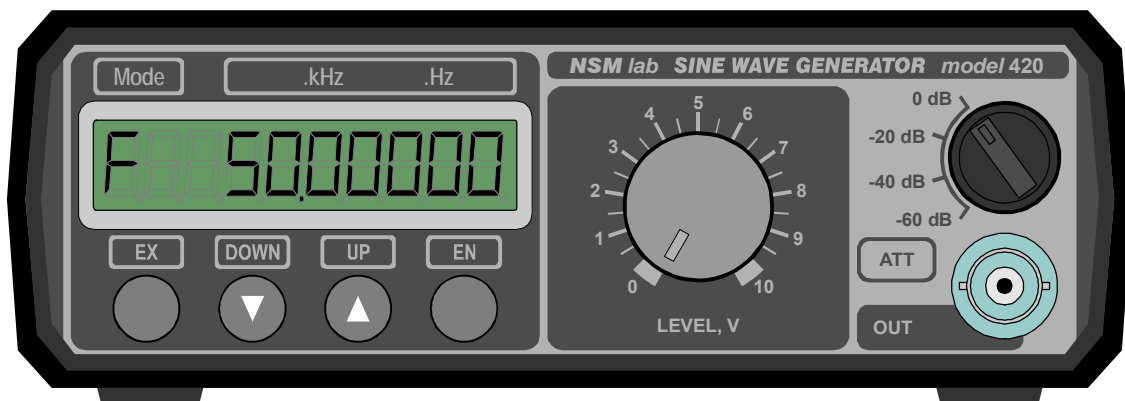


# SG-420

---

## Генератор синусоидального сигнала



---

*руководство пользователя*

## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАТОРА

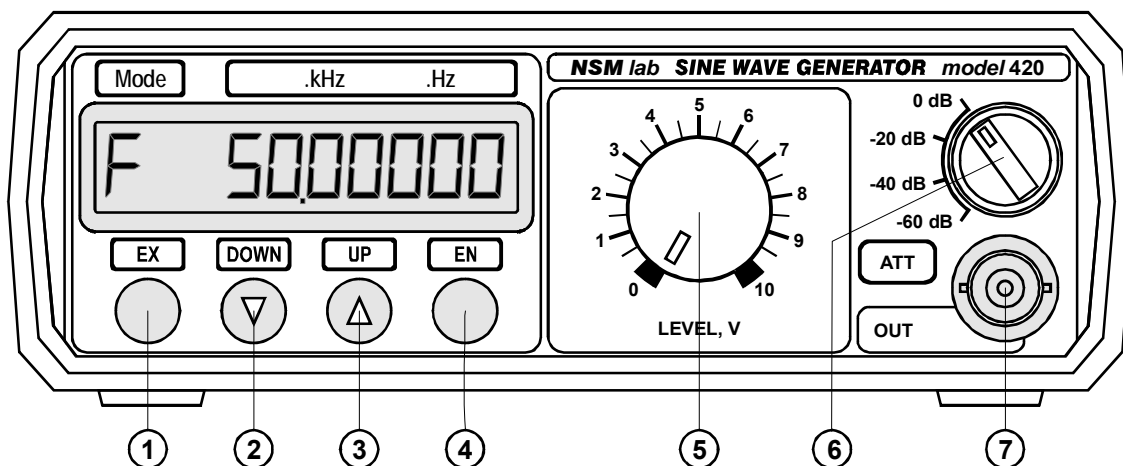
- диапазон генерируемых частот – 1...50000 Гц
- минимальный шаг установки частоты – 0.01 Гц
- среднеквадратическое выходное напряжение – 0...10 В
- пределы аттенюатора – 0, -20, -40, -60 дБ
- минимальное сопротивление нагрузки – 600 Ом
- коэффициент гармоник на частоте 1 КГц, не более – 0.1 %
- 10 предустановок частоты
- режим выключения сигнала
- цифровая калибровка частоты
- размеры – 150 x 130 x 50 мм
- вес – 0.4 кг

## ОПИСАНИЕ ГЕНЕРАТОРА

Генератор построен на основе прямого цифрового синтезатора частоты (DDS, Direct Digital Synthesizer). Благодаря этому он имеет высокую стабильность выходной частоты, очень малый шаг перестройки и низкий коэффициент гармоник. Кроме того, генератор не имеет аномалий (переходных процессов) при перестройке частоты. Все это, вместе с малыми габаритами и весом, выгодно отличает данный генератор от обычных аналоговых генераторов.

DDS реализован программно на микроконтроллере AT90S2313 фирмы "Atmel". Быстродействие этого контроллера является достаточным, чтобы при тактовой частоте 10 МГц реализовать 27-разрядный накопитель фазы, работающий на частоте 250 кГц. Такой накопитель фазы обеспечивает шаг перестройки частоты примерно 0.002 Гц. Реально используется шаг сетки 0.01 Гц, что более чем достаточно на практике. В памяти микроконтроллера содержится таблица 1/4 периода синусоидального сигнала, адресуемая накопителем фазы. Формирование синусоидального напряжения производится с помощью ЦАП. Сформированный сигнал подвергается низкочастотной фильтрации с помощью фильтра Баттерворта 4-го порядка. Отфильтрованный сигнал поступает на выходной каскад, который обеспечивает работу на нагрузку 600 Ом.

Основные органы управления генератора расположены на передней панели (рис. 1). Там же расположен выходной разъем типа BNC. На задней панели генератора расположены выключатель питания, сетевой шнур и клемма заземления.

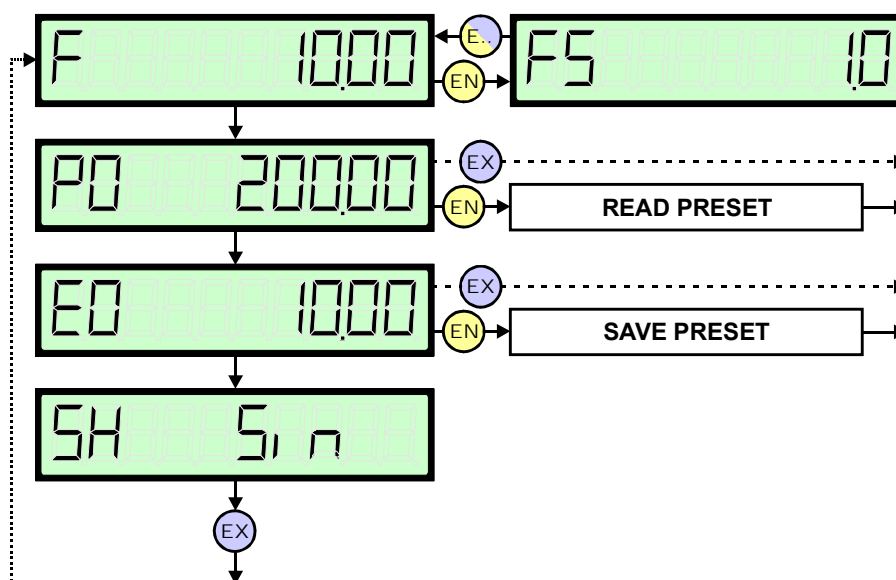


**Рис. 1. Передняя панель генератора:**

1 – кнопка EX (exit, выход); 2 – кнопка DOWN (меньше); 3 – кнопка UP (больше); 4 – кнопка EN (enter, ввод); 5 – ручка регулировки амплитуды выходного сигнала; 6 – ручка аттенюатора; 7 – выходной разъем.

## УПРАВЛЕНИЕ ГЕНЕРАТОРОМ

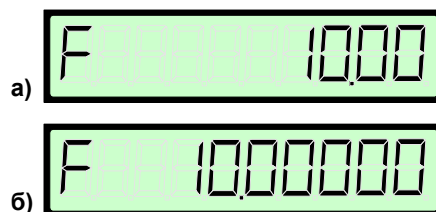
Управление генератором осуществляется с помощью нескольких меню, которые выводятся на ЖКИ. Некоторые меню содержат цифровые значения параметров, другие меню позволяют выбрать нужный режим работы. Система меню организована в виде кольцевой структуры, кнопка EX (Exit) позволяет «по кругу» переходить между меню. Система меню генератора показана на рис. 2.



**Рис. 2. Система меню генератора.**

С помощью системы меню можно задать частоту выходного сигнала генератора, считать или записать предустановку частоты, а также выключить или включить выходной

сигнал. Увеличение или уменьшение значения выбранного параметра производится кнопками **UP** или **DOWN** соответственно. Значение частоты выводится с запятой, которая отделяет десятые доли герца, если значение меньше 1 КГц, или десятые доли килогерца, если значение больше 1 КГц. На рис. 3а показан пример индикации частоты, равной 10 Гц, а на рис. 3б – частоты 10 КГц.

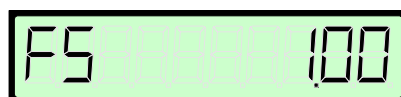


**Рис. 3. Пример индикации частоты выходного сигнала:**

*10 Гц (а) и 10 КГц (б).*

Одинокое нажатие кнопки **UP** или **DOWN** приводит к изменению частоты на один шаг. Если кнопка продолжает удерживаться более 800 мс, то начинается автоповтор с периодом 180 мс. В таком режиме делается 16 шагов, затем включается быстрый автоповтор с периодом 60 мс.

Шаг изменения значения частоты задается в отдельном меню программирования шага (рис. 4) и может иметь значение 0.01 Гц...10 КГц.



**Рис. 4. Меню программирования шага.**

Войти в меню программирования шага можно из меню установки выходной частоты с помощью кнопки **EN** (Enter). Значение шага можно изменять с помощью кнопок **UP** и **DOWN** по закону 1-2-5-10-20-50-... и так далее. Выйти из меню программирования шага можно с помощью любой из кнопок **EX** или **EN**, при этом формируется специальный звуковой сигнал.

Значение частоты при редактировании с помощью кнопок **UP** и **DOWN** выравнивается на значение установленного шага. Например, если величина шага равна 1.00 Гц, текущая частота составляет 120.34 Гц и делается несколько шагов вверх, то получится следующая последовательность: 120.34 Гц, 121.00 Гц, 122.00 Гц и т.д. При перестройке вниз получится: 120.34 Гц, 120.00 Гц, 119.00 Гц и т.д. Поэтому если требуется установить какое-то нецелое значение частоты, нужно начинать с большого шага и заканчивать минимальным.

Если текущее значение частоты меньше или равно величины шага, то при нажатии кнопки **DOWN** происходит автоматическое уменьшение шага по принятому для него закону, при этом раздается звуковой сигнал ошибки и на индикаторе кратковременно отображается то значение шага, которое вызвало ошибку.

## ЧТЕНИЕ ПРЕДУСТАНОВОК ЧАСТОТЫ

Меню P (Read Preset) позволяет считать одну из десяти предустановок выходной частоты. При входе в это меню на индикаторе отображается символ P, а справа от него – номер предустановки. Номер может лежать в пределах от 0 до 9. Еще правее на индикаторе отображается значение частоты, сохраненное в данной предустановке. Номер предустановки можно изменять с помощью кнопок **UP** и **DOWN**. Чтобы ввести выбранную предустановку, нужно нажать кнопку **EN**. При этом генератор перестроится на частоту предустановки. Для того, чтобы отменить чтение предустановки, нужно нажать кнопку **EX**. В этом случае выходная частота останется неизменной, а генератор перейдет в режим установки частоты, если перед этим номер предустановки редактировался, или в меню сохранения предустановок, если номер не редактировался.

## СОХРАНЕНИЕ ПРЕДУСТАНОВОК ЧАСТОТЫ

Меню E (Save Preset in EEPROM) позволяет запомнить до десяти значений выходной частоты генератора в виде предустановок. При входе в это меню на индикаторе отображается символ E, а справа от него – номер предустановки. Номер может лежать в пределах от 0 до 9. Еще правее на индикаторе отображается текущее значение выходной частоты генератора. Номер предустановки можно изменять с помощью кнопок **UP** и **DOWN**. Чтобы запомнить текущую частоту в выбранной предустановке, нужно нажать кнопку **EN**. При этом значение частоты сохраняется в EEPROM и формируется специальный звуковой сигнал. Для того, чтобы отменить сохранение предустановки, нужно нажать кнопку **EX**. В этом случае текущее значение частоты записано в EEPROM не будет, а генератор перейдет в режим установки частоты, если перед этим номер предустановки редактировался, или в меню формы выходного сигнала, если номер не редактировался.

## ВЫКЛЮЧЕНИЕ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА

Для выключения выходного сигнала генератора служит меню формы выходного сигнала SH (Shape). При входе в это меню на индикаторе отображаются символы SH, а справа от них – вид выходного сигнала. Вид сигнала может быть Sin – сигнал включен и OFF – сигнал выключен (рис. 5). Выключение и включение сигнала происходит с минимальным скачком фазы. Выключение происходит при изменении знака выходного напряжения с минуса на плюс, т.е. при переходе сигнала через ноль. Все время, пока выходной сигнал генератора выключен, на выходе поддерживается нулевое напряжение. При включении выходного сигнала его формирование начинается с нулевого значения фазы, т.е. с начала положительной полуволны.

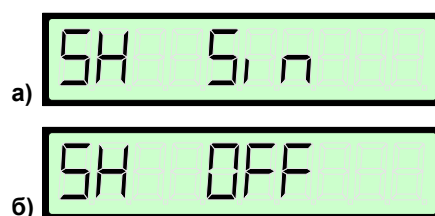


Рис. 5. Меню формы выходного сигнала.

## НАЧАЛЬНАЯ ЧАСТОТА ГЕНЕРАТОРА

Для того, чтобы при каждом включении питания генератора выходная частота принимала определенное значение, нужно сохранить это значение частоты в предустановке с номером 0. Предустановка 0 также используется для задания частоты, на которой будет производиться калибровка (см. ниже).

## ЦИФРОВАЯ КАЛИБРОВКА

Поскольку DDS имеет очень малый шаг перестройки частоты (около 0.002 Гц), а реально используется шаг сетки 0.01 Гц, оказалось возможным осуществить цифровую калибровку частоты. Для калибровки нужно иметь эталонный частотомер или эталонный генератор. В первом случае добиваются нужных показаний частотомера, во втором – равенства частот.

Для осуществления калибровки сначала нужно задать частоту, на которой она будет проводиться. Для этого нужно установить желаемую частоту на выходе генератора и сохранить ее в предустановке с номером 0. Затем нужно войти в меню калибровки. Для этого необходимо выключить питание генератора, а затем включить его снова, удерживая нажатой кнопку **EX**. При таком включении генератор войдет в специальное меню калибровки. В этом меню на индикаторе отображается символ **C** и значение калибровочного коэффициента (рис. 6). Калибровочный коэффициент может принимать значения от 0.00 до 999.99. Номинальное значение коэффициента равно 500.00. Изменение значения калибровочного коэффициента на 1.00 соответствует изменению выходной частоты генератора примерно на 1 ppm (одну миллионную часть). Соответственно, с помощью процедуры калибровки можно изменить выходную частоту генератора не более, чем на  $\pm 500$  ppm. Находясь в меню калибровки значение калибровочного коэффициента можно изменять с помощью кнопок **UP** и **DOWN**. Шаг изменения коэффициента равен 10, так как устанавливать выходную частоту до сотых долей ppm не имеет смысла. В процессе калибровки необходимо контролировать выходную частоту генератора, которая меняется при изменении калибровочного коэффициента.

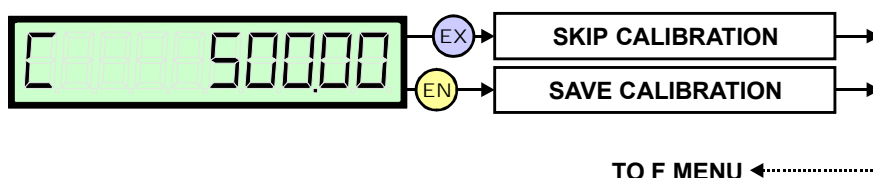


Рис. 6. Меню калибровки.

Когда с помощью изменения значения калибровочного коэффициента требуемая выходная частота достигнута, необходимо сохранить новый калибровочный коэффициент. Для сохранения коэффициента нужно нажать кнопку **EN**. При этом новый коэффициент запишется в EEPROM, а генератор перейдет в режим установки частоты. Для того, чтобы отменить калибровку, нужно нажать кнопку **EX**. При этом восстановится прежнее значение калибровочного коэффициента, а генератор перейдет в режим установки частоты.

Если проводить калибровку генератора на частоте 15625.00 Гц, то в качестве эталонной частоты можно использовать строчную частоту телевизионного сигнала, принимаемого с эфира. Точность и стабильность этой частоты вполне достаточна для калибровки. Сравнение частот можно осуществить с помощью осциллографа по фигурам Лиссажу.