках памяти с номеров от 0 до 15. В энергонезависимой памяти сохраняются данные о профилях: форме выходного сигнала, частоте,

амплитудных значениях, установленных параметрах модуляции, ГКЧ и пакета. Для сигнала СПФ так же сохраняется созданная форма сигнала.

Запись профиля осуществляется в последовательности:

- Установите все необходимые параметры выходного сигнала генератора;
- Нажмите кнопку «ЗАП»; на индикаторе появится надпись «STORE MEMO №»;
- Введите цифровой кнопкой номер ячейки, в которую будет записан профиль;
- Нажмите одну из кнопок «MHZ», «KHZ» или «HZ».

Вызов предварительно записанного профиля осуществляется в последовательности:

- Нажмите кнопку «ВЫЗ»; на индикаторе появится надпись «RECALL MEMO №»;
- Введите номер ячейки, из которой будет воспроизводиться профиль; Нажмите одну из кнопок «MHZ», «KHZ» или «HZ».

•

## 9 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи; Учебник для вузов/ В.И. Нефедов- 2-е изд., перераб. И доп.- М.: Высш. Шк., 2002.-510 с.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Изд. 3-е , перер. и доп., М., «Высшая школа», 2000.-462 с.
3. Скляр Бернанд. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд.2-е, испр.: Пер.с англ.-М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.-1104 с.
4. Теория электрической связи: Учебник для вузов. Под ред. Д.Д. Кловского М.: Радио и связь, 1999.-432с.
5. Васюков В.Н.. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессоры в системах подвижной радиосвязи: Учебник.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003.-592с.
6. Вишнеvский В.М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации: Москва: Техносфера, 2005.-592 с.
7. Быховский М.А. Пионеры информационного века. История развития теории связи. М.:ЗАО «РИЦ «Техносфера», 2006.-376 с.
8. Каяцкас А.А. Основы радиоэлектроники: Учеб. пособие.-М.: Высш.шк., 1988.-464 с.
9. Вольтметр универсальный цифровой. GDM-8246. Руководство по эксплуатации.- М.:-2007.-80 с.
- 10.Осциллограф универсальный GOS-620/620FG. Руководство по эксплуатации.-М.:2007.-24 с.
- 11.Частотомер с микропроцессорным управлением LGFC-7150/-М:2007.-!!!!

12. Анализатор спектра GSP-810.Руководство по эксплуатации.-М.:2007.-!!!
13. Анализатор спектра GSP-810.Руководство по эксплуатации.-М.:2006.-20 с.
14. Осциллограф цифровой GDS-806S/806C Руководство по эксплуатации.- М.-2007.-!!!
15. Генератор сигналов специальной формы ГСС-93/1; ГСС-93/2.Руководство по эксплуатации. - М.:2007.-52 с.