

# ИНСТРУКЦИЯ

## по работе с генератором импульсов АК ИП 3303

### 1. Методы генерации импульсных сигналов.

Генератор импульсов – это устройство, генерирующие сигналы, используемые в качестве воздействующих сигналов в ходе измерений параметров электронных устройств. Большинству схем требуется входной сигнал разнообразной формы с изменяющейся во времени амплитудой.

В общем случае, генераторы сигналов можно разделить на генераторы смешанных сигналов (генераторы сигналов произвольной формы и генераторы сигналов произвольной формы и стандартных функций) и источники логических сигналов (генераторы импульсов и цифровых последовательностей).

Генераторы смешанных сигналов предназначены для создания сигналов с аналоговыми характеристиками. Такие сигналы простираются от чисто аналоговых, таких как синусоиды и треугольники, до меандров, обладающих скруглениями и искажениями, что является неотъемлемой особенностью реальных сигналов.

Генераторы цифровых сигналов используются для подачи сигналов на цифровые системы, их выходными сигналами являются последовательности двоичных импульсов. Практически все современные высокопроизводительные генераторы сигналов, от генераторов стандартных функций до генераторов сигналов произвольной формы и генераторов цифровых последовательностей, основаны на цифровой технологии, что обеспечивает гибкое программирование и исключительную точность.

Основные методы цифровой генерации сигналов – метод аппроксимации и табличный метод.

Метод аппроксимации использует представление периодического сигнала в аналитическом виде и выполняет в микропроцессоре вычислений по заданной программе. В памяти устройства хранятся лишь параметры генерируемого сигнала. Программа вычисляет отсчеты функции с некоторым заданным интервалом. При необходимости получения аналогового сигнала далее используется ЦАП. Либо цифровые данные используются внутри устройства, например, в другой программе, или для модуляции.

Табличный метод генерации предполагает, что предварительно вычисленные цифровые отсчеты функции постоянно хранятся в памяти. Формирование очередного отсчета сводится к операциям подготовки адреса и чтения соответствующей ячейки памяти.

К табличному методу относится метод прямого цифрового синтеза. Прямой цифровой синтез, ПЦС (от англ. DDS – Direct Digital Synthesis) – метод, позволяющий получить аналоговый сигнал (обычно это синусоидальный сигнал, пилообразный, последовательность треугольных импульсов) за счет генерации временной последовательности цифровых отсчетов и их дальнейшего преобразования в аналоговую форму посредством ЦАП. Так как сигнал сначала синтезируется в цифровой форме, такое устройство может обеспечить быстрое переключение частоты, высокое разрешение по сетке частот, работу в широком диапазоне частот.

Принцип действия генераторов импульсов серии АКПП-3300 основан на технологии прямого цифрового синтеза. На Рис. 1 представлена типичная архитектура генератор прямого цифрового синтеза (рисунок из статьи Кронина Брэндана, журнал «Беспроводные технологии», №1, 2012, стр. 59-64. <https://wireless-e.ru/components/dds/>).

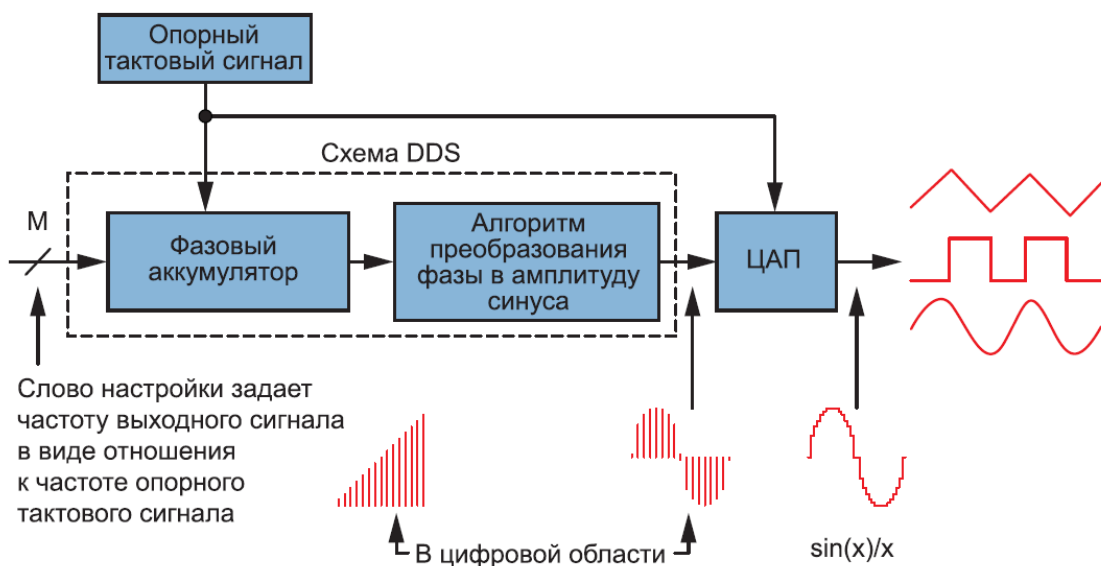


Рис. 1. Типичная архитектура генератор прямого цифрового синтеза.

## 2. Краткое описание генератора импульсов АК ИП-3303 и его характеристики.

Генераторы импульсов серии АК ИП-3300 предназначены для формирования импульсов напряжения прямоугольной формы. Конструктивно генераторы выполнены в виде компактного моноблока, на передней панели которого расположены органы управления и дисплей (см. Рис. 1). Принцип действия генераторов импульсов серии АК ИП-3300 основан на технологии прямого цифрового синтеза (DDS). Генераторы импульсов АК ИП снабжены встроенным кварцевым генератором, который имеет высокую точность опорной частоты ( $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ ), что определяет точность установки временных параметров выходных сигналов (частоты, периода, длины импульса, времени задержки). Частота формируемых импульсов напряжения на выходе генератора синхронизирована с частотой внутреннего или внешнего опорного генератора (<https://radar1.ru/catalog/4-generatory/4-3-generatory-impulsov/akip-3303?yclid=5017966439041629986>). Генераторы имеют встроенное программное обеспечение (ПО). Метрологические характеристики приборов нормированы с учетом влияния встроенного ПО.

Выходной сигнал имеет следующие режимы:

- однократный или периодический,
- одинарный или двойной импульс,
- полярность импульса положительная или отрицательная,
- логика положительной или отрицательная,
- запуск внутренний или внешний.

Области применения: образовательная сфера, метрологические лаборатории, исследовательские центры, разработка радарных устройств.

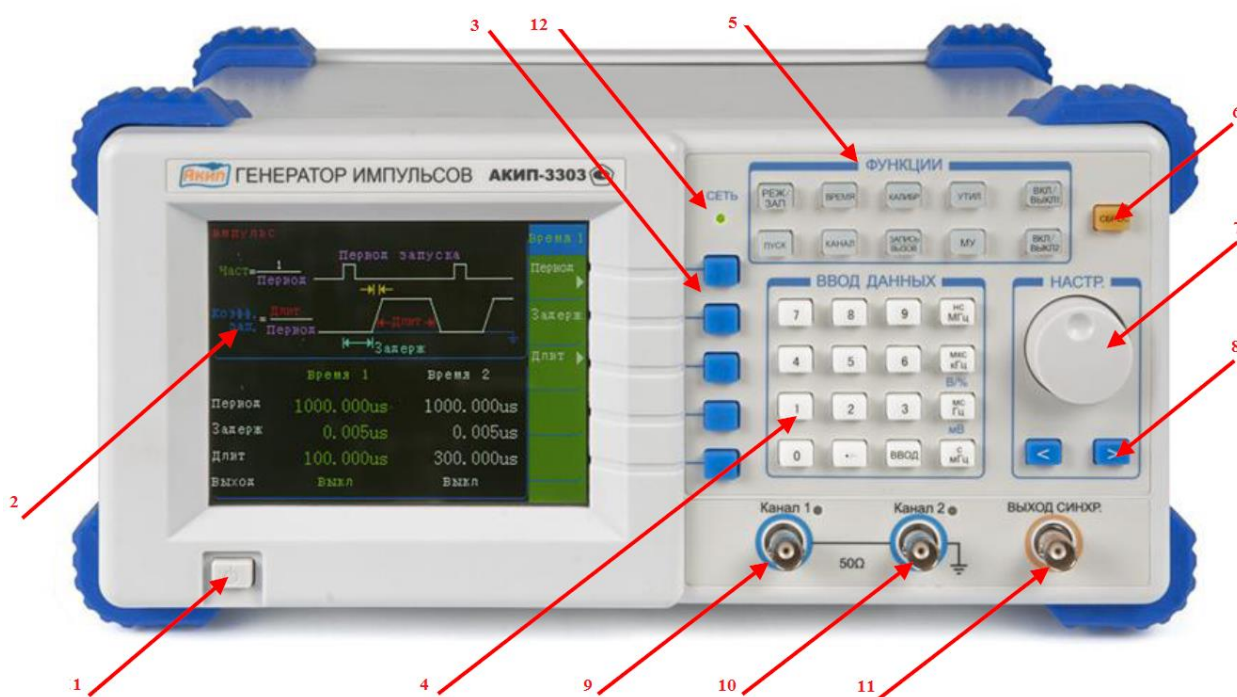


Рис.2. Общий вид передней панели генератора импульсов АКИП-3303  
1. Выключатель; 2. Жидкокристаллический экран; 3. Кнопки управления экранным меню; 4. Цифровые кнопки; 5. Функциональные кнопки; 6. Сброс на заводские настройки; 7. Поворотный регулятор; 8. Курсорные кнопки; 9. Канал 1; 10. Канал 2; 11. Синхровыход; 12. Индикатор питания.



Рис.3. Общий вид задней панели генератора импульсов АК ИП-3303.

На задней панели АК ИП-3303 находятся выход внутренней опорной частоты (тип BNC), вход опорной частоты (тип BNC), вход внешней сигнализации (тип BNC), разъем питания и интерфейс RS-232.

## 2.1. Временные параметры

Вид выходного сигнала: синхроимпульс, одиночный или парный импульс;

Временные параметры: период следования 20 нс...10000 с;

Длительность импульса и задержка: 5 нс...10000 с;

Разрешение: 5 нс при временном интервале менее 4 с и 10 мкс при временном интервале более 4 с;

Погрешность установки временного интервала:  $\pm(5 \cdot T \cdot 10^{-5} + 5 \text{ нс})$ ;

Погрешность опорного источника частоты:  $\pm 5 \cdot 10^{-5}$

Время нарастания/спада: не более 10 нс

Выброс: не более 10% при амплитуде импульса 5 Впик на 50 Ом

Вход внешней опорной частоты: 5 и 10 МГц, 0,5 В скз

## 2.2. Амплитудные параметры

Каналы: 2 канала с регулируемой амплитудой, 1 канал ТТЛ;

Диапазон амплитуды: Канал А:  $\pm(25 \text{ мВпик} \dots 5 \text{ Впик})$  на нагрузке 50 Ом с аттенюатором;

Канал В:  $\pm(250 \text{ мВпик} \dots 5 \text{ Впик})$  на нагрузке 50 Ом;

Канал С: ТТЛ-уровень

Разрешение: 10 мВпик

Погрешность установки амплитуды:  $\pm(2\% + 25 \text{ мВпик})$

Диапазон смещений:  $\pm(25 \text{ мВ} \dots 5 \text{ В})$  на нагрузке 50 Ом

Разрешение: 20 мВ

Погрешность установки смещения:  $\pm(5\% + 25 \text{ мВ})$

Внутреннее сопротивление выхода: 50 Ом

## СИНХРОЗАПУСК

Режимы: внутренний, внешний, однократный

Диапазон частот внешнего синхросигнала: 1 Гц...10 МГц (меандр)

Диапазон уровней внешнего синхросигнала: 1 Впик...20 Впик

Сопротивление входа внешней синхронизации: более 100 кОм

## 2.3. Общие данные

Дисплей: Индикатор ЖКИ 5,7 дюймов

Напряжение питания: 230 В ( $\pm 15\%$ ), 50 / 60 Гц, 50 Вт

Особенности: Прямой цифровой синтез (DDS).

Интерфейс: RS-232 (опция – GPIB)

### 3. Краткое описание работы с прибором

**3.1. Ввод данных** может быть выполнена двумя способами: с помощью цифровых кнопок (4) или с помощью поворотного регулятора ВВОД (7).

#### 3.1.1. Ввод с помощью цифровых кнопок

Нажмите кнопку [ $<$ ] или [ $>$ ], для перемещения курсора влево или вправо. Данные вводятся с помощью цифровых кнопок. Если набранное число превышает 11 знаков, слева цифра теряется из-за переполнения. Кнопка [ $\cdot/-$ ] имеет двойное назначение – знак «минус» и «десятичная точка».

В случае выбранной функции “СМЕЩЕНИЕ” эта кнопка имеет функцию «минус», в других случаях

- как «десятичная точка». Ввод значения должен завершаться вводом единицы измерения (размерности): [МГц], [кГц], [Гц], [мГц].

#### 3.1.2. Ввод с помощью поворотного регулятора

Нажмите кнопку [ $<$ ] или [ $>$ ], для перемещения курсора влево или вправо. Поворот регулятора вправо добавляет единицу к выделенной цифре, поворот влево - отнимает; значение вводится немедленно, без нажатия на кнопки единиц измерения.

Для того, чтобы отменить непрерывную регулировку, нажимайте кнопки [ $<$ ] или [ $>$ ], пока курсор не исчезнет.

Поскольку генератор воспроизводит импульсы, иногда непрерывное регулирование частоты невозможно.

#### 3.2. Выбор функций

производится функциональными кнопками (5).

Кнопка [ВРЕМЯ] - установка временных параметров импульса таких как: Период, Задержка, Длительность.

Кнопки [КАНАЛ] - установка амплитудных и параметров формы импульса таких как: Амплитуда, Смещение, одинарный или двойной импульс, форма сигнала.

Для переключения между параметрами Канала 1 и Канала 2 необходимо нажать кнопку [ВРЕМЯ] или [КАНАЛ] еще раз.

Кнопка [ПУСК]: Кнопка ручного запуска при установленной функции внешнего запуска.

**3.3. Для выбора установок выходных каналов 1 или 2** нажмите кнопки [ВРЕМЯ] или [КАНАЛ].

Вид сигнала (одинарный или парный) выбирается кнопкой экранного меню «Вид сигн». Форма импульса (Положительный нормальный, положительный инвертированный, отрицательный нормальный, отрицательный инвертированный) выбираются нажатием на кнопку экранного меню «Форма».

**3.4. Выбор типа импульсов.** При установленном канале (например, канал А), нажмите [Подменю] для выбора одиночного импульса (в данном случае РА) или двойного Р12. Для одиночного импульса, каналы не связаны между собой и их параметры устанавливаются независимо. Для двойного импульса частота (период) на двух каналах один и тот же, также длительность и задержка воздействуют друг на друга. Для быстрого выбора типа импульса нажмите [Преф.] + [Однокр. имп.] чтобы выбрать одиночный импульс или [Преф.] + [Парн. имп.] чтобы выбрать двойной импульс.

Для включения или отключения выходов каналов 1 и 2 нажмите соответствующие кнопки [ВКЛ/ВЫКЛ1] или [ВКЛ/ВЫКЛ2].

Установка на заводские настройки осуществляется нажатием на одну кнопку [СБРОС].



**3.5. Установка частоты и периода импульсов.** Для перехода к установкам временных параметров канала 1 или 2 нажмите кнопку [ВРЕМЯ].

Для установки значения периода нажмите кнопку экранного меню «Период». Период может быть установлен цифровыми кнопками или поворотным регулятором.

### **3.6. Установка параметров однократного импульса.**

3.6.1. Выбор однократного импульса осуществляется в настройках канала 1 или 2 кнопкой экранного меню «Вид сигн.». Для перехода к настройкам канала 1 или 2 нажмите кнопку [КАНАЛ].

3.6.2. Установка задержки. Перейдите к установкам временных параметров, нажав кнопку [ВРЕМЯ]. Для установки значения задержки нажмите кнопку экранного меню «Задержк». Задержка может быть установлена цифровыми кнопками или поворотным регулятором.

Примечание. Канал 2 не имеет синхронизации с синхровыходом. Поэтому, установка задержки для этого канала производится только при условии, что на канале 1 установлен период равный периоду импульсов Канала 2. Тогда Канал 1 и 2 имеют одинаковую фазу и установка параметров задержки производится корректно.

3.6.3. Установка длительности импульса. Перейдите к установкам временных параметров, нажав кнопку [ВРЕМЯ]. Для установки значения длительности нажмите кнопку экранного меню «Длит». Длительность может быть установлен цифровыми кнопками или поворотным регулятором.

3.6.4. Установка скважности. Перейдите к установкам временных параметров, нажав кнопку [ВРЕМЯ]. Для установки значения скважности дважды нажмите кнопку экранного меню «Длит». Скважность может быть установлен цифровыми кнопками или поворотным регулятором.

**3.7. Установка парных импульсов.** Перейдите в режим установок канала А или В, нажав кнопку [КАНАЛ]. Установите режим парных импульсов, нажатием на кнопку экранного меню «Вид сигн». установите задержку и длительность для импульса 1 и импульса 2, как описано в п.13.

Парные импульсы будут воспроизводиться на выходе Канала 1 Канал 2 при этом в состоянии **Выкл.**

**3.8. Установка диапазона параметров.** Нажмите кнопку [РЕЖ/ЗАП]. Кнопкой экранного меню «Диапазон» установите верхний или нижний диапазон.

**3.9. Настройка амплитуды импульса.** Амплитуда сигнала устанавливается в режиме установок канала 1 или 2 Для перехода в режим нажмите кнопку [КАНАЛ]. Для установки значения амплитуды нажмите кнопку экранного меню «Ампл». Амплитуда может быть установлена цифровыми кнопками или поворотным регулятором.

**3.10. Установка постоянного смещения.** Постоянное смещение устанавливается в режиме установок Канала 1 или 2 Для перехода в режим нажмите кнопку [КАНАЛ]. Для установки значения постоянного смещения нажмите кнопку экранного меню «Смещ». Смещение может быть установлено цифровыми кнопками или поворотным регулятором.

**3.11. Настройка полярности.** Полярность выбирается кнопкой экранного меню «Форма». Сигнал может иметь следующие формы импульса: Положительный нормальный, положительный инвертированный, отрицательный нормальный, отрицательный инвертированный.

**3.12. Настройка вида импульса (тип логики).** Тип логики выбирается кнопкой экранного меню «Форма». Импульсный сигнал может иметь следующие формы: Нормальный, Инвертированный.

**3.13. Настройка режима запуска.** Источник запуска выбирается в системном меню. Нажмите кнопку [РЕЖ/ЗАП] чтобы перейти в меню настроек запуска. Нажатием на кнопку экранного меню «**Источник**» выберите внутренний или внешний источник запуска.

### **3.14. Пакетный режим.**

3.14.1. Нажмите на кнопку [РЕЖ/ЗАП] для перехода в меню настроек запуска. Нажмите кнопку экранного меню «**Импульсный режим**» и выберите режим «**Пакет**».

#### 3.14.2. Установка количества импульсов в пакете.

В пакетном режиме для установки количества импульсов в пакете нажмите кнопку экранного меню «**Длина пакета**». Установка производится при помощи цифровых кнопок.

#### 3.14.3. Установка временного интервала.

В пакетном режиме для установки временного интервала между импульсами в пакете нажмите кнопку экранного меню «**Врем. инт. пакета**». Установка производится при помощи цифровых кнопок или поворотным регулятором.

#### 3.14.4. Запуск и остановка пакетов.

После установки параметров пакетного режима, нажмите кнопку [ВКЛ/ВЫКЛ1] и [ВКЛ/ВЫКЛ2] для перевода генератора в пакетный режим.

#### 3.14.5. Одинарный пакет.

Нажмите [Подменю] и выберите “once” для задания одинарного пакета (однократно). Теперь, с каждым нажатием кнопки [ПУСК], на выходе будут однократные пакеты.

Для перехода в однократный режим запуска в меню **РЕЖ/ЗАП** переключите источник запуска в ручной режим нажав кнопку [Ручн]. Затем

включите канала 1 или канал 2 нажатием кнопок [ВКЛ/ВЫКЛ1] и [ВКЛ/ВЫКЛ2], пакет будет воспроизводиться однократно только после нажатия вручную на кнопку [ПУСК].

### **3.15. Описание выходов.** В генераторах 3 выхода (тип BNC)

3.15.1. «Канал 1» и «Канал 2». Независимые выходы с регулируемыми параметрами.

3.15.2. “ВЫХОД СИНХР” - Импульсы синхронизации. Имеют положительную логику, положительную полярность и уровень TTL/CMOS.

3.15.3. Выходной импеданс.

Сопротивление выходов 50Ω. Выходное напряжение откалибровано при ненагруженном выходе (XX). Если нагрузочное сопротивление является достаточно большим, пропорциональное отношение - приблизительно 1, и напряжение на нагрузке равно напряжению на открытом выходе. Рекомендуется согласовывать выход с нагрузочным сопротивлением 50 Ом. При этом амплитуда выходного импульса будет в приблизительно в 2 раза меньше, чем на выходе без нагрузки (XX). Внимание: Если этого согласования нет, то выбросы на вершине импульса и время нарастания могут отличаться от нормируемых в технических характеристиках.

### **3.16. Сохранение профиля работы.**

Для сохранения профилей нажмите кнопку [ЗАПИСЬ/ВЫЗОВ]. Запись возможно производить как во внутреннюю так и во внешнюю память. Для выбора места сохранения нажмите кнопку экранного меню Диск. Далее необходимо выбрать тип сохраняемых данных нажав кнопку экранного меню Тип. Для сохранения доступны два типа данных: Все данные – сохранение всех установок генератора; Установки пакетного режима – сохранение установок связанных только с пакетным режимом. Далее выберите одну из пяти доступных для сохранения ячеек и нажмите кнопку меню сохранить.

Если выбранная ячейка содержит записанную ранее информацию, то на экране генератора отобразится запрос о необходимости перезаписи ячейки.

Воспроизведение настроек осуществляется кнопкой меню **Вызов** после выбора требуемой ячейки памяти.

### **3.17. Калибровка.**

Для входа в меню калибровка нажмите кнопку [КАЛИБР]. Калибровка является закрытой процедурой и выполняется только в условиях специализированного сервиса. Доступ к разделу калибровка ограничен защитным паролем.

### **3.18. Меню утилит.**

Для доступа в меню УТИЛИТЫ нажмите кнопку [УТИЛ]. В данном меню позволяет производить следующие настройки системы: выбор языка интерфейса; настройка хранителя экрана; звукового сопровождения и настройка удаленного интерфейса.

Для выбора необходимого языка интерфейса нажмите кнопку экранного меню **Язык**.

Для включения или отключения функции хранителя экрана нажмите кнопку экранного меню **Хранитель экрана**. **Хранитель экрана** позволяет сократить энергопотребление прибора путем отключения экрана при простое.

Для включения или отключения звукового сопровождения нажмите кнопку экранного меню **Звук**.

Для доступа к настройкам интерфейса удаленного управления нажмите кнопку экранного I/O настр.

Доступен только интерфейс RS-232.

## Лабораторная работа

### «ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛЛОГРАФА ДЛЯ АМПЛИТУДНЫХ И ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ»

#### 4. Работа с генератором импульсов серии АК ИП-3303

1. Выставить выходные импульсы генератора 1 В, длительность 1 мкс, период 100 мкс, задержку между импульсами 3 мкс.

Для этого:

1.1. Из произвольного состояния генератора нажать на кнопку «КАНАЛ», как показано на фотографии на рис. 6. Откроется меню настройки амплитуды и формы сигналов. Повторные нажатия кнопки «КАНАЛ» переключают настройки между двумя каналами.

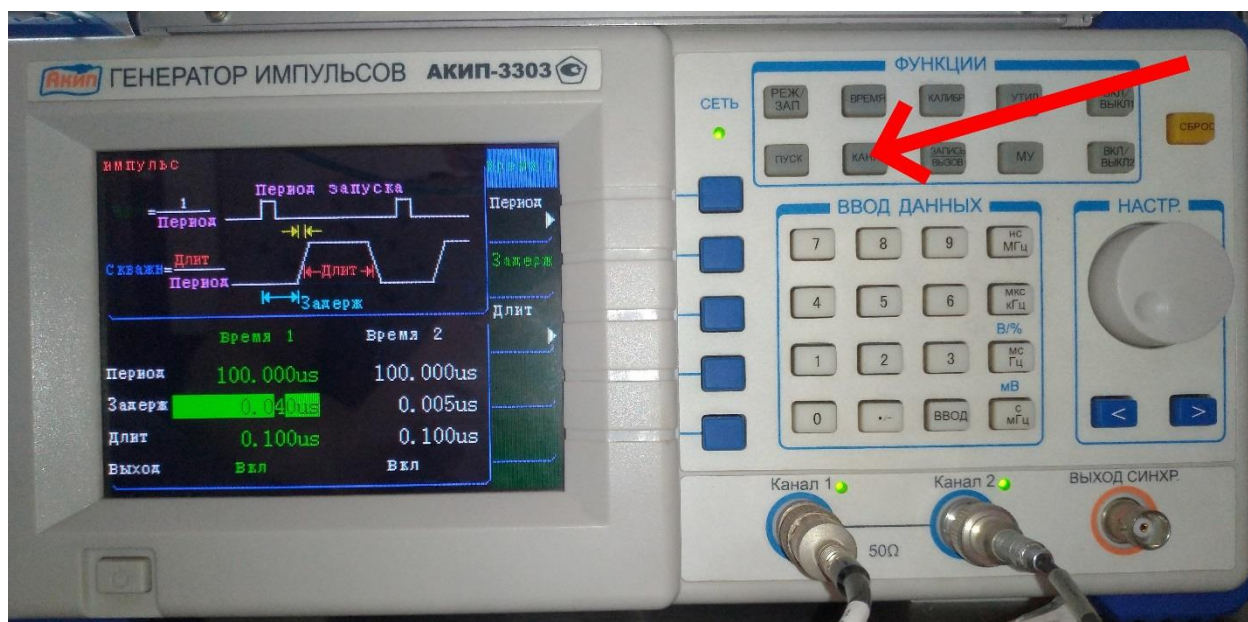


Рис. 4. Настройка каналов генератора

1.2. При помощи софт-клавиш выбрать параметры, для которых затем при помощи курсора и колесика (группа «НАСТР.») установить необходимые значения (амплитуда 1 В, смещение 0 В), см. рис. 7-9



Рис. 5. Настройка каналов генератора

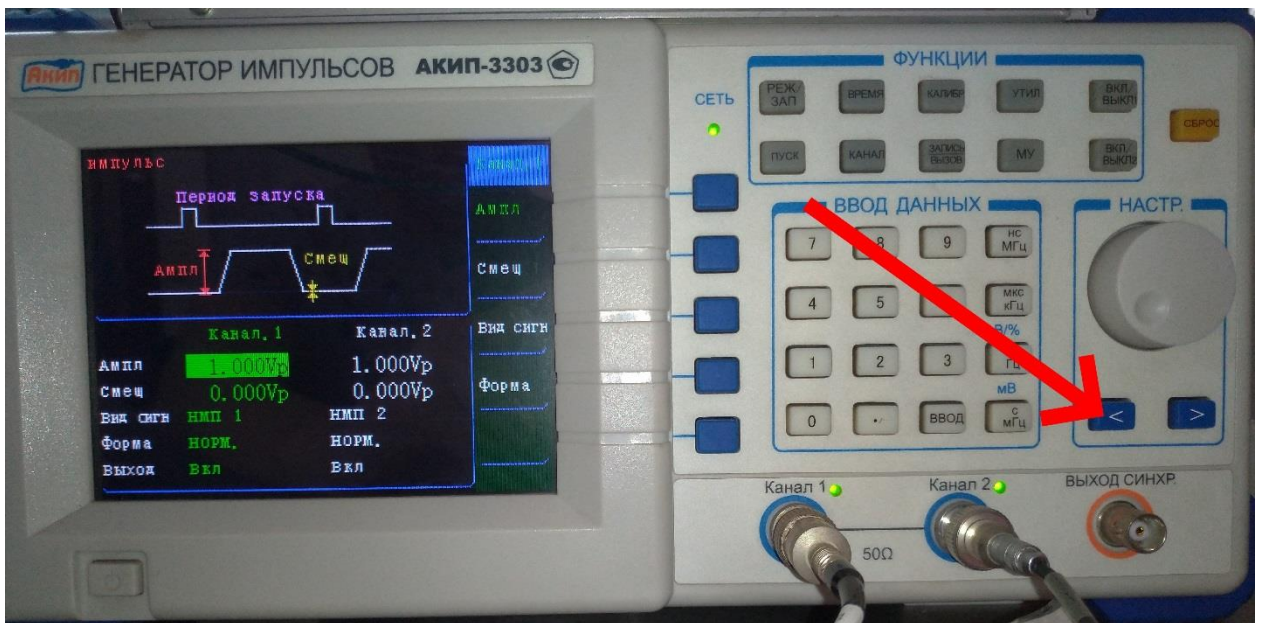


Рис. 6. Настройка каналов генератора

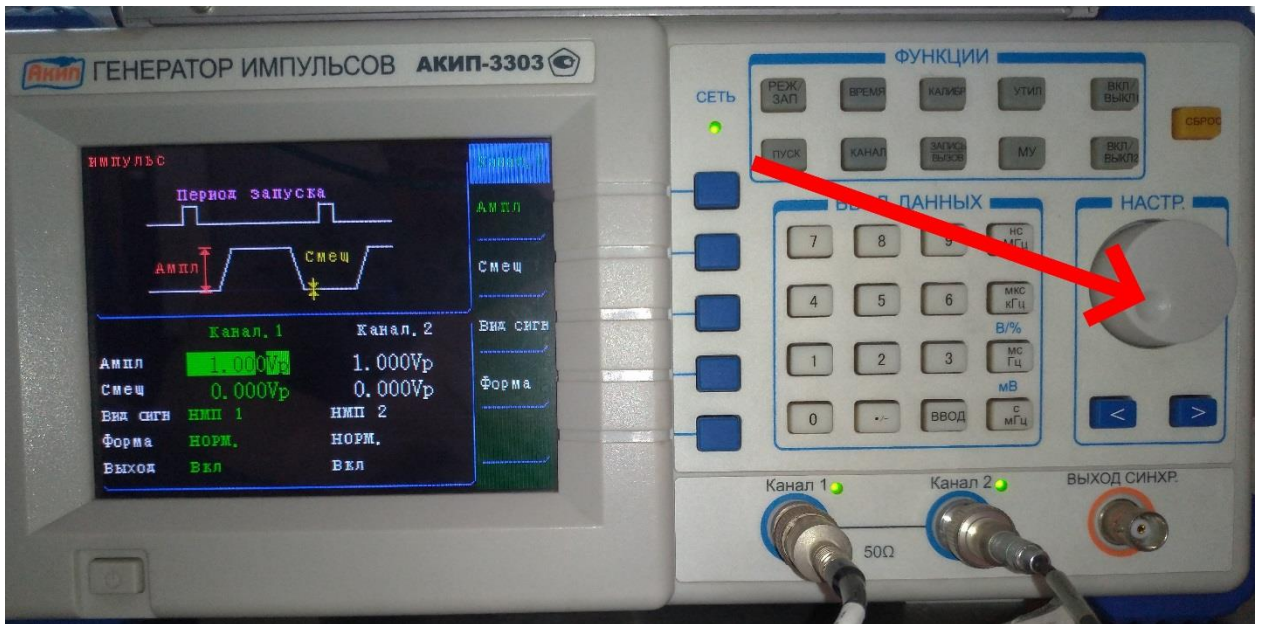
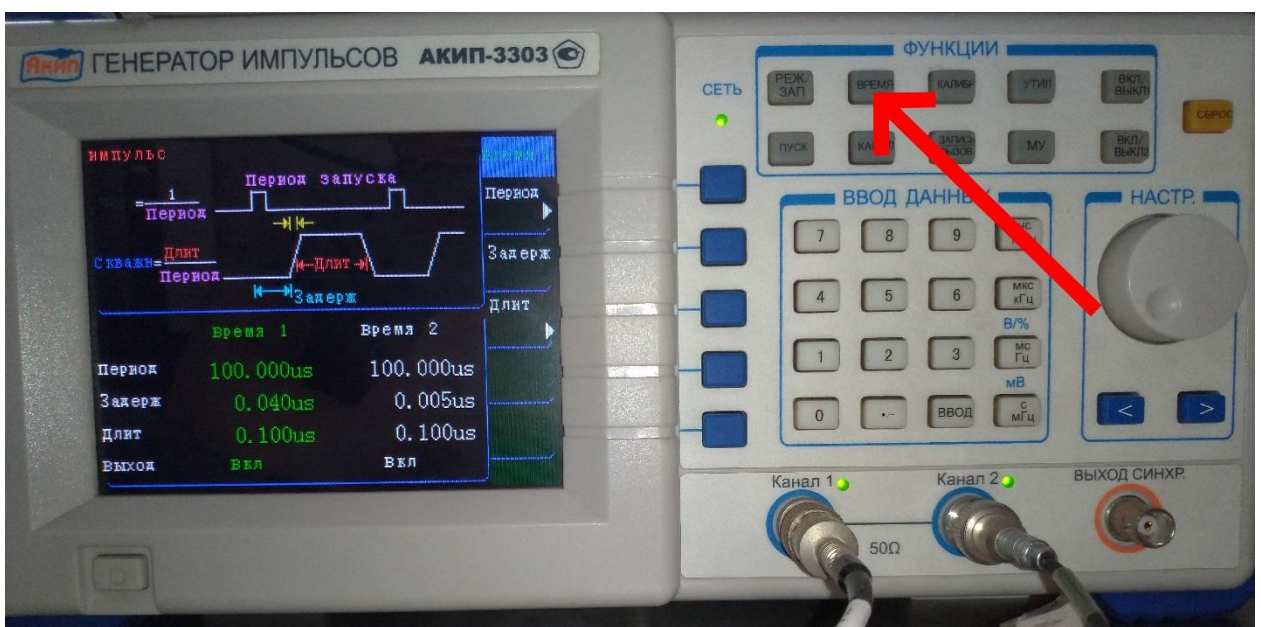


Рис. 7. Настройка каналов генератора

Помимо группы «НАСТР.», включающей в себя две кнопки навигации и колесико, можно выставлять значения, используя группу «ВВОД ДАННЫХ», включающую в себя цифровые кнопки, кнопки единиц измерения и подтверждающую кнопку «ВВОД».

1.3. Прodelать пункты 1.1 – 1.2 для настройки второго канала.

1.4. Нажать кнопку «ВРЕМЯ» для настройки временных параметров сигналов (рис. 10)





## Рис. 8. Настройка каналов генератора

- 1.5. Установить период, длительность и задержку аналогично п. 1.2.
2. Подключить выходы генератора к двум входам осциллографа.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Генераторы импульсов АК ИП 3301/АК ИП-3302/АК ИП-3303/АК ИП-3304/АК ИП-3305. Руководство по эксплуатации. Москва. <http://stmit.ru/wp-content/uploads/2020/04/%D0%A0-18-%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%B8%D0%BC%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BE%D0%B2-%D0%90%D0%9A%D0%98%D0%9F-%D0%A0%D0%AD-%D0%9B%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0.pdf> .
2. Генераторы импульсов АК ИП 3003-аkip-330х-3 (<https://www.electronpribor.ru/files/products/akip-330x-3.pdf>).
3. Тюрин В.А. Метод прямого цифрового синтеза в генераторах сигналов специальной формы SFG-2110 и АК ИП-3410/3: учебно-методическое пособие/ В.А. Тюрин. - Казань: Казанский федеральный университет, 2015. - 74 с. [https://kpfu.ru/staff\\_files/F233095282/30.08.15\\_Tjurin\\_Metod\\_pryamogo\\_cifrovogo\\_sinteza....pdf](https://kpfu.ru/staff_files/F233095282/30.08.15_Tjurin_Metod_pryamogo_cifrovogo_sinteza....pdf)).
4. Кронин Брэндан. Простое и эффективное формирование сигналов при помощи синтезаторов прямого цифрового синтеза частот. «Беспроводные технологии», №1 (2012) С. 59-64. <https://wireless-e.ru/components/dds/>.
5. Генераторы сигналов от А до Я. Учебное пособие. Copyright © 2008, Tektronix (<https://doc.platan.ru/docs/pdf/generatory-signalov.pdf>).