

УДК 621.382

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ

© 2014 Г.П. Шопин, С.В. Тюлевин, М.Н. Пиганов, А.В. Наседкин

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Рассмотрено устройство контроля нелинейных искажений радиоэлементов в трактах передачи и усиления электрических сигналов. Описаны причины возникновения нелинейных искажений. Приведены состав устройства контроля и связи между его блоками. Представлен процесс преобразования радиосигналов. Устройство обеспечивает более высокую избирательность и точность контроля.

Нелинейные искажения, радиоэлектронная цепь, радиоэлемент, устройство контроля, электрический сигнал, гармоники.

Введение

Радиоэлектронные системы с постоянными параметрами могут обладать как линейными, так и нелинейными свойствами. Нелинейность системы с постоянными параметрами проявляется в том, что на её выходе возникают спектральные составляющие новых частот, которых нет в спектре входного колебания. Искажения такого рода называются нелинейными. При изменении амплитуды входного колебания и постоянной его формы форма выходного колебания изменяется [1].

Причиной возникновения нелинейных искажений в радиоэлектронных цепях является нелинейность вольт-амперных характеристик диодов, транзисторов, микросхем, электронных ламп, а также нелинейные зависимости в магнитных или пьезоэлектрических элементах.

Нелинейные искажения периодических сигналов, близких к синусоидальным, характеризуются коэффициентом гармоник

$$K_r = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{U_1},$$

где U_1, U_2, \dots, U_n – амплитудные значения основной и высших гармоник сигнала.

При измерении коэффициента гармоник используют измерители нелинейных искажений. Они позволяют оценить искажения сигналов в трактах передачи сигналов интегральным методом без учёта распределения

амплитуд высших гармонических составляющих.

Для контроля нелинейных искажений радиоэлементов используют устройства, содержащие генератор синусоидального напряжения, последовательно соединённые первый полосовой фильтр, первый сумматор и первый компаратор, а также последовательно соединённые заграждающий фильтр, второй сумматор, элемент с управляемым коэффициентом передачи и преобразователь среднеквадратичного значения в постоянное напряжение. При этом входы первого полосового и заграждающего фильтров объединены и подключены к точке соединения генератора синусоидального напряжения и радиоэлемента, а выход первого компаратора подключён к управляющему входу элемента с управляемым коэффициентом передачи.

Недостатками известных устройств являются низкая избирательность и точность, обусловленные низким соотношением сигнал/шум на входе второго заграждающего фильтра [2,3].

Цель данной работы – повышение избирательности и точности контроля нелинейных искажений радиоэлементов. Для этого было разработано новое устройство.

Состав и принцип работы устройства

Новым является то, что в устройство дополнительно введены второй полосовой фильтр, вход которого подключён к выходу заграждающего фильтра, а выход – ко вто-

рым входам первого и второго сумматоров, а также последовательно соединённые источник опорного напряжения и второй компаратор, второй вход которого подключён к выходу преобразователя среднеквадратичного значения в постоянное напряжение, а выход – к выходной клемме устройства.

Использование в схеме устройства второго полосового фильтра (вместо заграждающего) позволяет точнее устранить методические погрешности измерения первой и высших гармоник. Это связано с тем, что для полосового фильтра выделяемой частью входного сигнала является первая гармоника, амплитуда (U_1) которой велика, а подавляемой частью – высшие гармоники, амплитуды (U_i) которых на исправном радиоэлементе малы. Для заграждающего фильтра, наоборот, выделяемой частью того же входного сигнала являются высшие гармоники, а подавляемой частью – первая гармоника.

Таким образом, заграждающий фильтр работает в условиях действия на его входе сильной помехи (первой гармоники) и слабого полезного сигнала (высших гармоник), то есть по входу он имеет низкое соотношение сигнал/шум. Для работы в таких условиях требуются более сложные фильтры.

Полосовой фильтр работает в условиях сильного полезного сигнала (первой гармоники) и слабых помех (высших гармоник), то есть по входу он имеет высокое соотношение сигнал/шум, что позволяет не предъявлять специальных требований к фильтру и предопределяет его преимущества.

Кроме того, введение в схему устройства второго компаратора и источника опорного напряжения позволяют увеличить точность и автоматизировать процесс контроля.

Блок-схема разработанного устройства приведена на рис. 1.

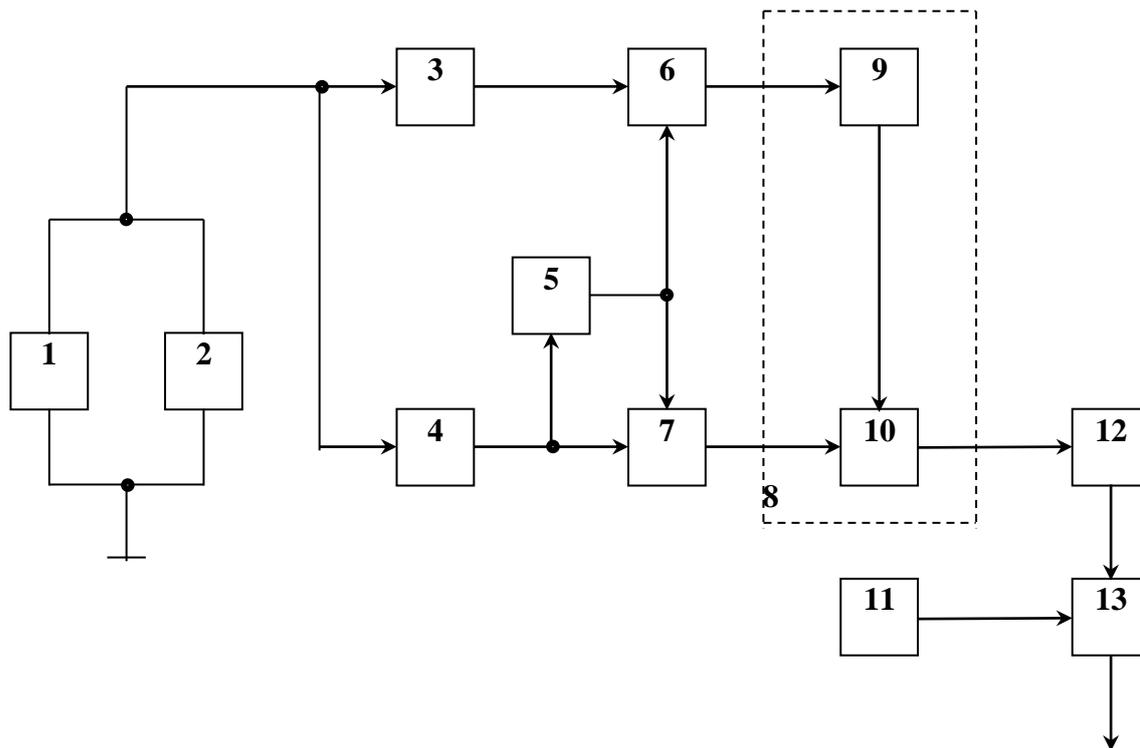


Рис. 1. Блок-схема устройства контроля нелинейных искажений радиоэлементов

Устройство содержит генератор синусоидального напряжения 1, радиоэлемент 2, первый полосовой фильтр 3, заграждающий фильтр 4, второй полосовой фильтр 5, первый 6 и второй 7 сумматоры, переключатель

8, состоящий из первого компаратора 9 и элемента с управляемым коэффициентом передачи 10, источник опорного напряжения 11, преобразователь среднеквадратичного

значения в постоянное напряжение 12, второй компаратор 13.

В схеме последовательно соединены: первый полосовой фильтр 3, первый сумматор 6, первый компаратор 9, а также заграждающий фильтр 4, второй сумматор 7, элемент с управляемым коэффициентом передачи 10, преобразователь среднеквадратичного значения в постоянное напряжение 12 и второй компаратор 13. К выходу генератора синусоидального напряжения 1 подключён радиоэлемент 2, а также входы первого полосового 3 и заграждающего 4 фильтров. Второй полосовой фильтр 5 подключён своим входом к выходу заграждающего фильтра 4, а выходом - ко вторым (инверсным) входам первого 6 и второго 7 сумматоров. Выход первого компаратора 9 подключён к управляющему входу элемента с управляемым коэффициентом передачи 10. Второй вход второго компаратора 13 подключён к выходу источника опорного напряжения 11, а его выход - к выходной клемме устройства.

Устройство контроля нелинейных искажений радиоэлементов работает следующим образом.

Генератор синусоидального напряжения 1, имеющий в своем составе схему согласования с нагрузкой (например, повторитель напряжения на операционном усилителе), формирует сигнал, который поступает на радиоэлемент 2.

Исследуемый сигнал снимается с радиоэлемента 2 и подаётся на первый полосовой фильтр 3 и заграждающий фильтр 4.

На выходе первого полосового фильтра 3 будет сигнал $U_1 + \gamma \sum U_i$,

где γ - уровень подавления фильтра; U_1 - амплитуда первой гармоники, частота которой совпадает с частотой синусоидального генератора; U_i - амплитуды высших гармоник, присутствующих в выходном напряжении радиоэлемента.

На выходе заграждающего фильтра 4 будет сигнал $\sum U_i + \gamma U_1$.

Он проходит через второй полосовой фильтр 5, на выходе которого будет сигнал

$$\gamma U_1 + \gamma \sum U_i.$$

Этот сигнал поступает на инверсные входы первого и второго сумматоров 6 и 7 и в противофазе складывается с вышеупомянутыми сигналами.

На выходе первого сумматора 6 будет сигнал $(1 - \gamma)U_1$.

На выходе второго сумматора 7 будет сигнал $(1 - \gamma)\sum U_i$.

Подача первого сигнала и нормировка относительно него второго сигнала, выполняемые с помощью первого компаратора 9 и элемента с управляемым коэффициентом передачи 10 (переключателя 6), позволяют получить U_i/U_1 . С выхода элемента 10 сигнал, содержащий нормированные высшие гармоники, поступает на вход преобразователя 12.

Преобразователь среднеквадратичного значения в постоянное напряжение 12 (построенный, например, на основе квадратичного вольтметра) производит квадрирование, усреднение и извлечение квадратного корня из результатов усреднения, а также преобразование последнего в постоянное напряжение, пропорциональное $\frac{\sqrt{\sum U_i^2}}{U_1}$.

Компаратор 13 производит сравнение этого напряжения с постоянным напряжением источника опорного напряжения 11, которое связано с допустимым уровнем нелинейных искажений радиоэлемента 2. Если текущий коэффициент нелинейных искажений меньше допустимого, то на входе компаратора формируется логический "0", в противном случае - логическая "1".

Выводы

Рассмотрено устройство контроля нелинейных искажений радиоэлементов в трактах передачи и усиления электрических сигналов. Описаны причины возникновения нелинейных искажений. Приведены состав устройства контроля и связи между его блоками. Представлен процесс преобразования радиосигналов. Устройство обеспечивает более высокую избирательность и точность контроля.

Библиографический список

1. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения: Учебн. пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1985. 216 с.
2. Атамалян Э.Т. Приборы и методы измерения электрических величин: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1982. 223 с.
3. Зенькович А.В. Измерение нелинейных искажений: Учеб. пособие: Горьк. Политехнич. Ин-т, 1980. 82 с.
4. Пиганов М.Н. Шопин Г.П., Александров В.П., Плотников В.Б. Устройство контроля нелинейных искажений радиоэлементов. Пат. 2154279, Российская Федерация, МПК G01R 23/20.; заявитель и патентообладатель: Самарский государственный аэрокосмический университет. №99106323/09; заявл. 29.03.1999, опубл. 10.08.2000. Бюл. №22.

Информация об авторах

Шопин Геннадий Павлович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры конструирования и технологии электронных систем и устройств, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: kipres@ssau.ru. Область научных интересов: методы и устройства контроля радиоэлектронной аппаратуры.

Тюлевин Сергей Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и технологии электронных систем и устройств, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: kipres@ssau.ru. Область научных интересов: контроль, качество и надёжность космической аппаратуры.

Пиганов Михаил Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры конструирования и технологии электронных систем и устройств, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: piganov@ssau.ru. Область научных интересов: контроль, управление качеством радиоэлектронной аппаратуры.

Наседкин Алексей Васильевич, аспирант кафедры конструирования и технологии электронных систем и устройств, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: kipres@ssau.ru. Область научных интересов: контроль и испытание радиоаппаратуры.

CONTROL DEVICE NONLINEAR DISTORTION RADIOELEMENT

© 2014 G.P. Shopin, S.V. Tyulevin, M.N. Piganov, A.V. Nasedkin

Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation

Considered control device radioelements nonlinear distortion in the transmission path and the amplification of electrical signals. On the causes of non-linear distortion. Given the composition of the control device and communication between its units. Shows the process of converting radio signals. The device provides higher selectivity and precision of control.

Harmonic distortion, electronic circuit radioelement monitoring device, an electrical signal harmonics.

References

1. Kukush V.D. Electroradiomeasuring: The textbook for high school. M.: Radio and connection, 1985. 216 p.
2. Atamalyan E.T. Devices and methods of measuring electronic units: The textbook for high school. M.: High school, 1982. 223 p.
3. Zenkovich A.V. Measuring of nonlinear distortions: The textbook for high school: Gork.Politech.Institute, 1980. 82 p.
4. Piganov M.N., Chopin G.P., Aleksandrov V.P., Aleksandrov V.B. Ustroystvo dlya controlya nelineynih iskageniy radioelementov [Control device nonlinear distortions radioelements.] Pat. 2154279, RF, the IPC G01R 23/20.; applicant and patentee Tel: Samara State Aerospace University. № 99106323/09;(appl. 29.03.1999, publ. 10.08.2000. Bull. Number 22.)

About the Authors

Shopin Gennady Pavlovich, Candidate of Sciences (Engineering), assistant professor, associate professor of the Department of Design and Technology of Electronic Systems and Devices, E-mail: kipres@ssau.ru. Area of research: methods and control device of electronic equipment.

Tyulevin Sergey Virtorovich, Candidate of Sciences (Engineering), assistant professor of the Department of Design and Technology of Electronic Systems and Devices, E-mail: kipres@ssau.ru. Area of research: control, quality and reliability of spacecraft.

Piganov Mikhail Nikolaevich, Doctor of Sciences (Engineering), professor, professor of the Department of Design and Technology of Electronic Systems and Devices, E-mail: piganov@ssau.ru. Area of research: control, quality control of electronic equipment.

Nasedkin Aleksey Vasilevich, graduate student of the Department of Design and Technology of Electronic Systems and Devices, E-mail: kipres@ssau.ru. Area of research: control and Test-radio.