

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
“Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет “ЛЭТИ”
им. В.И. Ульянова (Ленина)” (СПбГЭТУ)

Кафедра теоретических основ радиотехники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторной работы по дисциплине
“Приборы и техника радиоизмерений”

ИЗМЕРЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Санкт-Петербург

2018 г.

ИЗМЕРЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

В пр лабораторной работе исследуются амплитудные характеристики радиоэлектронных устройств, определяются коэффициенты нелинейных искажений и гармоник. Программа работы включает измерение амплитудной характеристики активного фильтра, расчет по ней зависимости коэффициента гармоник от амплитуды входного сигнала, измерение коэффициента гармоник фильтров цифровыми автоматизированными приборами на разных частотах.

Способы исследования амплитудных характеристик

Многие радиоэлектронные устройства (усилители, активные фильтры и пр.) применяют для линейного преобразования сигналов (увеличения или уменьшения уровня, изменения спектральных характеристик сигнала и др.). Однако эти устройства могут считаться линейными лишь приближенно, в определенном диапазоне амплитуд входного сигнала. Увеличение амплитуды выше этого диапазона приводит к искажениям формы сигнала на выходе устройства. Эти искажения называют *нелинейными*. Они вызывают ряд нежелательных явлений: ухудшают разборчивость речи в системах связи и качество музыкальных радиопередач, приводят к увеличению погрешностей измерительных приборов, создают помехи радио - и телеприему. Уменьшения нелинейных искажений (НИ) достигают правильным выбором режимов работы элементов радиоаппаратуры, использованием отрицательной обратной связи и схем компенсации нежелательных гармоник. Для контроля эффективности этих мер необходимо исследовать амплитудные характеристики радиоэлектронных устройств и дать количественную оценку нелинейных искажений.

Амплитудной характеристикой (АХ) устройства называют зависимость между мгновенными значениями выходного и входного напряжений в один и тот же момент времени. АХ линейного устройства представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат; АХ квазилинейного устройства – кривую, имеющую линейный участок при малых значениях сигнала (рис. 6.1).

Для измерения АХ необходимо, подавая на вход меняющееся во времени напряжение, измерять мгновенные значения сигнала на выходе. Форма напряжения при этом особой роли не играет. В большинстве случаев используют гармоническую форму сигнала. Тогда чаще всего АХ получают, измеряя отношение амплитуд выходного и входного колебаний. Осцилло-

грамму АХ и ее измерение проводят с помощью установки, показанной на рис. 6.2, а.

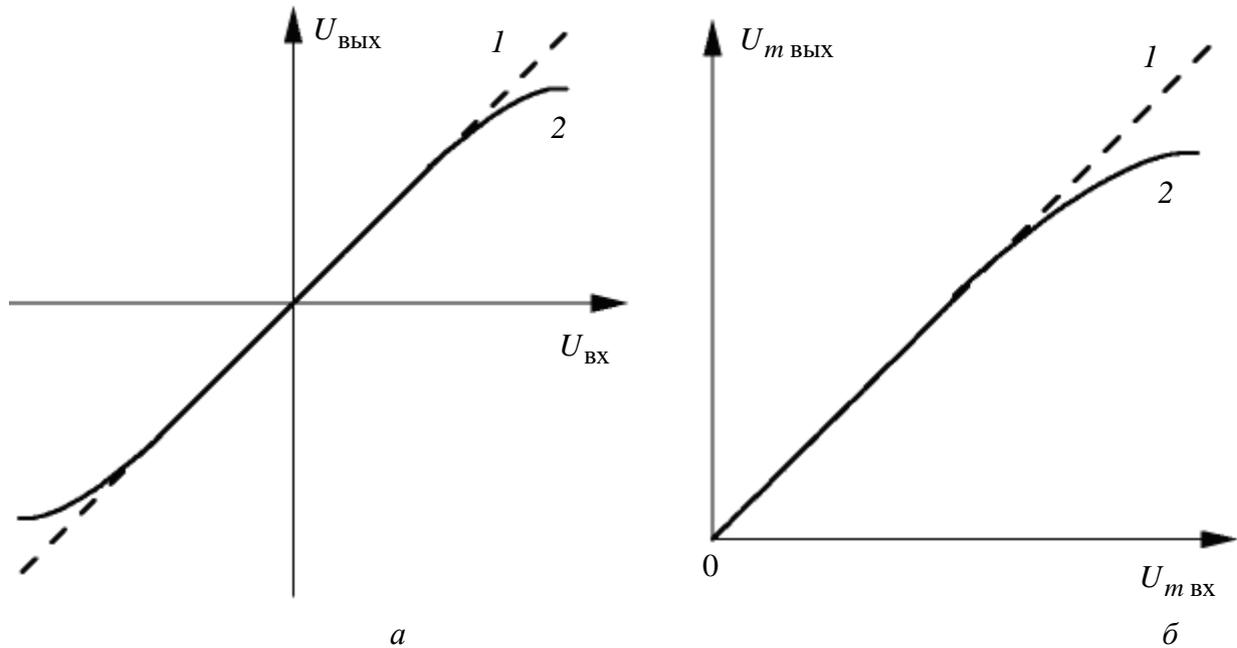


Рис. 6.1. Амплитудные характеристики. Зависимости между:

а – мгновенными значениями; б – амплитудами напряжений;

1 – линейное устройство; 2 – квазилинейное устройство

Генератор гармонических колебаний настраивают на частоту в пределах рабочей полосы исследуемого устройства. Напряжения $u_{ВХ}$ и $u_{ВЫХ}$ подают соответственно на входы X и Y осциллографа. Генератор линейной развертки отключают (режим $X-Y$). Тогда отклонение луча по оси X пропорционально мгновенным значениям $u_{ВХ}$, а по оси Y – мгновенным значениям $u_{ВЫХ}$. При отсутствии фазовых сдвигов между входным и выходным сигналами на экране осциллографа появится изображение АХ. Для измерения значений АХ в отдельных точках используют метод калиброванных шкал.

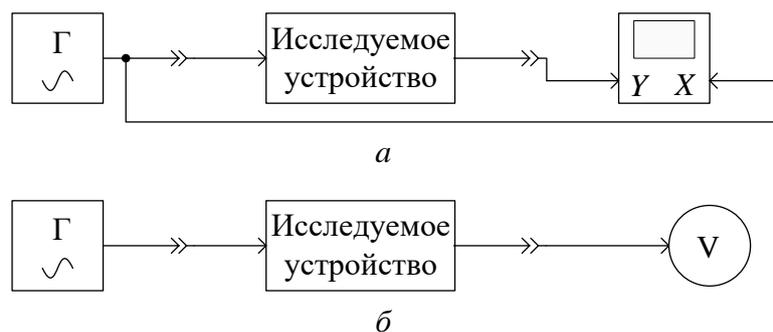


Рис. 6.2. Структурные схемы установок для измерения амплитудных характеристик: а – с помощью осциллографа; б – с помощью вольтметра

Большинство радиоэлектронных устройств вносят фазовый сдвиг. Для них измерение АХ с помощью осциллографа указанным способом затруднено – на экране вместо линии АХ появляется искаженная фигура Лиссажу (эллипс). В этом случае амплитудную характеристику измеряют с помощью генератора гармонических сигналов и вольтметра (рис. 6.2, б).

АХ не дает полных сведений о характере нелинейных искажений в устройстве, но позволяет определить степень отклонения от линейного режима, установить допустимые пределы изменения амплитуды входного сигнала.

Измерение нелинейных искажений

Нелинейность устройства вызывает гармонические и интермодуляционные НИ. *Гармонические НИ* появляются при подаче на вход нелинейного устройства гармонического напряжения. При этом спектр выходного напряжения наряду с колебанием основной частоты содержит высшие гармоники кратной частоты. *Интермодуляционные НИ* появляются при одновременном воздействии на вход нелинейного устройства гармонических напряжений с разными частотами. Они характеризуются образованием комбинационных частот в спектре выходного напряжения.

Гармонические НИ характеризуют *коэффициентом гармоник*:

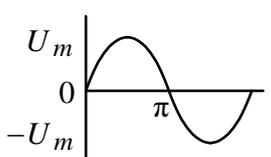
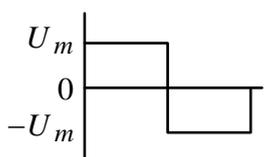
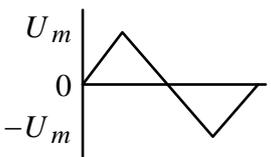
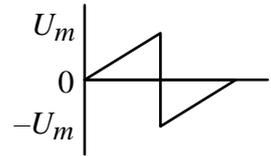
$$K_2 = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}}{U_1}, \quad (6.1)$$

где $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$ – среднеквадратические значения соответствующих гармоник на выходе исследуемого устройства. Расчет коэффициента гармоник для известной формы сигнала удобно делать по следующему очевидному соотношению

$$K_2 = \frac{\sqrt{U^2 - U_0^2 - U_1^2}}{U_1} = \sqrt{2 \cdot \left(\frac{U^2 - U_0^2}{U_{m1}^2} \right) - 1}, \quad (6.2)$$

где U_0 – постоянная составляющая сигнала, U – его среднеквадратическое значение, U_{m1} – амплитуда первой гармоники. Коэффициенты гармоник для стандартных форм сигнала можно рассчитать, используя известные коэффициенты амплитуды K_a и значения амплитуды первой гармоники (табл. 6.1):

Таблица 6.1

Форма сигнала	Параметры сигнала			
	U	U_{m1}	U_0	K_a
	$0.707U_m$	U_m	0	1.414
	U_m	$\frac{4}{\pi}U_m$	0	1
	$0.5777U_m$	$\frac{8}{\pi^2}U_m$	0	1.733
	$0.577U_m$	$\frac{2}{\pi}U_m$	0	1.733

Коэффициент гармоник измеряют, определив амплитуды гармоник с помощью анализатора спектра. Этот метод используют, в основном, на высоких частотах. В диапазоне низких частот его применять трудно из-за недостаточной разрешающей способности спектроанализаторов. Здесь используют специализированные приборы, называемые *измерителями нелинейных искажений* (ИНИ). Упрощенная структурная схема ИНИ приведена на рис. 6.3.

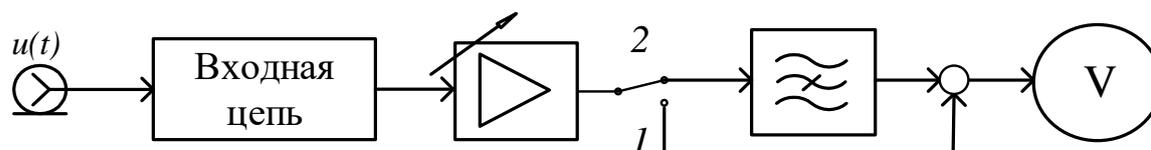


Рис. 6.3. Упрощенная структурная схема измерителя нелинейных искажений:

1 — калибровка; 2 — измерение

Прибор состоит из входной цепи, которая включает разделительный конденсатор и аттенюатор, широкополосного усилителя с регулируемым коэффициентом усиления, узкополосного режекторного фильтра, предназначенного для подавления первой гармоники сигнала, и электронного вольтметра среднеквадратических значений. Прибор использует метод узкополосной фильтрации, состоящий в подавлении первой гармоники и измерении среднеквадратического значения совокупности высших гармоник.

Измерение K_r производят следующим образом. На вход ИНИ подают исследуемый сигнал. Переключатель ставят в положение 1 (режим КАЛИБРОВКА) и регулировкой коэффициента усиления добиваются показаний вольтметра, принимаемых за 100 %. Затем ставят переключатель в положение 2 – ИЗМЕРЕНИЕ. Перестраивая по частоте режекторный фильтр, подавляют первую гармонику сигнала. Настройка фильтра контролируется по минимальному показанию вольтметра, соответствующему сумме напряжений только высших гармоник. Благодаря произведенной ранее калибровке показания вольтметра пропорциональны отношению суммарного среднеквадратического напряжения высших гармоник к среднеквадратическому напряжению полного сигнала:

$$K_{НИ} = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}}. \quad (6.3)$$

Это выражение определяет *коэффициент нелинейных искажений* (КНИ или THD - Total Harmonic Distortion). Он связан с коэффициентом гармоник (6.1) простыми соотношениями:

$$K_2 = \frac{K_{НИ}}{\sqrt{1 - K_{НИ}^2}}, \quad K_{НИ} = \frac{K_2}{\sqrt{1 + K_2^2}}. \quad (6.4)$$

При малых искажениях K_r и КНИ практически совпадают. Шкалу вольтметра градуируют в значениях K_r или КНИ [%].

Цифровые ИНИ используют такой же метод, но для измерения среднеквадратического значения высших гармоник применяют цифровой вольтметр (обычно вольтметр двойного интегрирования с квадратичным детектором). Автоматические приборы используют различные способы настройки режекторного фильтра и калибровки.

Цифровой измеритель нелинейных искажений СК6-13



Автоматизированный цифровой прибор СК6-13 предназначен для измерения коэффициента гармоник и среднеквадратического значения напряжения. Он состоит из измерителя нелинейных искажений и перестраиваемого синхронно с ним генератора гармонического сигнала. Прибор СК6-13 обеспечивает автоматическое и ручное переключение пределов измерения, возможность запоминания значений частоты и напряжения генератора, вывод результата измерения на печать.

Основные технические характеристики прибора СК6-13:

1. Диапазон рабочих частот: при измерении коэффициента гармоник – от 10 Гц до 120 кГц; при измерении напряжения – от 10 Гц до 600 кГц.
2. Диапазон измерения коэффициента гармоник 0.003...100 %.
3. Диапазон измерения среднеквадратического значения напряжения от 100 мкВ до 100 В в частотном диапазоне от 10 Гц до 600 кГц.
4. Входное сопротивление прибора 15 кОм в режиме измерения $K_{\text{Гарм}}$ и не менее 500 кОм в режиме измерения напряжения.
5. Диапазон установки напряжения встроенного генератора от 1 мВ до 9.99 В, выходное сопротивление $R_{\text{ВЫХ}} = 600 \text{ Ом}$.
6. Метрологические характеристики прибора:
основная относительная погрешность измерения коэффициент гармоник $\pm(0.01K_{\text{Гарм}} + 0.02...0.07) \%$;
основная погрешность измерения напряжения $\pm(0.025U_x + 1 \cdot 10^{-5}) \text{ В}$;

погрешность установки частоты генератора $\pm 0.01f$, напряжения генератора – $\pm(0.03U_{Г} + 1 \cdot 10^{-4})$ В;

Коэффициент гармоник встроенного генератора составляет 0.002...0.004 % в диапазоне частот от 100 Гц до 20 кГц и не хуже 0.02 % в диапазоне 20...120 кГц.

Прибор состоит из трех блоков – измерителя, генератора и микропроцессорной системы (рис. 6.4):

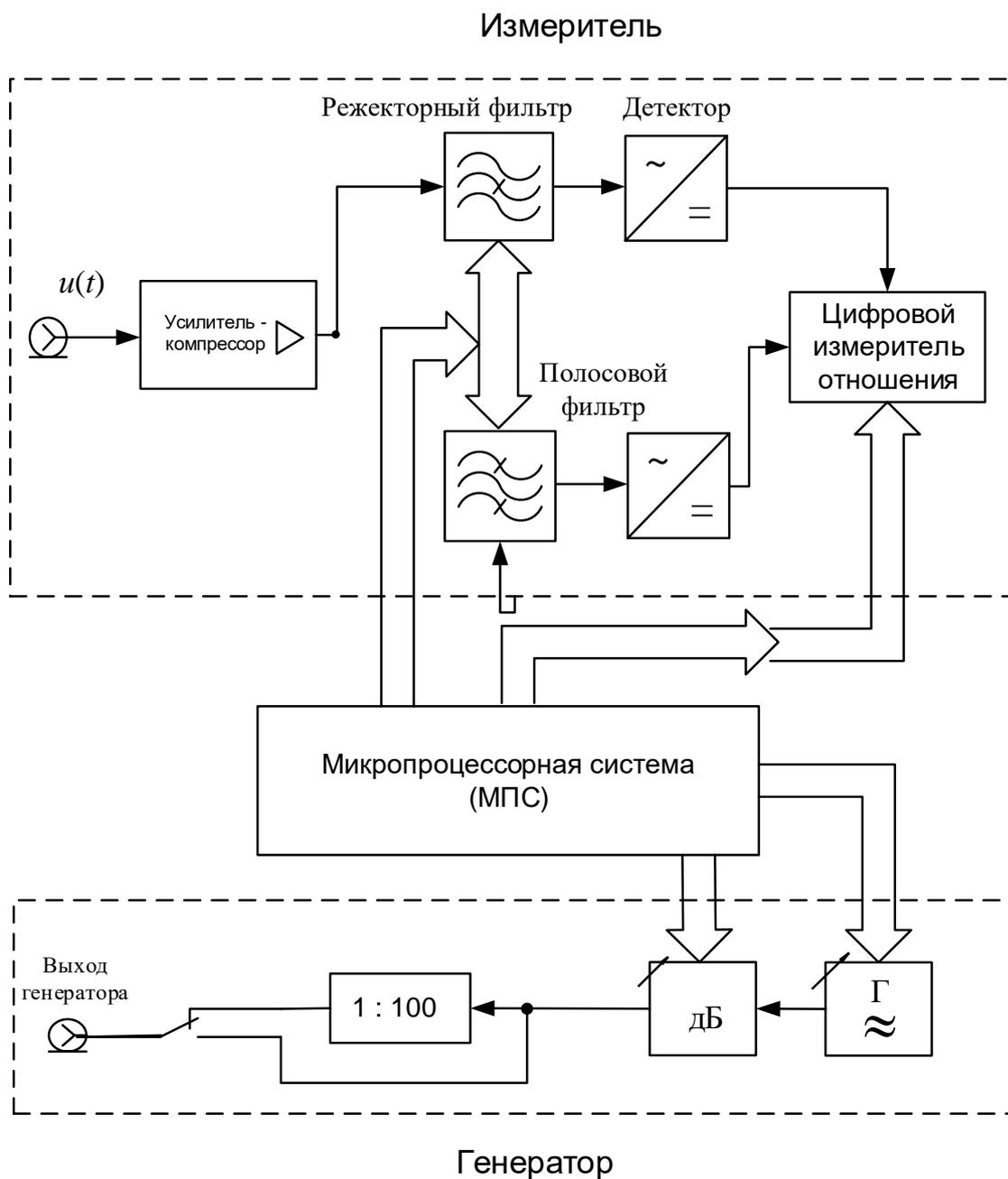


Рис. 6.4. Структурная схема измерителя коэффициента гармоник

В режиме измерения коэффициента гармоник $K_{\text{гарм}}$ сигнал с входа измерителя поступает на масштабный усилитель-компрессор. Он ограничивает динамический диапазон сигнала с 60 до 6 дБ, т.е. при изменении уровня входного сигнала от 0.1 до 100 В уровень выходного сигнала усилителя поддерживается в пределах 0.85...2.25 В. Это снижает искажения, вносимые самим прибором, упрощает работу блоков фильтрации и конструкцию АЦП цифрового вольтметра.

Далее сигнал поступает на вход режекторного фильтра, построенного на основе трех RC-звеньев с коммутацией резистивных и емкостных матриц. Этот фильтр удаляет (подавляет) из сигнала первую гармонику, оставляя высшие гармоники без изменения. Настройка режекторного фильтра производится микропроцессором тем же кодом, что и перестройка генератора. Тем самым обеспечивается точная настройка фильтра на частоту входного сигнала.

С выхода фильтра сигнал подается на калиброванный дискретный аттенюатор. Он позволяет переключать диапазоны измерения. Преобразователь (детектор) среднеквадратического значения формирует постоянное напряжение, измеряемое цифровым вольтметром постоянного тока. Используется аналого-цифровой преобразователь (АЦП) двойного интегрирования.

Для вычисления коэффициента гармоник согласно (6.1) требуется сигнал суммы высших гармоник нормировать к уровню первой гармоники. Для этого в приборе предусмотрен блок выделения сигнала первой гармоники. Он включает в себя полосовой фильтр и линейный детектор (выпрямитель). Постоянное напряжение, пропорциональное уровню первой гармоники, подается в качестве опорного на АЦП цифрового вольтметра. При этом АЦП вырабатывает код, равный отношению среднеквадратической суммы высших гармоник к уровню первой гармоники.

В режиме измерения напряжения V входной сигнал подается непосредственно на вольтметр. В качестве опорного в АЦП используется его собственный образцовый источник постоянного напряжения.

Генератор прибора представляет собой функциональный генератор с цифровым управлением. Частота генератора регулируется переключением матрицы конденсаторов и резистивной матрицы делителя напряжения, уровень выходного напряжения – дискретным аттенюатором с цифровым управлением. Для получения малых значений выходного напряжения (до

100 мВ) предусмотрен дополнительный делитель напряжения 1:100, включаемый вручную.

Управляющая часть прибора представляет собой микропроцессорную систему, реализующую:

- прием и обработку команд с клавиш управления прибором;
- управление работой цифрового вольтметра;
- перестройку частоты генератора и режекторного фильтра;
- переключение пределов измерения в ручном или автоматическом режимах;
- индикацию результатов измерения на цифровом табло.

Микропроцессорный измеритель нелинейных искажений АКИП-4501

Автоматизированный цифровой измеритель нелинейных искажений АКИП-4501 предназначен для измерения коэффициента нелинейных искажений, напряжения и частоты сигналов гармонического вида.

Принцип действия основан на процессе подавления основной гармоники (до 80 дБ) режекторным фильтром (см. рис. 6.3). Измерение среднеквадратического значения суммы высших гармоник затем осуществляется 16-битным АЦП. Коэффициент нелинейных искажений вычисляется и отображается на 4-разрядном цифровом дисплее. Для повышения помехоустойчивости в приборе предусмотрен ФНЧ с частотой среза 100 кГц, который включается переключателем на задней панели прибора.

В приборе имеется выход X-Y для подключения осциллографа. С его помощью контролируется входной сигнал и точность компенсации первой гармоники.

Измеритель имеет функции автоматического переключения диапазона; ручное переключение режимов измерений напряжения и коэффициента нелинейных искажений; отображение измеренного значения напряжения в В, мВ или дБ, отображение измеренного значения коэффициента нелинейных искажений в % или дБ.



Основные технические характеристики прибора АКИП-4501

Частотный диапазон измерений КНИ	от 20 Гц до 20 кГц
Диапазон измерений коэффициента нелинейных искажений в пределах от 20 Гц до 20 кГц	от 0,01% до 50%
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента нелинейных искажений	$\pm(0,1 \cdot K_{ни} + 0,03)\%$ где $K_{ни}$ - измеренное значение коэффициента нелинейных искажений, %
Диапазон измерений частоты входного сигнала	от 10 Гц до 200 кГц
Разрешение при измерении частоты входного сигнала	4 десятичных разряда
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты входного сигнала, Гц	$\pm 2 \cdot k$, где k - значение единицы младшего разряда, Гц
Минимальный уровень сигнала при измерении коэффициента нелинейных искажений и частоты	100 мВ
Диапазон измерений напряжения входного сигнала	от 3 мВз до 300 В
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения входного сигнала, В	$\pm 0,04 \cdot U_{изм}$, где $U_{изм}$ - измеренное значение напряжения входного сигнала, В
Входное сопротивление прибора	100 кОм

Описание лабораторной установки

В данной работе исследуются гармонические нелинейные искажения, возникающие в активных фильтрах. *Активным* называют частотный фильтр, содержащий один или несколько усилительных элементов. Такие фильтры реализуют на основе усилителей с обратными связями. Активные фильтры имеют значительно меньшие габариты и массу по сравнению с пассивными (выполненными на RLC-элементах). Однако они являются ква-

зилинейными устройствами и могут работать лишь в ограниченных диапазонах уровней входных сигналов.

Лабораторный макет содержит два активных фильтра – верхних (ФВЧ) и нижних (ФНЧ) частот. Они подключаются к разъемам ВХОД и ВЫХОД с помощью сдвоенного переключателя. Положение 1 переключателя соответствует включению фильтра нижних частот с частотой среза $f_B = 2.5$ кГц; положение 2 – включению фильтра верхних частот с частотой среза $f_H = 100$ Гц. Положение 3 переключателя позволяет соединить вход и выход макета непосредственно для контроля входного напряжения.

В качестве источника сигналов в работе используется цифровой генератор сигналов специальной формы Gw INSTRON MFC-72120MA. Он обеспечивает различные формы сигналов в частотном диапазоне от 1 мкГц до 20 МГц. Прямой цифровой синтез формы сигнала позволяет получить разрешение по частоте 1 мкГц с погрешностью установки частоты $\pm 2 \cdot 10^{-5}$. Разрядность ЦАП генератора 14 бит; частота дискретизации 200 МГц, размах сигнала (V_p -р) регулируется в пределах 1 мВ...10 В на нагрузке 50 Ом или 2 мВ...20 В в режиме холостого хода (без нагрузки).

Задание и указания к выполнению работы

Измерение амплитудной характеристики активного ФВЧ

Амплитудную характеристику в данной лабораторной работе измеряют с помощью осциллографа. Подключите измерительные приборы к макету в соответствии с рис. 6.5. Используйте непосредственное соединение входа и выхода макета (положение 3 переключателя).

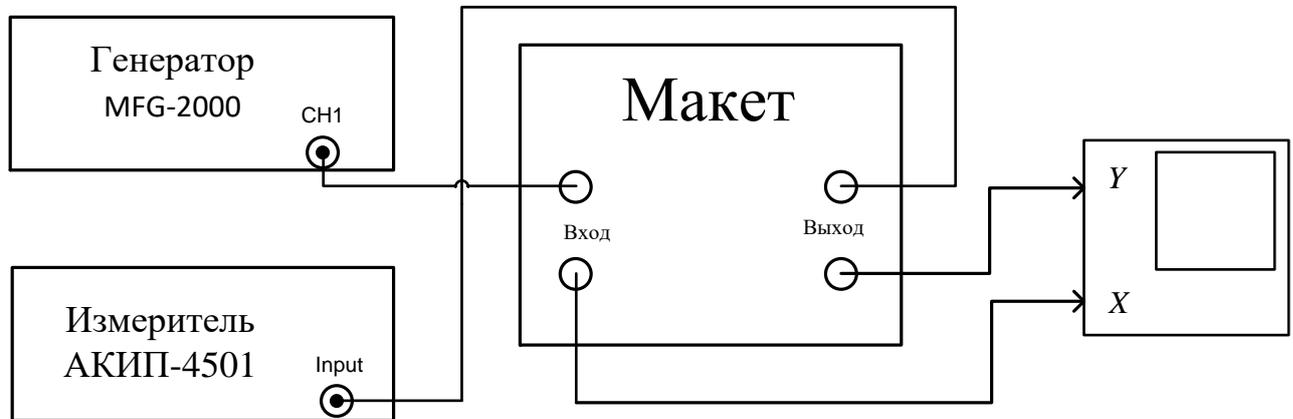


Рис. 6.5. Структурная схема лабораторной установки для измерения амплитудной характеристики

Установите на генераторе режим гармонических сигналов: Waveform - > Sine, частоту Freq -> 1 kHz, амплитуду сигнала генератора $U_{m_r}=10V$ (Ampl -> 10 Vpp). Включите сигнал на выходе генератора CH1.

Отрегулируйте коэффициенты отклонения в каналах осциллографа – они должны быть одинаковыми и равными 2 В/дел. Проверьте установку плавных регуляторов коэффициентов отклонения каналов (должны быть в крайнем правом положении). Поставьте осциллограф в режим коммутации каналов DUAL и регулировкой LEVEL добейтесь неподвижного изображения двух сигналов.

Затем осциллограф поставьте в режим X–Y. Для центровки положения осциллограммы выходное напряжение генератора уменьшите до нуля (отключите выход CH1). На экране осциллографа в режиме X–Y появится светящаяся точка. Регуляторами смещения по осям X и Y установите ее в центр координатной сетки. При включении сигнала генератора вы должны наблюдать прямую линию (см. рис. 6.1, а) под углом 45°. Если это не выполняется, проверьте равенство коэффициентов отклонения каналов осциллографа.

Подключите ФВЧ (положение переключателя 2 на макете). На экране появится изображение амплитудной характеристики ФВЧ. Координаты точек характеристики в делениях масштабной сетки по оси X определяются мгновенными значениями $u_{вх}$, по оси Y – мгновенными значениями $u_{вых}$ в вольтах. Наблюдаемое иногда раздвоение линии изображения вызвано фазовым сдвигом в фильтре. Небольшая разница установленного напряжения генератора $U_{mг}$ и входного напряжения фильтра $U_{mвх}$ объясняется влиянием входного сопротивления ФВЧ.

Для контроля входного напряжения $U_{mвх}$ можно использовать прибор АКПП-4501 в режиме вольтметра среднеквадратических значений (кнопка Volt). Чтобы измерить амплитуду входного сигнала, надо кратковременно переключить макет в положение 3 (непосредственное соединение входа и выхода), определить среднеквадратическое значение напряжения и умножить его на 1.41.

Измерьте амплитудную характеристику по точкам. Для этого, меняя амплитуду сигнала генератора $U_{mг}$ (Vp-p) от 10В до 1 В с шагом 1 В, методом калиброванных шкал измеряйте амплитуды входного и выходного напряжения $U_{mвх}$ и $U_{mвых}$ на экране ЭЛЮ. Этим амплитудам соответствует крайняя правая точка амплитудной характеристики. Результаты измерений занесите в таблицу по форме табл. 6.2. Постройте график амплитудной характеристики ФВЧ $U_{m_{вых}} = f(U_{m_{вх}})$ (см. рис. 6.1, б).

Таблица 6.2

$U_{mг}, В$	1	2	3...10
$U_{m вх}, В$				
$U_{m вых}, В$				

Измерение зависимости коэффициента гармоник выходного сигнала активных фильтров от уровня входного сигнала

Соедините приборы между собой в соответствии с рис.6.6.

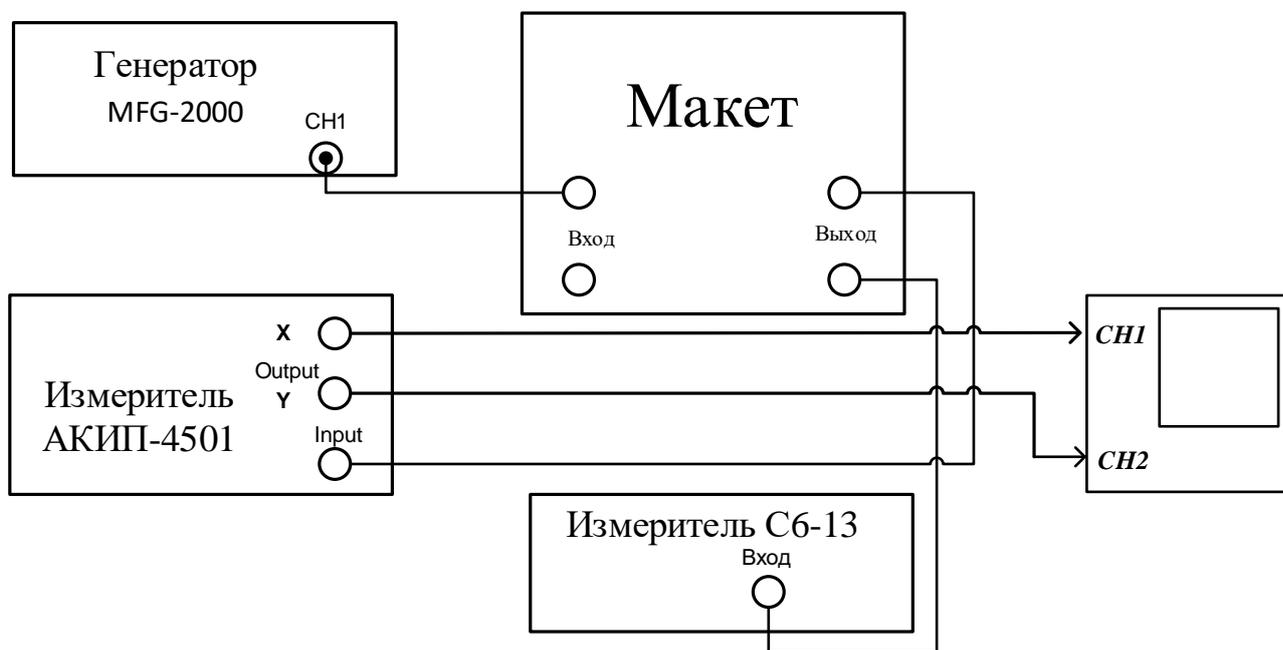


Рис. 6.6. Структурная схема лабораторной установки для измерения КНИ

Для контроля работы режекторного фильтра в приборе АКИП-4501 предусмотрен вывод входного сигнала (выход X) и отфильтрованного сигнала (без первой гармоники – выход Y). Настройте осциллограф на работу с непрерывной разверткой (AUTO) в режиме внутренней синхронизации CH1 (режим X–Y надо отключить). Режим работы коммутатора каналов – DUAL. Используйте поочередный (ALT) или прерывистый (CHOP) режим работы коммутатора каналов Y. При этом по первому каналу будет наблюдаться полный выходной сигнал фильтра, по второму – сигнал высших гармоник.

Включите ФНЧ. Для этого переключатель макета поставьте в положение 1. С помощью прибора АКИП-4501 измерьте значения КНИ, соответствующие амплитудам напряжения генератора $U_{mг} = 1 \dots 10$ В с шагом 1 В. Повторите измерения на частотах 1 и 2 кГц. Для напряжения $U_{mг} = 10$ В зарисуйте осциллограммы напряжений на выходах макета и прибора. Результаты измерений занесите в таблицу по форме табл. 6.3.

Таблица 6.3

$U_{m\text{ вх}}, \text{ В}$	КНИ, %		
	$f = 200 \text{ Гц}$	$f = 1 \text{ кГц}$	$f = 2 \text{ кГц}$

Включите ФВЧ (переключатель макета в положении 2) и проделайте аналогичные измерения зависимостей КНИ для этого фильтра. Результаты занесите в таблицу по форме табл. 6.3. Отдельно для ФНЧ и ФВЧ постройте семейства графиков измеренных зависимостей КНИ от $U_{m\text{ вх}}$, используя в качестве параметра зависимостей частоту входного сигнала.

С помощью прибора СК6-13 проведите измерение коэффициента гармоник на частоте 1 кГц. Установите исходные параметры прибора СК6-13 – частоту 1 кГц и напряжение 1 В. Для выбора частоты нажмите кнопку F и укажите желаемую единицу измерения (кнопка V/kHz). Набор численного значения частоты 1.00 производится с помощью цифровых клавиш. Для установки десятичной точки нажмите кнопку «,». Если точка не устанавливается, то необходимо стереть набранные значения кнопкой «x» и повторить ввод заново. Установку выходного напряжения генератора производят после нажатия кнопки V, единицу измерения (милливольт или вольт) выбирают кнопками mV/Hz и V/kHz. Кнопки ПАМЯТЬ и ▲ должны быть неактивны, внутренние фильтры измерителя ФНЧ, ФВЧ должны быть выключены.

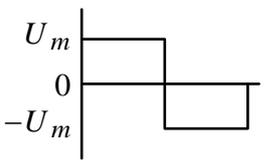
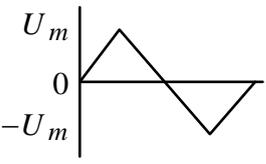
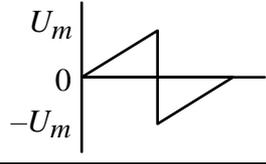
Для измерения коэффициента гармоник нажмите кнопку K_r . Выберите вручную необходимый предел K_r . Можно использовать автоматический режим настройки прибора. На табло K_r прибора СК6-13 появится показание, указывающее значение K_r в процентах. Устойчивые показания на табло K_r свидетельствуют о завершении измерения. Проведите измерение коэффициента гармоник в диапазоне амплитуд 1..10 В, результаты занесите в таблицу. Сравните результаты с полученными данными КНИ для ФВЧ на частоте 1 кГц. Постройте график их зависимостей от напряжения входного сигнала.

**Измерение коэффициента гармоник сигналов генератора
сложной формы**

Измерьте КНИ сигналов генератора МФС-72120МА. Используйте непосредственное соединение входа и выхода макета (положение 3 переключателя).

Установите амплитуду сигналов 10 В, частоту 1 кГц и включите форму сигнала «меандр» - Square. Измерьте коэффициент нелинейных искажений для этого сигнала прибором АКПП-4601 и Кг прибором С6-13. Повторите измерения для треугольного (Triangle) и пилообразного (Ramp) сигналов. Для последнего параметр Summ должен быть установлен 100%. Рассчитайте теоретическое значение КНИ и Кг по формулам (6.2) , (6.4) и занесите полученные значения в таблицу 6.4

Таблица 6.4

Тип сигнала	Кг расч	КНИ расч	КНИ эксп	Кг эксп
				
				
				

Измерьте частотную зависимость КНИ гармонического сигнала (Sine) генератора МФС-72120МА. Выберите 10...12 частотных точек в диапазоне от 200 Гц до 20 кГц и измерьте на этих частотах КНИ сигнала генератора. Занесите данные измерения в таблицу по форме табл. 6.5. Постройте частотную зависимость КНИ (f).

Таблица 6.5

Измерение собственного коэффициента гармоник генератора

f , Гц				
----------	--	--	--	--

КНИ, %				
--------	--	--	--	--

Расчет зависимости коэффициента гармоник активного ФВЧ по экспериментально полученной АХ

Алгоритм вычислений основан на расчете значений K_T по формуле (6.1), в которую подставляются значения амплитуд гармоник (до пятой включительно). Для симметричной АХ при слабой нелинейности и рабочей точке, расположенной в нуле, K_T можно оценить только по третьей и пятой гармоникам (остальные при этом равны нулю, а высшие не учитываются из-за их малости). Амплитудная характеристика является в этом случае нечетной функцией. На рис. 6.7 представлен график, поясняющий положение отсчетных ординат АХ относительно амплитуды сигнала; они берутся через интервал $U_{m\text{вх}}/3$ (y_3 соответствует $U_{m\text{вх}}$):

$$U_{m1} = (-180y_1 + 1008y_2 + 668y_3)/1280;$$

$$U_{m3} = (-630y_1 - 360y_2 + 450y_3)/1280;$$

$$U_{m5} = (810y_1 - 648y_2 + 162y_3)/1280;$$

где y_1, y_2, y_3 – ординаты положительной части АХ (мгновенные значения выходного напряжения).

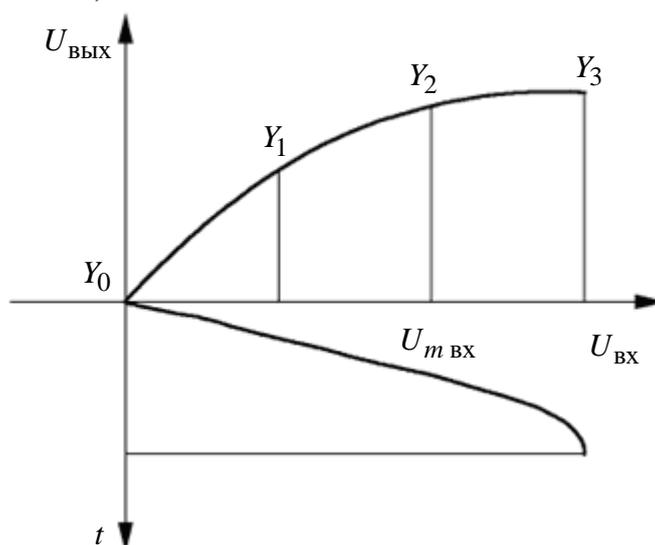


Рис. 6.7. Выбор ординат амплитудной характеристики для расчета коэффициента гармоник

Вычисления произведите для амплитуд входного напряжения $U_{m\text{вх}}$, равных 2, 4, 6, 8, 10 В. Значения ординат АХ y_1, y_2, y_3 возьмите с кривой, построенной по результатам предыдущих измерений. Для расчета K_T можете воспользоваться программой MathCAD Koeff_harmonic.mcd.

Результаты расчетов сведите в таблицу по форме табл. 6.6. Постройте на одном графике зависимости K_{Γ} и амплитуд гармоник от амплитуды входного напряжения. Сравните расчетную зависимость K_{Γ} с экспериментальной, полученной для ФВЧ. Для этого измеренные значения КНИ надо пересчитать в K_{Γ} по формуле (6.4)

Таблица 6.6

$U_{m_{вх}}, В$	$U_{m_1}, В$	$U_{m_3}, В$	$U_{m_5}, В$	$K_{\Gamma}, \%$	$K_{\Gamma_{\text{эксп}}}, \%$

Отчет по лабораторной работе должен содержать структурную схему измерительной установки, упрощенную структурную схему измерителя нелинейных искажений, таблицы с результатами измерений, графики измеренных и рассчитанных зависимостей по каждому из пунктов задания.