

Измерительные генераторы

РАСОВ Д.Д.

ГПОУ «СЦБТ»

По каталоговой классификации радиоизмерительных приборов все генераторы относятся к группе Г (приложение 5). Измерительные генераторы классифицируются по форме сигнала на выходе, частотному диапазону и типу индексации:

В зависимости от формы сигнала различают генераторы *гармонические, импульсные и шумовые*.

По частотному диапазону генераторы подразделяют на *низкочастотные (ГНЧ), высокочастотные (ГВЧ) и сверхвысокочастотные (ГСВЧ)*.

По виду индикатора различают *аналоговые и цифровые* генераторы.

Независимо от вида индикации, частотного диапазона и формы выходного сигнала измерительный генератор включает в себя задающий генератор — усилитель с положительной обратной связью — и источник питания постоянного тока. При этом задающий генератор определяет форму и частоту выходного сигнала, зависящие от его параметров.

Низкочастотные аналоговые генераторы гармонического сигнала (ГЗ)

К низким относятся инфразвуковые частоты (менее 20 Гц), звуковые частоты (от 20 Гц до 20 кГц) и ультразвуковые частоты (от 20 до 200 кГц).

Возможно расширение частотного диапазона в сторону больших значений, поэтому не следует ориентироваться только на буквенно-цифровой шифр генераторов — ГЗ.

Низкочастотные генераторы являются источником синусоидальных сигналов. Однако некоторые модели генераторов наряду с синусоидальным сигналом могут вырабатывать сигнал формы меандр. Если на лицевой панели прибора форма сигнала не указана, это означает, что генератор является источником сигналов только синусоидальной формы.

Различают следующие типы задающих генераторов:

- на биениях, используемые обычно в образцовых генераторах;
- типа *RC*, применяемые в низкочастотных генераторах;
- типа *LC*, используемые в высокочастотных и сверхвысокочастотных генераторах.

Колебательная система задающих генераторов типа RC состоит из резистора и конденсатора, и частота колебаний определяется в этом случае формулой

$$F = \frac{1}{2\pi RC}. \quad (6.1)$$

Частотные диапазоны низкочастотных генераторов подразделяются на поддиапазоны, число которых может достигать четырех (иногда — пяти). Каждому такому поддиапазону соответствует вполне конкретное сопротивление резистора, а для плавной регулировки частоты, используется один конденсатор переменной емкости, обслуживающий все поддиапазоны (рис. 6.1). Этот конденсатор снабжен градуированной шкалой плавной установки частоты в герцах.



Рис. 6.1. Пояснение регулировки частоты в *RC*-генераторе

Переключатель «Множитель частоты» обеспечивает дискретное (декадное) изменение частоты с помощью набора резисторов.

Для контроля установки значения напряжения на выходе генератора используется многопредельный вольтметр, отградуированный в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения на согласованной нагрузке.

Высокочастотные и сверхвысокочастотные генераторы гармонического сигнала (Г4)

Данные генераторы могут создавать сигналы высоких (от 200 кГц до 300 МГц) и сверхвысоких (более 300 МГц) частот.

Возможно расширение указанных частотных диапазонов в сторону меньших значений.

В высокочастотных генераторах наряду с синусоидальным сигналом предусмотрено получение амплитудно-модулированного (АМ) и частотно-модулированного (ЧМ) сигналов (пример АМ сигнала см. в табл. 7.1) посредством использования внутреннего

(с частотой 400 или 1 000 Гц) или внешнего источника напряжения. Если на лицевой панели генератора не указана модулирующая частота, значит, она равна 1 000 Гц. При этом внутренним источником модулирующей частоты является задающий генератор типа RC , а источник несущей частоты реализуется на основе LC -генератора. Колебательная система LC -генераторов состоит из катушки индуктивности (L) и конденсатора (C), и несущая частота колебаний в этом случае определяется формулой

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}. \quad (6.2)$$

Диапазон несущей частоты высокочастотного тока генератора подразделяется на поддиапазоны, число которых может достигать восьми. Каждому такому поддиапазону соответствует конкретное значение индуктивности катушки, а плавная установка частоты обеспечивается одним конденсатором переменной емкости (рис. 6.2). Этот конденсатор снабжен градуированной шкалой плавной установки частоты в мегагерцах. Дискретная установка частоты осуществляется с помощью набора катушек индуктивности.

Установка выходного напряжения синусоидального сигнала осуществляется с помощью декадного переключателя множителя и плавной регулировки (рис. 6.3) При этом выходное синусоидальное напряжение (как и в низкочастотных генераторах) соответствует среднеквадратическому значению.



Рис. 6.2. Пояснение регулировки частоты в LC -генераторе

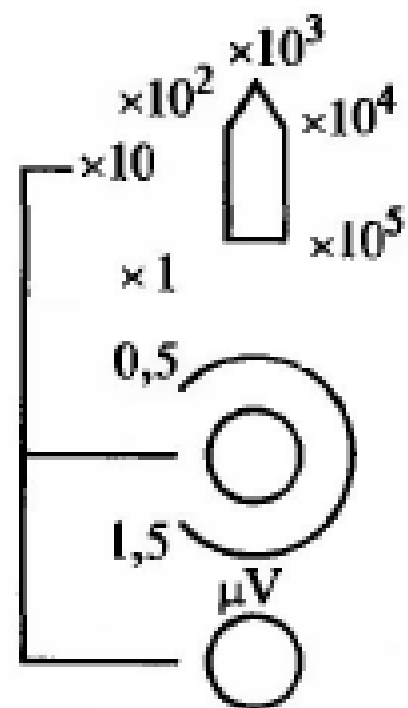


Рис. 6.3. Пояснение регулировки и контроля выходного напряжения в высокочастотном генераторе

Число выходов генератора определяется числом видов сигналов, им вырабатываемых. Если на выходе ГВЧ можно получить два сигнала (например, синусоидальный и АМ), то и выходов у него два.

Для предотвращения излучения высокочастотных колебаний на пользователя в генераторе предусмотрен выключатель выхода или металлическая заглушка.

Импульсные (релаксационные) генераторы (Г5)

Наиболее распространены генераторы периодической последовательности прямоугольных импульсов, параметры которых (амплитудное значение напряжения U_m , частота выходного сигнала F , время импульса t_n , время задержки t_z и скважность $q = T/t_n$, где T — период следования сигнала) регулируются в широких пределах.

Импульсные генераторы являются источником двух видов сигналов: основных — импульсов прямоугольной формы положительной и отрицательной полярностей, и дополнительных — импульсов синхронизации (рис. 6.4).

Упрощенная структурная схема импульсного генератора представлена на рис. 6.5.

Вольтметр, контролирующий выходное напряжение генератора, показывает его амплитудное значение U_m .

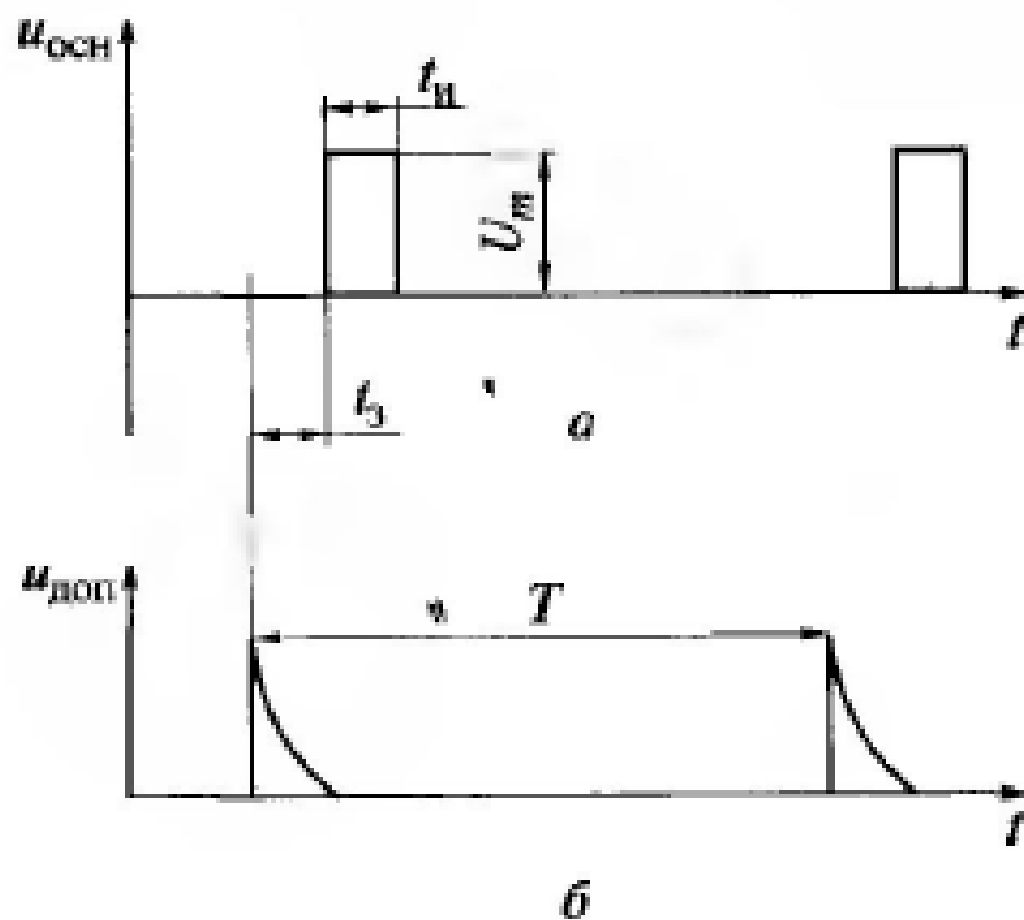


Рис. 6.4. Временные диаграммы сигналов импульсного генератора:
a — основных импульсов; *б* — синхронизирующих импульсов

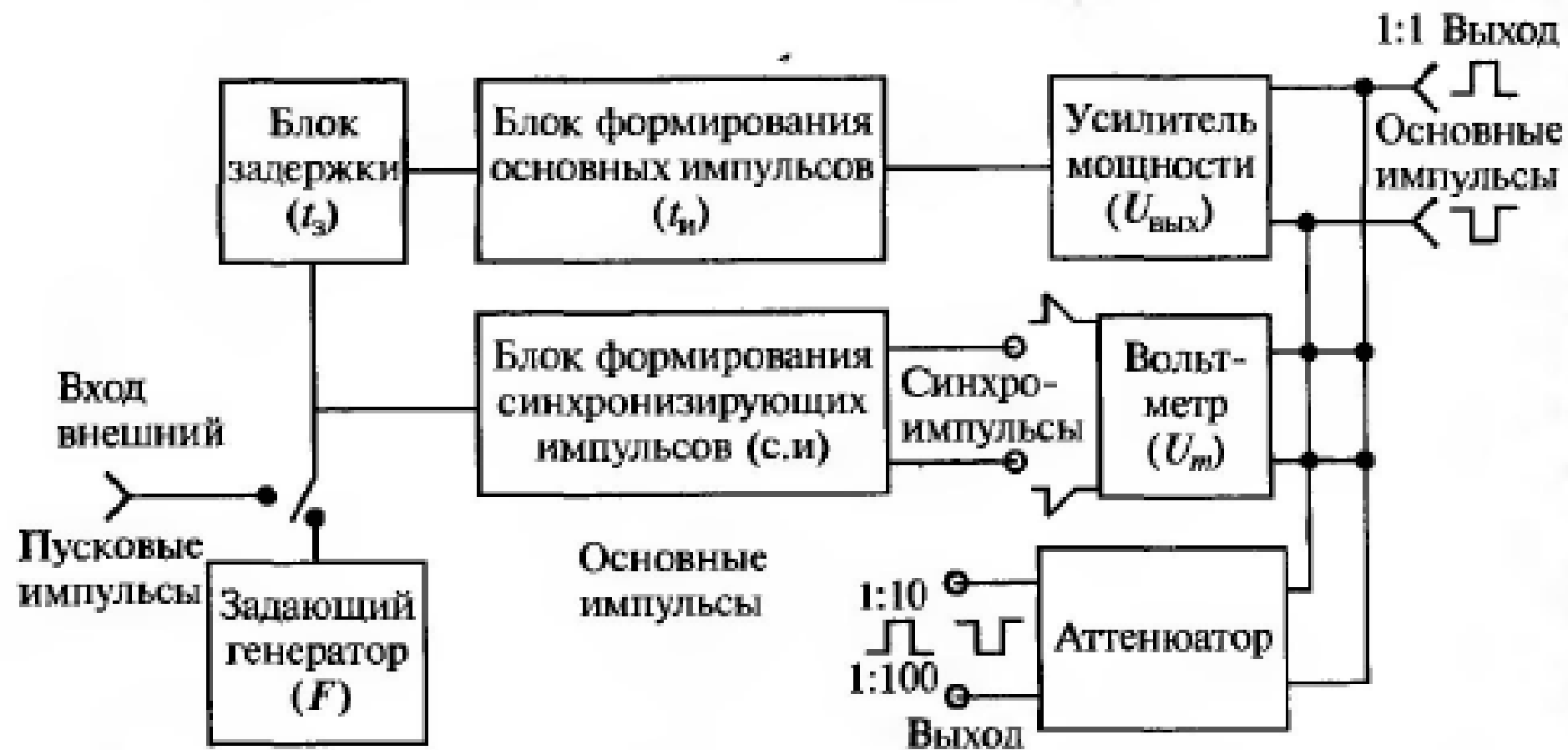


Рис. 6.5. Структурная схема импульсного генератора

Примеры решения задач

Пример 6.1. По изображению лицевой панели генератора ГЗ-109, показанной на рис. 6.6, требуется определить форму вырабатываемого им сигнала.

Решение. Форма сигнала на лицевой панели генератора ГЗ-109 не указана, следовательно, он является источником синусоидальных колебаний.

Пример 6.2. Требуется определить частотный диапазон генератора ГЗ-109.

Решение. По проградуированной шкале плавной установки частоты (см. рис. 6.6) определяем значения минимальное — 20 Гц и максимальное — 200 Гц.

Переключатель «Множитель частоты» имеет минимальное значение 1 и максимальное — 10^3 .

Таким образом, минимальная частота $F_{\min} = 20 \text{ Гц} \times 1 = 20 \text{ Гц}$, а максимальная $F_{\max} = 200 \text{ Гц} \times 10^3 = 200 \text{ кГц}$.

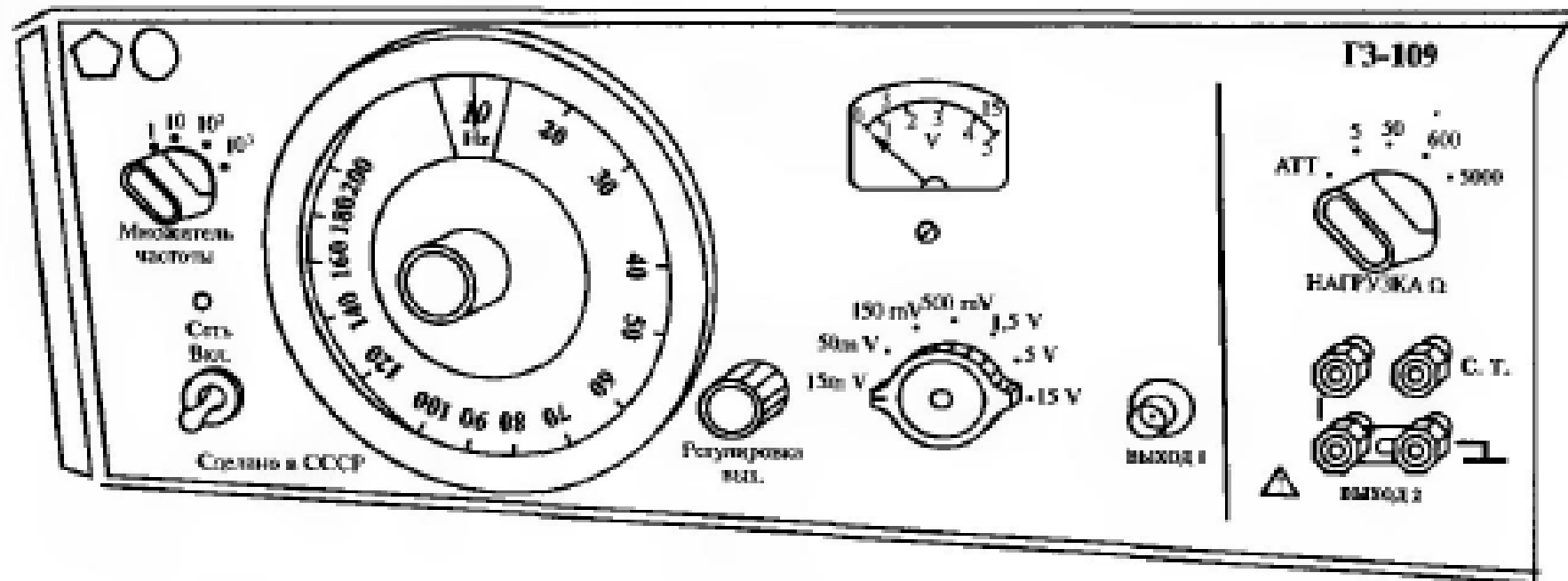


Рис. 6.6. Лицевая панель генератора ГЗ-109

Пример 6.3. По изображению лицевой панели требуется определить полное название генератора ГЗ-109.

Решение. Генератор электронный аналоговый звуковых и ультразвуковых частот.

Пример 6.4. Требуется определить диапазон установки выходного напряжения генератора ГЗ-109.

Решение. Определение пределов измерения (или установки) выходного напряжения подробно рассматривалось в гл. 3 и 5, откуда $U_{\text{вых}} = 3 \text{ мВ} \dots 15 \text{ В}$.

Пример 6.5. Требуется определить, какие органы управления в какое положение необходимо установить для получения на выходе генератора ГЗ-109 сигнала $u(t) = 10 \sin(6,28 \cdot 10^3 \text{ Гц})t$.

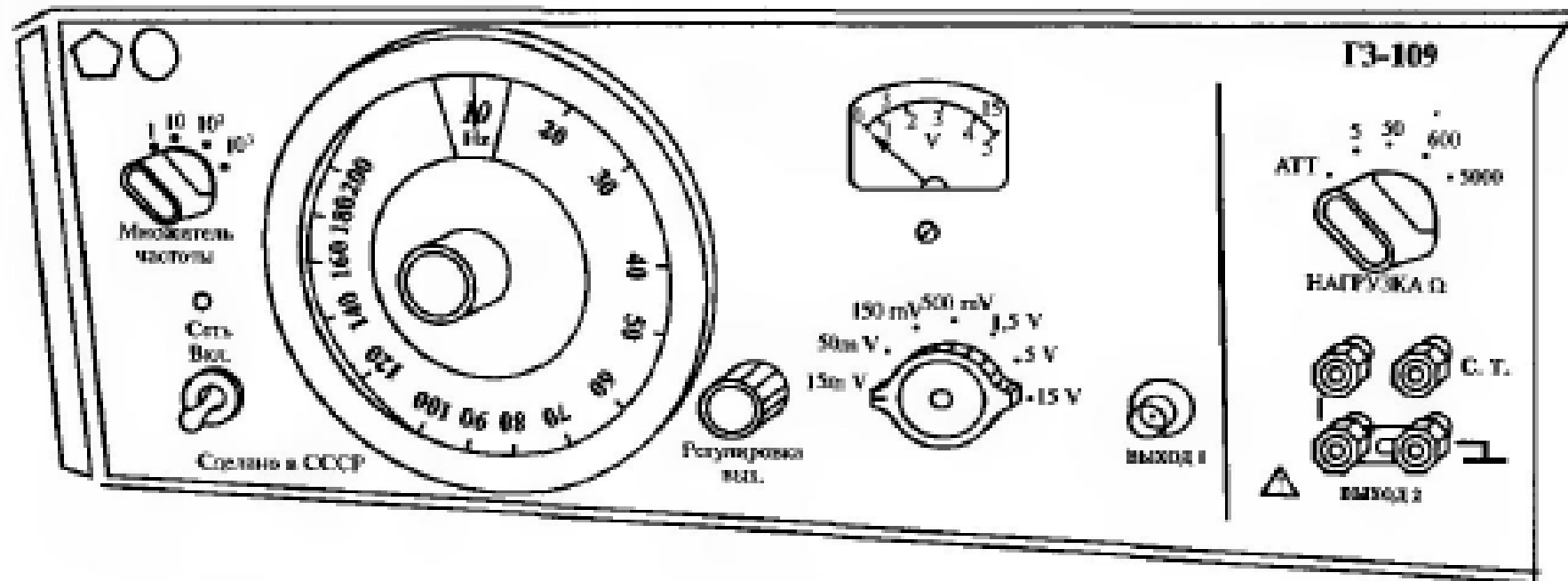


Рис. 6.6. Лицевая панель генератора ГЗ-109

Решение. Заданное уравнение описывает сигнал, имеющий синусоидальную форму. Общий вид уравнения $u(t) = U_m \sin \omega t$.

Следовательно, амплитуда синусоидального сигнала $U_m = 10 \text{ В}$, а угловая частота $\omega = 6,28 \cdot 10^3 \text{ Гц}$.

Известно, что вольтметр генератора показывает среднеквадратическое значение синусоидального напряжения, для нахождения которого используется зависимость $U \approx 0,7 U_m$, т.е. $0,7 \cdot 10 \text{ В} = 7 \text{ В}$.

Для установки на генераторе напряжения 7 В необходимо переключателем пределов его вольтметра выбрать предел 15 В , а ручкой плавной регулировки «Регулировка вых.» установить стрелку индикатора по верхней шкале вольтметра на отметку, соответствующую значению 7 В .

На генераторах всех типов устанавливается не угловая частота ω , а линейная частота F . На основании известной зависимости $\omega = 2\pi F$, находим

$$F = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{6,28 \cdot 10^3 \text{ Гц}}{2 \cdot 3,14} = 1\,000 \text{ Гц}.$$

Совместив на генераторе ручкой плавной регулировки частоты визир с цифрой 100 и установив переключатель «Множитель частоты» в положение 10, на выходах генератора ГЗ-109 получим сигнал синусоидальной формы с напряжением 7 В и частотой 1 000 Гц.

В практике радиотехнических измерений сигнал может быть задан не уравнением, а графически. Рассмотрим соответствующий пример.

Пример 6.6. Требуется определить, какие органы управления в какое положение следует установить для получения на выходе генератора ГЗ-109 сигнала вида, представленного на рис. 6.7.

Решение. Из рис. 6.7 сделаем выборку заданных параметров синусоидального сигнала: $U_m = 5$ В. Тогда $U = 0,7 \cdot 5$ В = 3,5 В.

Переключатель пределов вольтметра генератора (см. рис. 6.6) установим на отметку 5 В, а стрелку вольтметра ручкой «Регулировка вых.» — по нижней шкале на отметку, соответствующую 3,5 В.

По рис. 6.7 определим период повторения синусоидального сигнала $T = (7,5 - 2,5)$ мс = 5 мс = $5 \cdot 10^{-3}$ с.

Рассчитаем частоту повторения сигнала

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3} \text{ с}} = 200 \text{ Гц.}$$

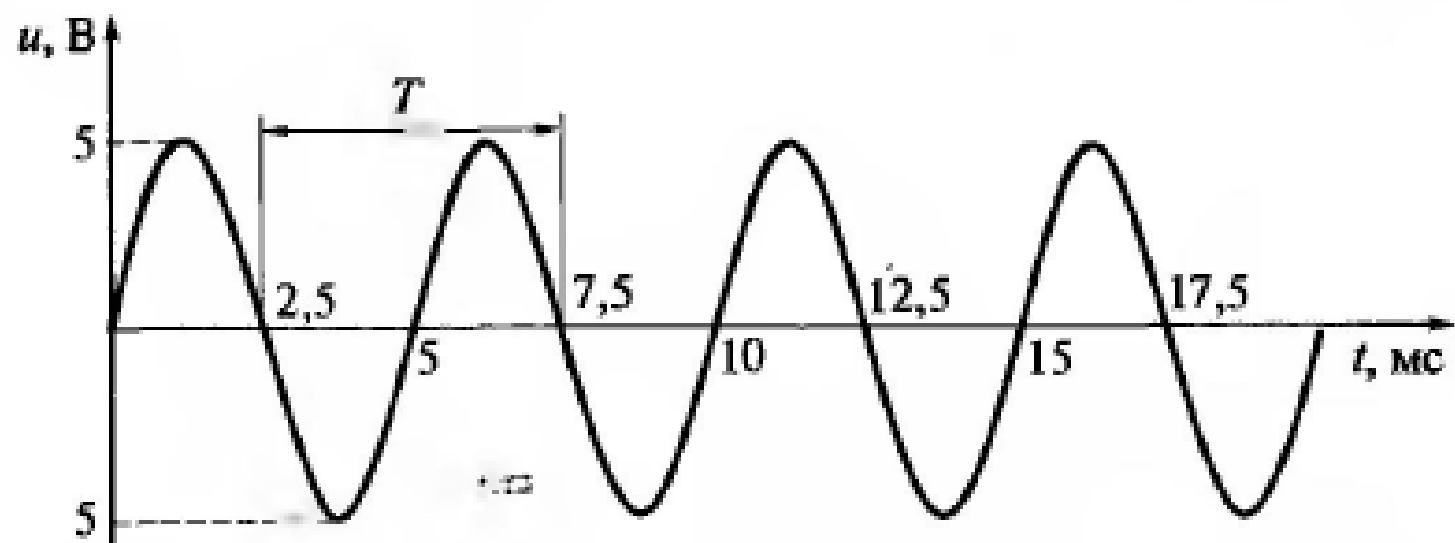


Рис. 6.7. Синусоидальный сигнал с заданными параметрами к примеру 6.6

Следовательно, для получения требуемого сигнала визир плавной установки частоты (см. рис. 6.6) следует совместить с цифрой 200, а переключатель «Множитель частоты» установить в положение 1.

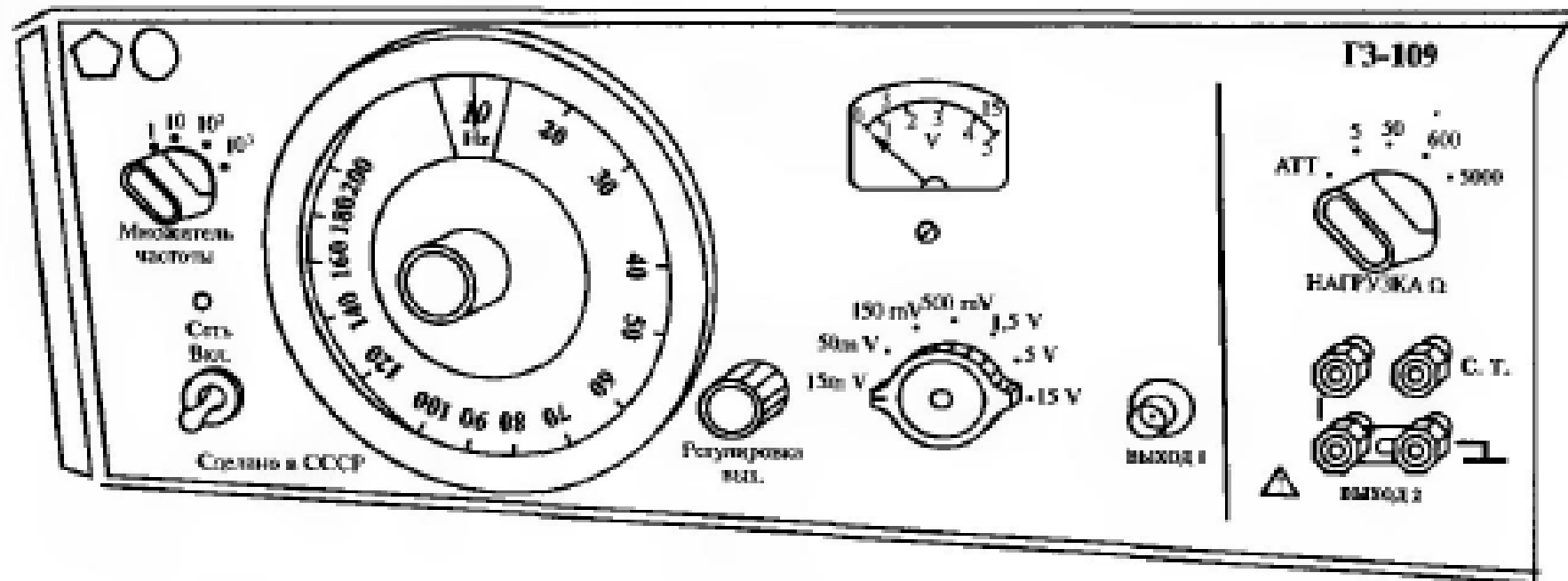


Рис. 6.6. Лицевая панель генератора ГЗ-109

Пример 6.7. Требуется рассчитать погрешности установки значений частоты и напряжения, найденных в примере 6.6, если в паспорте на генератор ГЗ-109 указаны класс точности вольтметра $\pm 4,0\%$ и формула для расчета абсолютной погрешности $\Delta_F = \pm(0,02F + 1)$ Гц.

Решение. Для определения относительной действительной погрешности установки напряжения 3,5 В используем формулу (2.4):

$$\gamma_{дU} = \gamma_{пр} \frac{U_{ном}}{U} = \pm 4\% \frac{5 \text{ В}}{3,5 \text{ В}} = 5,7\%.$$

Для определения относительной действительной погрешности установки частоты 200 Гц используем формулу (2.2), предварительно рассчитав абсолютную погрешность установки этой частоты:

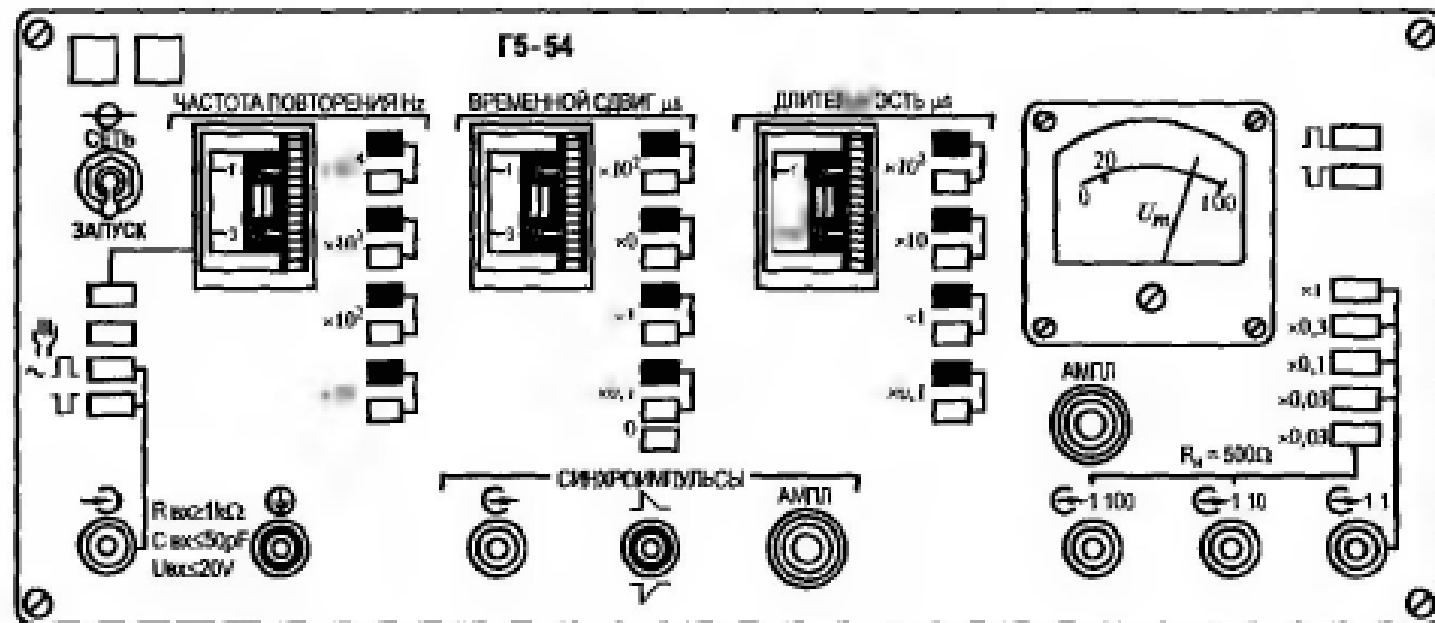
$$\Delta_F = \pm(0,02 \cdot 200 \text{ Гц} + 1) = \pm 5 \text{ Гц};$$

$$\gamma_{дF} = \frac{\Delta_F}{F} 100 = \frac{\pm 5 \text{ Гц} \cdot 100\%}{200 \text{ Гц}} = \pm 2,5\%$$

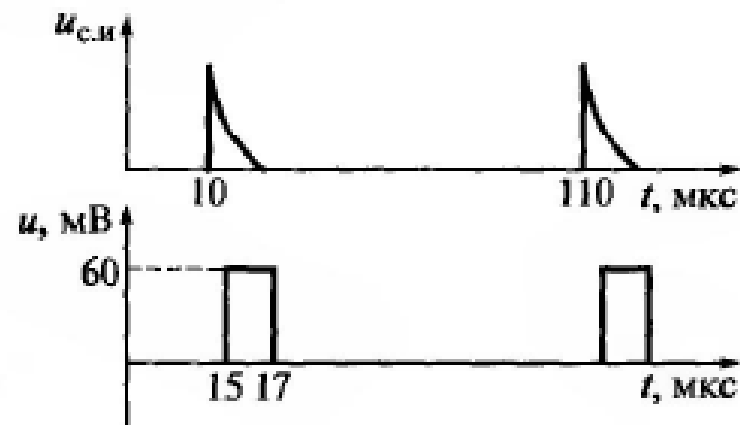
Пример 6.8. Требуется определить границы установки напряжения генератора ГЗ-109 при включенном пределе измерения вольтметра 500 mV.

Решение. Используем нижнюю шкалу вольтметра генератора. Коэффициент шкалы в этом случае равен 100. Первая цифра на данной шкале — 1, умножив ее на $K_{ш}$, получим $U_{\min} = 100$ мВ, а умножив последнюю цифру этой шкалы 5 на $K_{ш}$, получим $U_{\max} = 500$ мВ.

Пример 6.9. Требуется определить, какие органы управления в какое положение следует установить для получения на выходе генератора Г5-54, лицевая панель которого показана на рис. 6.8, а, сигнала с заданными на рис. 6.8, б параметрами.



а



б

Рис. 6.8. Лицевая панель генератора Г5-54 (а) и заданные параметры его выходного сигнала (б)

Решение. По рис. 6.8, б найдем значение всех заданных параметров:

$$U_m = 60 \text{ мВ}; \quad t_{\text{и}} = (17 - 15) \text{ мкс} = 2 \text{ мкс};$$

$$T = (110 - 10) \text{ мкс} = 100 \text{ мкс}; \quad t_3 = (15 - 10) \text{ мкс} = 5 \text{ мкс}.$$

Для обеспечения на выходе генератора амплитудного напряжения 60 мВ необходимо ручкой «Ампл.» плавной регулировки U_m установить стрелку индикатора на значение 20, на блоке ступенчатого переключателя выходного напряжения нажать кнопку $\times 0,03$ и снять сигнал с выходного разъема 1 : 10.

Проверим правильность установки напряжения:

$$U_m = \frac{20 \text{ В} \cdot 0,03}{10} = 0,06 \text{ В} = 60 \text{ мВ}.$$

Для установки длительности импульса 2 мкс ручкой плавной регулировки следует совместить визир в белой части шкалы «Длительность μs » с цифрой 2 и нажать белую кнопку $\times 1$.

Для установки периода повторения импульсов 100 мкс следует рассчитать его частоту:

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{100 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 10 \text{ кГц.}$$

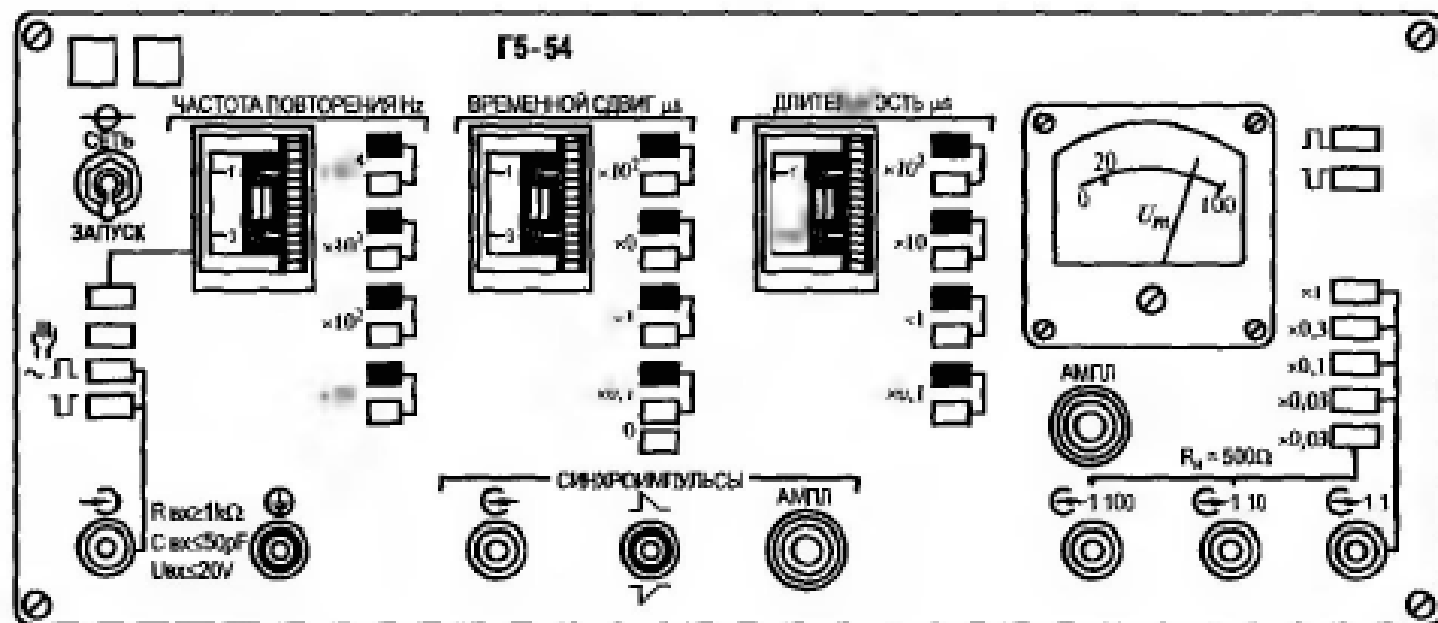
Затем ручкой плавной регулировки импульсов следует совместить визир с цифрой 10 в черной части шкалы «Частота повторения Hz» и нажать черную кнопку $\times 10^3$.

Для установки заданного временного сдвига 5 мкс следует ручкой плавной регулировки совместить визир с цифрой 5 в черной части шкалы «Временной сдвиг μs » и нажать черную кнопку $\times 1$.

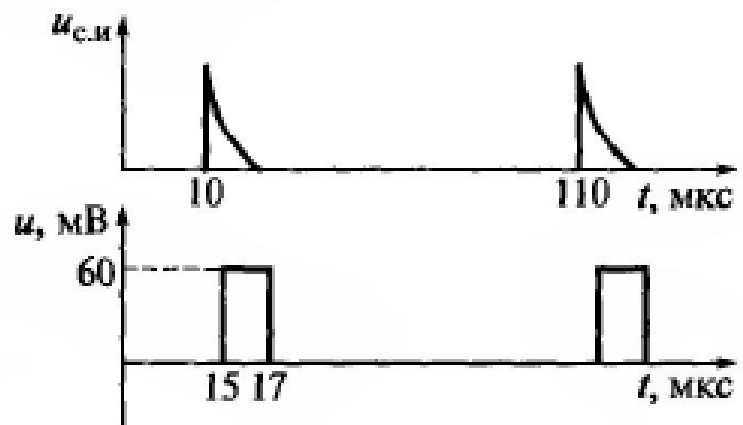
Теперь кнопочным тумблером установить заданную положительную полярность основных импульсов и синхроимпульсов.

Пример 6.10. Требуется определить полное название прибора по лицевой панели, изображенной на рис. 6.8, а.

Решение. Импульсный генератор электронный аналоговый.



а



б

Рис. 6.8. Лицевая панель генератора Г5-54 (а) и заданные параметры его выходного сигнала (б)