

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»
Филиал «Минский радиотехнический колледж»

Учебный предмет
«Электрические измерения»

Инструкция
по выполнению лабораторной работы №18
«Измерение коэффициента нелинейных искажений»

Минск 2022

Лабораторная работа 18

Тема работы: «Измерение коэффициента нелинейных искажений»

1 Цель работы

Изучение принципа действия измерителя нелинейных искажений Сб-5, его структурной схемы; приобретение навыков измерения коэффициента нелинейных искажений сигнала.

2 Задание

Изучить принцип действия измерителя нелинейных искажений Сб-5, его структурную схему; измерить коэффициент нелинейных искажений сигнала.

3 Оснащение работы

Техническое задание, измерительный генератор ГЗ-109, измеритель нелинейных искажений Сб-5, калькулятор.

4 Основные теоретические сведения

4.1 Общие сведения

В технике звуковых и высоких частот нередко приходится сталкиваться с несинусоидальными колебаниями, которые получаются в результате нелинейных искажений синусоидальных колебаний электрическими цепями, содержащими нелинейные элементы (диоды, транзисторы).

Под нелинейными искажениями (НИ) понимают любое изменение формы сигнала, обусловленное нелинейностью тракта передачи. Количество параметров, применяемых для численной оценки НИ, достаточно велико. Однако на практике наиболее часто для оценки нелинейных сигналов используют коэффициент гармоник (K_G), который характеризует отношение среднеквадратического значения напряжения возникающих гармонических составляющих к среднеквадратическому значению напряжения основной частоты:

$$K_G = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_i^2 + \dots + U_n^2}}{U_1}. \quad (15.1)$$

Значение коэффициента K_G может изменяться в пределах от 0 до ∞ , что с практической точки зрения не совсем удобно. Поэтому на практике для оценки НИ пользуются видоизмененным коэффициентом гармоник K'_G , представляющим собой отношение среднеквадратического значения

напряжения высших гармонических составляющих к среднеквадратическому значению искаженного сигнала:

$$K'_Г = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_i^2 + \dots + U_n^2}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_i^2 + \dots + U_n^2}}. \quad (15.2)$$

Значения коэффициента $K'_Г$ изменяются уже в диапазоне от 0 до 1.

Практически во всех измерителях НИ сигналов реализуется так называемый метод подавления основной частоты. Он заключается в отдельном измерении среднеквадратического значения напряжения искаженного сигнала и среднеквадратического значения напряжения высших гармоник (без первой) этого же сигнала, т.е. реализуется измерение коэффициента $K'_Г$. Упрощенная схема измерителя, реализующего данный метод, показана на рисунке 15.1.



Рисунок 15.1 – Упрощенная схема измерителя нелинейных искажений

Измерению $K'_Г$ предшествует режим калибровки измерителя, в результате которого показания вольтметра соответствуют среднеквадратическому значению напряжения искаженного сигнала, равного условной единице (100 %). Тогда при подавлении сигнала основной частоты с помощью режекторного (заграждающего) фильтра измеренное среднеквадратическое значение высших гармоник будет пропорционально коэффициенту $K'_Г$.

Основными источниками погрешностей измерения коэффициента гармоник являются характеристики вольтметра, а также неточность настройки режекторного фильтра на частоту основной гармоники и компенсации ослабления высших гармоник.

Показания прибора равны:

$$K_{Г2} = \frac{U_{В.Г.}}{U_{И.С.}}. \quad (15.3)$$

где $U_{В.Г.}$ – среднеквадратическое значение напряжения высших гармоник;
 $U_{И.С.}$ – среднеквадратическое значение напряжения исследуемого сигнала.
 Действительное значение коэффициента гармоник равно:

$$K_{Г1} = \frac{U_{В.Г.}}{U_1} \cdot 100, \quad (15.4)$$

где U_1 – среднеквадратическое значение напряжения первой гармоники.

При показаниях прибора до 10 % разница между значениями $K_{Г1}$ и $K_{Г2}$ незначительна и отсчет коэффициента гармоник следует производить непосредственно по показаниям прибора С6-5.

При показаниях прибора более 10 % для определения действительного значения коэффициента гармоник необходимо воспользоваться формулой:

$$K_{Г1} = \frac{K_{Г2}}{\sqrt{1 - \left(\frac{K_{Г2}}{100}\right)^2}}, \quad (15.5)$$

где $K_{Г2}$ – показания прибора, %.

4.2 Порядок проведения измерений с помощью измерителя С6-5

Исследуемый сигнал подать на гнездо ВХОД прибора С6-5.

Измерения проводятся в два этапа: калибровка и непосредственно измерение.

4.2.1 Калибровка

В этом случае фильтр замкнут накоротко выключателем $S1$, рисунок 15.1. Кнопка КАЛИБР переключателя рода работ нажата.

Ручкой КАЛИБР напряжение входного сигнала установить равным условно выбранной единице (отметка «10» на шкале «КГ V» с верхним пределом «100%» на рисунке 15.2).

Показание вольтметра:

$$\alpha_1 = U \cdot K_{ВХ} \cdot K_{Ш}, \quad (15.6)$$

где U – среднеквадратическое значение напряжения на входе;

$K_{ВХ}$ – коэффициент усиления входного усилителя;

$K_{Ш}$ – коэффициент усиления широкополосного усилителя.

Регулируя коэффициент усиления широкополосного усилителя, добиться максимального отклонения стрелки ($\alpha_1 = 100 \%$).

4.2.2 Измерение

На этом этапе включается фильтр. Он настраивается до получения минимального напряжения на вольтметре, и из сигнала исключается первая гармоника.

Показания индикатора:

$$\alpha_2 = U_{ВГ} \cdot K_{ВХ} \cdot K_{Ш}, \quad (15.7)$$

где $U_{ВГ}$ – среднеквадратическое значение высших гармонических составляющих.

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_1 U_{ВГ}}{U}. \quad (15.8)$$

Учитывая, что $\alpha_1 = 100 \%$, получаем:

$$\alpha_2 = \frac{U_{ВГ}}{U} \cdot 100 = K'_Г \approx K_Г. \quad (15.9)$$

4.2.3 Измерение коэффициента гармоник на несимметричном входе при напряжении $U_{ВХ} < 30 \text{ В}$:

- 1) Переключатель рода работ установить в положение КАЛИБР.
- 2) Переключатель пределов измерений – «100 % $K_Г$ ».
- 3) Переключатель КАЛИБР – в крайнее левое положение.
- 4) Кнопка ФИЛЬТР, «1кГц» – не нажата.
- 5) Кнопка ШКАЛА ЧАСТОТ и переключатель ДИАПАЗОНЫ установить в положения в соответствии с основной частотой исследуемого сигнала.
- 6) Переключением входного аттенюатора и переменным резистором, выведенным на переднюю панель прибора под общим названием КАЛИБР, установить стрелку индикатора прибора на отметку «10» шкалы «100 %».
- 7) Переключатель рода работ установить в положение « $K_Г \%$ ».
- 8) Манипулируя ручками ЧАСТОТА Hz и БАЛАНС, добиться минимального отклонения стрелки прибора, увеличивая при этом чувствительность прибора переключением переключателя пределов « $K_Г, \%$ ».

Полученное минимальное показание прибора соответствует K_T исследуемого сигнала.

Примечание: при не нажатой кнопке ШКАЛА ЧАСТОТ диапазон определяется по черной шкале (от 20 до 60 Гц), а при нажатой кнопке - по красной шкале (от 60 до 200 Гц) с учетом нажатой кнопки ДИАПАЗОНЫ. Кнопка «ФИЛЬТР, 1 кНЗ» нажата при частоте исследуемого сигнала больше 1кГц.

4.1.4 Отсчет коэффициента гармоник в децибелах

В этом случае калибровку исследуемого сигнала необходимо производить на отметке «0 dB» по нижней шкале прибора.

Отсчет K_T «dB» производить, сложив показания по шкале стрелочного индикатора прибора с показаниями шкалы переключателя пределов измерения.

Технические данные измерителя С6-5

1 Диапазон измерения коэффициента нелинейных искажений исследуемых сигналов от 0,03 до 100% – на несимметричном входе и от 0,1 до 100% – на симметричном входе.

2 Вольтметр прибора обеспечивает измерение среднеквадратического значения напряжения на шкалах с верхними пределами: [(0,3; 1; 3; 10; 30; 100; 300) мВ; (1; 3; 10; 30; 100) В] в диапазоне частот от 20 Гц до 1 МГц на несимметричном входе.

3 Основная погрешность вольтметра в диапазоне частот от 20 Гц до 100 кГц при синусоидальном входном сигнале не превышает 14 %; в диапазоне частот от 100 кГц до 1 МГц не превышает $\pm 10\%$ от верхнего предела шкалы.

На рисунке 15.2 показана передняя панель измерителя С6-5.

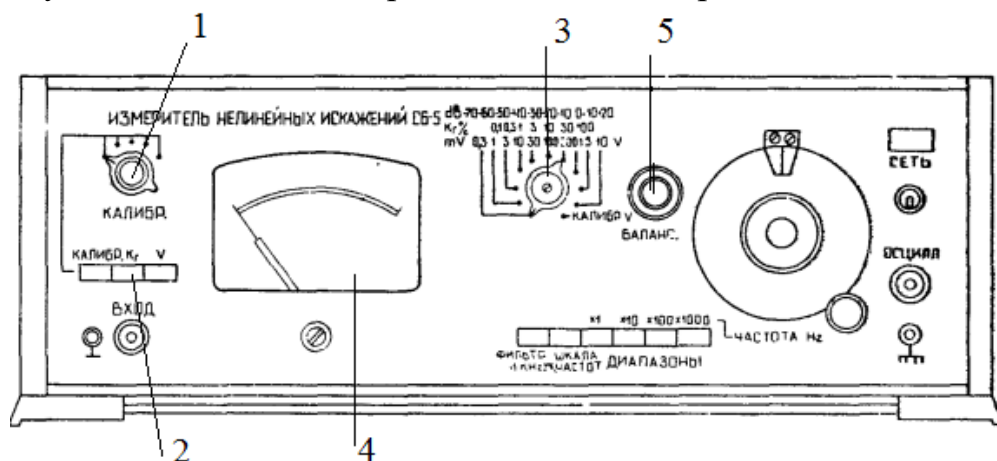


Рисунок 15.2 – Передняя панель измерителя нелинейных искажений С6-5

Органы управления

1 – переключатель входного аттенюатора, совмещенный с ручкой плавной регулировки $U_{ВХ}$;

- 2 – переключатель рода работ КАЛИБР; «КГ»; «V».
- 3 – переключатель пределов измерений;
- 4 – стрелочный прибор;
- 5 – совмещенные ручки БАЛАНС балансировки моста Вина.

5 Порядок выполнения работы

5.1 Подготовить к работе измерительный прибор С6-5 – включить питание.

5.2 Перевести прибор в режим вольтметра (нажать кнопку «V»).

5.3 Откалибровать шкалу вольтметра установкой переключателя 3 в положение КАЛИБР V (вращением оси потенциометра ручки 3 достичь установки стрелки на отметку «10» шкалы).

5.4 Переключатель пределов измерения 3 перевести в положение «10 V».

5.5 Подготовить к работе генератор ГЗ-109. Ручку РЕГ.ВЫХ. установить в крайнее левое положение, включить питание.

5.6 Собрать схему измерений K_G (рисунок 15.3).

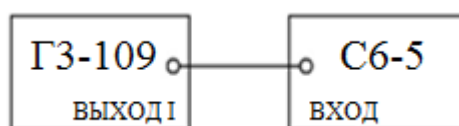


Рисунок 15.3 – Схема измерений

На выходе генератора установить:

- частоту, равную частоте F (таблица 15.1);
- напряжение U (таблица 15.1);

Провести калибровку сигнала в измерителе С6-5:

– установить на шкале ЧАСТОТА Hz частоту ВХОДНОГО сигнала (с учетом кнопок ДИАПАЗОНЫ и ШКАЛА ЧАСТОТ);

– нажать кнопку КАЛИБР и ручкой КАЛИБР при переключателе пределов в положении «1 V» установить стрелку прибора на отметку «10» шкалы прибора.

5.7 Измерение K_G измерителем С6-5 в процентах:

– нажать кнопку «КГ» и манипулируя ручками ЧАСТОТА Hz и БАЛАНС, добиться минимального отклонения стрелки прибора, увеличивая при этом чувствительность прибора переключением переключателя пределов;

– отсчет значений K_G со шкалы прибора записать в таблицу 15.1 с учетом положения переключателя 3 «КГ %»;

– переключатель пределов измерения перевести в положение «100%».

5.8 Измерителем С6-5 измерить коэффициент нелинейных искажений K_{Γ} в децибелах:

- провести калибровку сигнала;
- нажать кнопку КАЛИБР и ручкой КАЛИБР при переключателе пределов в положении «0 dB» установить стрелку прибора на отметку «0» нижней шкалы;
- снять отсчет с нижней шкалы вольтметра и с учетом положения переключателя пределов измерения вычислить K_{Γ} .

Результаты записать в таблицу 15.1.

Таблица 15.1 – Результаты измерений и вычислений

Параметр	Номер измерения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Напряжение на генераторе U , В	5									
Частота исследуемого сигнала F , кГц	0,02	0,06	0,1	0,4	0,7	1	5	10	15	20
Коэффициент гармоник K_{Γ} , %										
Коэффициент гармоник K_{Γ} , дБ										

5.9 Провести измерение напряжения измерителем С6-5:

С выхода генератора на вход измерителя подать сигнал с неизменной частотой, равной 1 кГц. Измеритель установить в режим измерения напряжения (нажать кнопку «V»). Подобрать положение переключателя пределов соответственно напряжению U_{Γ} . Снять показания со шкалы прибора. Полученные данные записать в таблицу 15.2.

Рассчитать абсолютную погрешность измерения, напряжения по формуле:

$$\Delta U = U_{\Pi} - U_{\Gamma}, \quad (15.10)$$

где U_{Γ} – выходное напряжение генератора В;

U_{Π} – значение напряжения, снятое с прибора С6-5, В.

Рассчитать относительную погрешность измерения напряжения $\gamma_{\text{отн}}$ по формуле:

$$\gamma_{\text{отн}} = \frac{\Delta U}{U_{\Gamma}} \cdot 100\%. \quad (15.11)$$

Результаты расчетов записать в таблицу 15.2.

Таблица 15.2 – Результаты измерений и вычислений

Параметр	Выходное напряжение генератора $U_{Г}$, В									
	1	8	16	50	100	500	2000	4000	8000	10000
Напряжение с измерителя С6-5 $U_{П}$, В										
Абсолютная погрешность измерения напряжений ΔU , В										
Относительная погрешность измерения $\gamma_{отн}$, %										

6 Форма отчета о работе

Лабораторная работа № _____

Номер учебной группы _____

Фамилия, инициалы учащегося _____

Дата выполнения работы _____

Тема работы: _____

Цель работы: _____

Оснащение работы: _____

Результат выполнения работы: _____

Таблицы с исходными данными и результатами расчетов в соответствии с вариантом.

Расчеты.

Ответы на контрольные вопросы.

Выводы по работе.

7 Контрольные вопросы и задания

7.1 Технические данные измерителя С6-5.

7.2 Метод подавления основной частоты.

7.3 Структурная схема измерителя нелинейных искажений.

7.4 Назначение органов управления измерителя С6-5.

7.5 Расчет коэффициента гармоник $K_{Г}$.

8 Рекомендуемая литература

Бабер, А.И. Электрические измерения: учеб. пособие / А.И. Бабер, Е.Т. Харевская. - Минск: РИПО, 2019.

Нефедов В.И., Электрорадиоизмерения / В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюков, Е.В. Самохина. — М.: Издательство «Форум» Инфра-М, 2018.

Новикова Н.В., Электрические измерения. Лабораторный практикум / Н.В. Новикова, В.О. Афонько. Минск : РИПО, 2018.

Шишмарев, В.Ю. Электрорадиоизмерения: учеб. для средн. проф. образования/ Шишмарев, В.Ю., Шанин В.И. 3-е изд. - М.: Изд-во «Юрайт», 2019.