

Аверьянов Д.М.

*Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор Ромашов В.В.
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: romashovamur@mail.ru*

Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот на основе ЦВС и системы ФАПЧ

Гибридные синтезаторы сочетают преимущества различных методов синтеза частот. Эти синтезаторы основаны на совместном использовании цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) и систем с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ). ФАПЧ обеспечивает высокий уровень производительности и низкий уровень фазового шума и паразитных составляющих спектра, а ЦВС обеспечивает высокое разрешение по частоте и управление синтезатором.

Целью данной работы является моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот на основе ЦВС и системы ФАПЧ

В соответствии с поставленной задачей в работе решаются следующие задачи:

- разработка обобщенной математической модели гибридных синтезаторов частоты;
- анализ частотных и временных характеристик гибридных синтезаторов частоты;

Для оценки шумовых ресурсов системы ИФАПЧ использовались математические модели спектральной плотности мощности фазового шума. Предполагалось, что при выборе соответствующих параметров импульсную систему ФАПЧ можно считать непрерывной [1], так как уровень шума намного меньше мощности полезного сигнала, а рассматриваемый шум не коррелирован с другим, их спектральная плотность мощности может быть суммирована.

Первый вариант гибридного синтезатора частот, в котором ЦВС включен в контур обратной связи системы ФАПЧ и выполняет функции делителя с переменным коэффициентом деления (ДПКД) для сигнала генератора рабочего напряжения (ГУН). Использование схем гибридного синтезатора с ЦВС в цепях обратной связи вместе с преимуществами системы ФАПЧ также позволяет обеспечить высокое разрешение по частоте и высокой скорости.

Вторая версия конструкции гибридного синтезатора частот, где ЦВС используется в качестве генератора опорного сигнала для системы ФАПЧ. В ФАПЧ эталонная частота фактически умножается на значение $K = N / R$, где N - это делитель выходной частоты (частота VCO), R - коэффициент разделения опорной частоты.

В рассмотренных вариантах построения гибридных синтезаторов частот ЦВС фактически выполняет функции делителя частоты с переменным коэффициентом деления, поэтому модель гибридных синтезаторов различных типов может быть представлена в виде обобщенной структурной схемы (Рис.1). Следует отметить, что ЦВС имеют очень высокую скорость, и переходные процессы в них, а также в делителях частоты практически отсутствуют [5], поэтому при построении математической модели гибридного синтезатора инерцией делителей частоты и ЦВС можно пренебречь.

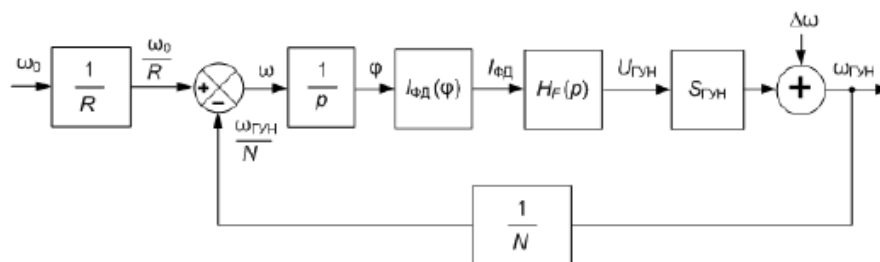


Рис.1. Обобщенная математическая модель гибридных синтезаторов частот

Из-за комбинации ЦВС и ФАПЧ можно пройти достаточно широкий частотный диапазон, в то время как выходная частота ЦВС будет варьироваться в пределах небольшого диапазона.

Таким образом, для синтезатора ЦВС и ФАПЧ, как правило, требуется дополнительный множитель частоты сигнала ОГ для получения требуемой тактовой частоты ЦВС, что может усложнить конструкцию синтезатора частот и увеличить его стоимость [2, 4].

Литература

1. Левин В.А., Малиновский В.П., Романов С.К. Синтезаторы частот с системой импульсно-фазовой автоподстройки. - М.: Радио и связь, 1989. - 232 с.
2. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н., Якименко К.А. Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2014. – № 1 (13). – С. 5-20.
3. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Якименко К.В., Коровин А.Н. Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот на интегральных микросхемах // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2013. – № 1 (9). – С. 10-15.
4. Поляков А.Е., Кузменков А.С., Стрыгин Л.В. Синтезаторы частот с ЦВС в тракте обратной связи // Труды Московского физико-технического института. – 2015. – Т. 7, № 1 (25). – С. 119-131.
5. Стешенко В. Школа схемотехнического проектирования устройств обработки сигналов. Занятие 17. Цифровые синтезаторы прямого синтеза частот // Компоненты и технологии. – 2002. – № 7. – С. 130-134.

Дейко В.С.

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Н.П. Мольков
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: aurise@yandex.ru*

Вопросы построения современных гитарных процессоров

В 60-х годах прошлого века многие группы начали задумываться о том, как сделать звук их гитары ярче, краше, насыщенней, громче. Именно тогда начали появляться первые педали эффектов. Это небольшие устройства, созданные для характерной окраски звука (добавления какого-либо эффекта к чистому звуковому сигналу). Первым гитарным эффектом был дисторшн (от англ. distortion – искажение) - звуковой эффект, достигаемый искажением сигнала путём его «жесткого» ограничения по амплитуде. Позже стало появляться ещё больше различных эффектов. Далее различные педали объединялись в цепь, позволяя создавать прекрасное, неповторимое звучание. Для удобства цепи педалей эффектов объединялись в педалборд, то есть фиксировались на жесткой поверхности и коммутировались. Делалось это в первую очередь для экономии времени, чтобы не было необходимости каждый раз собирать и разбирать всю цепь эффектов. Однако опыт многих музыкантов показал, что множество отдельных устройств эффектов не всегда удобно в работе. Их последовательное соединение требует множества проводов, соответственно, возрастает уровень шума и помех, исполнитель путается и т.д. Производители стали объединять несколько эффектов в одном корпусе, так появились гитарные **процессоры эффектов**, в памяти которых уже заложены некоторые проверенные сочетания эффектов (пресеты) и которые вызываются одним нажатием кнопки.

Гитарный процессор эффектов – это цифровое устройство, являющееся эмулятором (симулятором) процессов, происходящих в гитарном тракте различных устройств: эффект-педалей, различных предусилителей, усилителей, комбоусилителей, кабинетов, рэковых устройств. Принцип его работы таков: звук через АЦП поступает на DSP (цифровой сигнальный процессор), обрабатывается им по заданному алгоритму и через ЦАП конвертируется в звук.

Считается, что первопроходцем в создании гитарных процессоров была компания Zoom. Первым напольным процессором считается Zoom 505, а первым карманным – Zoom 9002.

Первые процессоры имели на борту небольшое количество эффектов, необоснованно дорого стоили для своего скудного функционала, а также отличались плохим качеством эмулируемых эффектов.

Среди гитарных процессоров выделяются две большие категории:

- а) напольный / рэковый вариант.
- б) программный вариант.

В данном случае, процессоры представляют собой цифровое устройство, размер и функциональность которой варьируется от обычной транзисторной педали до огромного педалборда. Рэковые варианты процессоров используют для работы в студии, так как они имеют больше возможностей для регулировок параметров звука, чем напольные варианты. Процессоры данной категории доступны в различных ценовых модификациях: от бюджетных вариантов для игры в домашних условиях до оборудования студийного качества, используемого при записи.

Преимущества данного варианта процессора следующие:

- Компактность (по сравнению с огромными педалбордами).
- Удобство транспортировки.
- Приемлемое качество звучания
- Низкая задержка.

Недостатком данного варианта является:

- Цена.

Вторая же категория, это так называемые виртуальные гитарные процессоры.

Это – программа-эмулятор (симулятор) процессов, происходящих в гитарном тракте различных устройств, при помощи специальных программных алгоритмов моделирования работы этих (физических) устройств электронной обработки сигнала с электрогитары.

Различают несколько вариантов программного моделирования: это VST-плагин для секвенсоров (таких как Cubase, CockosReaper и др.), либо Standalone версия (обычный .exe файл).

Преимущества данного варианта следующие:

- Цена
- Низкое - среднее время задержки
- Компактность

Недостатки таковы:

- Качество звучания на достаточно среднем уровне.
- Слишком большая зависимость от «начинки» гитары и хорошей экранизации.

Если же подвести итог всему вышесказанному, то можно понять, что гитарные процессоры играют очень большую роль в формировании гитарного звука, а также помогают развиваться всей музыкальной индустрии в целом.

Докторов А.Н., Хазов Д.А.

*Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор В.В. Ромашов
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: romashovmuro@mail.ru, doctorov_a_n@mail.ru*

Исследование формирователей высокочастотных сигналов на основе цифровых вычислительных синтезаторов с использованием образов основной частоты

Цифровые вычислительные синтезаторы (ЦВС) широко используются во многих радиотехнических системах, измерительных приборах, а также системах передачи данных. Работа таких синтезаторов основана на методе прямого цифрового синтеза. Данный метод обладает целым рядом достоинств, которые и привели его к широкому распространению в современной технике синтеза частот. Однако, для современных задач требуется увеличивать частоту выходного сигнала ЦВС. Обычно это реализуется с помощью умножителей частоты, выполненных в виде транзисторных каскадов. Пример структурной схемы такого формирователя высокочастотных сигналов приведен на рис. 1.

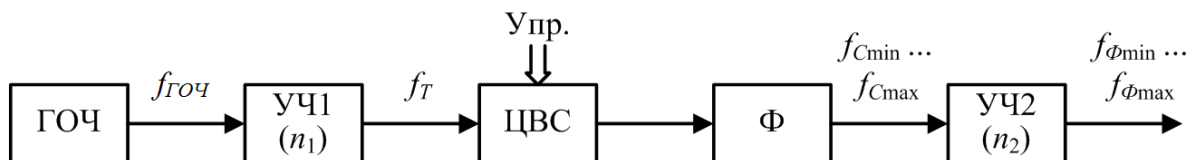


Рис.1. Структурная схема формирователя сигналов с ЦВС на образах

Здесь ГОЧ – генератор опорной частоты; УЧ1 – умножитель тактовой частоты ЦВС, обычно входит в состав интегральных ЦВС в виде системы ФАПЧ, коэффициент умножения тактового умножителя - n_1 ; ЦВС – цифровой вычислительный синтезатор, Ф – фильтр на выходе ЦВС, для выделения в спектре либо гармоники основной частоты (ФНЧ), либо гармоники выбранного образа (полосовой фильтр); УЧ2 – выходной умножитель частоты в виде последовательно соединенных транзисторных каскадов с коэффициентами 2, 3 или 5.

Главный недостаток такой схемы в том, что для существенного увеличения выходной частоты формирователя требуется большой коэффициент умножения n_2 каскадов выходного умножителя частоты. Это приводит к значительному ухудшению шумовых характеристик формирователя, так как СПМ фазовых шумов ЦВС умножается на $(n_2)^2$. Также из-за выходного умножителя частоты происходит расширение шага сетки частот, увеличивается девиация частоты при частотной модуляции, при большом коэффициенте умножения количество каскадов растет, требуется добавлять между транзисторными умножителями частоты дополнительные усилители.

Поэтому необходимо уменьшать коэффициент умножения выходной частоты ЦВС.

Одним из способов может стать использование образов основной частоты ЦВС. Известно, что в спектре выходного сигнала ЦВС присутствуют дискретные побочные составляющие – образы основной частоты ЦВС.

Для более эффективного проектирования формирователей сигналов, построенных на основе ЦВС, требуется оперативно оценить уровень фазовых шумов таких синтезаторов. Это возможно с помощью методов математического моделирования спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых шумов. Подробно метод математического моделирования, и использование его для расчета уровня фазовых шумов ЦВС рассмотрено в [1, 2].

Моделирование СПМ фазовых шумов ЦВС на образах рассмотрено в [3, 4].

СПМ фазовых шумов формирователя с ЦВС на образах основной частоты можно определить по следующей формуле

$$S_{\text{ФОР}_\text{обр}}(F) = \left[(S_{\text{ГОЧ}}(F) \cdot n_1^2 + S_{\text{УЧ1}}(F)) \cdot (n + K_{\text{ЦВС}})^2 + S_{\text{ЦВС}_\text{собств}_\text{обр}}(F) \right] \cdot n_2^2 + S_{\text{УЧ2}}(F), \quad (1)$$

здесь $K_{\text{ЦВС}} = f_{\text{ЦВС}} / f_{\text{T}}$, $S_{\text{ЦВС_собст_обр}}(F)$ - модель СПМ фазовых шумов ЦВС на образах [4].

Результаты математического моделирования СПМ фазовых шумов формирователя на ЦВС AD9910 приведены на рис. 2.

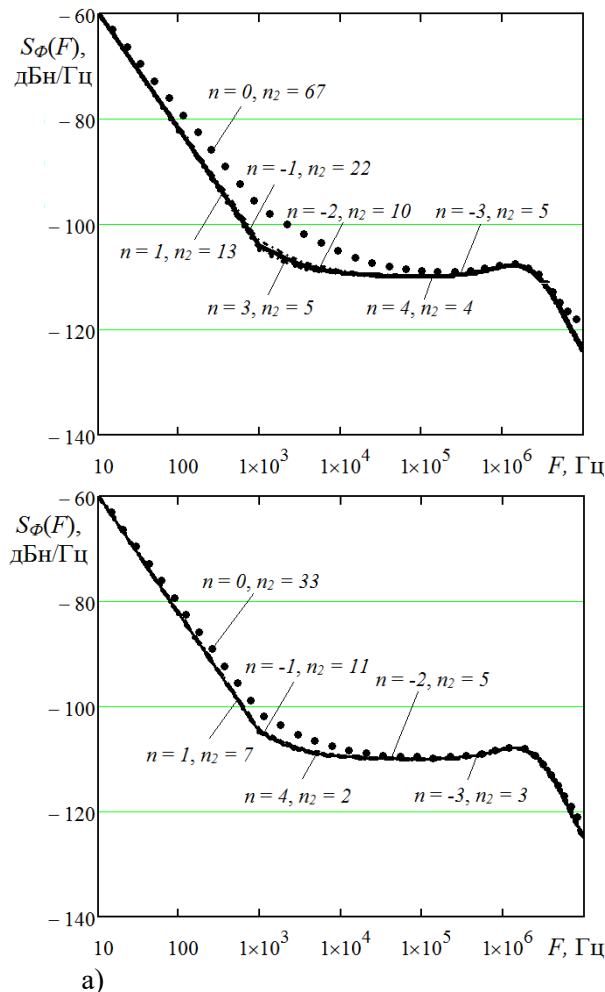


Рис. 2. СПМ фазовых шумов формирователя на ЦВС AD9910
 $f_{\text{Гоч}} = 24$ МГц, $f_{\phi} = 6$ ГГц: а) $n_1 = 15$, б) $n_1 = 30$

Из представленных зависимостей видно, что с ростом номера образа коэффициент умножения выходного умножителя уменьшается. Так например, при тактовой частоте 360 МГц ($n_1 = 15$) на основной частоте, т.е. при $n = 0$, коэффициент умножения равен 67, а при использовании гармоники третьего положительного образа ($n = 3$) снижается до 5. СПМ фазовых шумов формирователя при переходе от использования основной частоты к частоте третьего положительного образа в целом практически не изменяется. Однако, в области малых отстроек наблюдается снижение уровня фазового шума, на 7 дБн/Гц при отстройке 1 кГц. Имеется зависимость снижения уровня СПМ фазовых шумов формирователя от тактовой частоты ЦВС. Уменьшение тактовой частоты приводит к снижению уровня фазового шума.

Литература

1. Romashov V.V., Romashova L.V., Khramov K.K., Doktorov A.N. Simulation of Noise Curves of the New Integrated DDS from Analog Devices // Proc. of the 2013 Int. Siberian Conf. on Control and Communications (SIBCON). – Krasnoyarsk: Siberian Federal University. Russia, Krasnoyarsk, September 12–13, 2013. IEEE Catalog Number: CFP13794-CDR. ISBN: 978-1-4799-1060-1.
2. Romashov V.V., Romashova L.V., Doktorov A.N. The mathematical model of noise characteristics of a direct digital synthesizer with the built-in multiplier of clock frequency on PLL // Proc. of the 2015 Int. Siberian Conf. on Control and Communications (SIBCON). – Omsk State

Technical University. Russia, Omsk, Mai 20–22, 2015. **ISBN:** 978-147997102-2. **DOI:** 10.1109/SIBCON.2015.7147197

3. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н. Модель спектральной плотности мощности фазовых шумов цифровых вычислительных синтезаторов на образах основной частоты // Радиопромышленность. 2012, №2. С.38-48.

4. Romashov V.V., Romashova L.V., Khramov K.K., Yakimenko K.A. The use of images of DDS in the hybrid frequency synthesizers // 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, CriMiCo 2014. Pp.302-303. Category numberCFP14788-CDR; Code 109221. (**DOI:** 10.1109/CRMICO.2014.6959404)

Завьялов А.О.

*Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор В.В. Ромашов
Муromский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: romashovmurom@mail.ru, zavjaloffalescha@mail.ru*

Математическое моделирование гибридного синтезатора частот на основе ФАПЧ и с использованием образов основной частоты ЦВС

Методы математического моделирования широко используются для проектирования разнообразных радиосистем. Важнейшим параметром является спектральная плотность мощности (СПМ) фазовых шумов. Рассмотрим метод математического моделирования СПМ фазовых шумов на примере гибридного синтезатора частот на основе ФАПЧ со смесителем и с использованием образов основной частоты ЦВС.

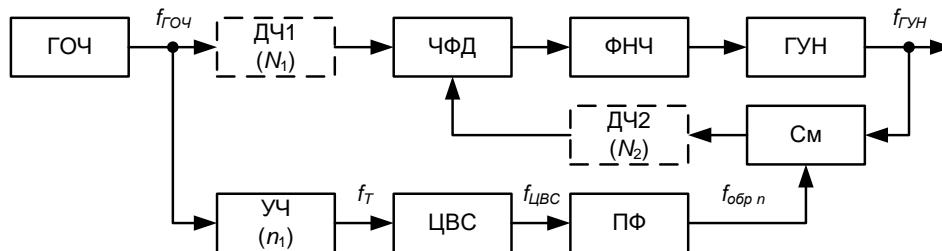


Рис. 1. Структурная схема гибридного синтезатора частот на основе однокольцевой ИФАПЧ и с использованием образов основной частоты ЦВС

На структурной схеме применены обозначения: ГОЧ – генератор опорной частоты; ЦВС – цифровой вычислительный синтезатор; ДЧ1, ДЧ2 – делители частоты с фиксированными коэффициентами деления N_1, N_2 ; ЧФД – частотно-фазовый детектор; ФНЧ – фильтр нижних частот; ГУН – генератор, управляемый напряжением; См – смеситель частоты.

Перспективным способом повышения выходной частоты формирователей является использование побочных компонент спектра выходного сигнала ЦВС – образов.

Частоты образов можно записать в виде

$$f_{образ\ n} = |n|f_T + \text{sgn}(n)f_{осн}, \quad (1)$$

где $n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ – номер образа. При $n = 0$ на выходе ЦВС основная частота f_{out} .

Для анализа шумовых характеристик гибридного синтезатора воспользуемся моделью спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых шумов системы ФАПЧ со смесителем из [6], добавив в нее модели СПМ умножителя частоты и ЦВС на образах основной частоты [2]

$$S_{ФАПЧ}(F) = \left[\frac{S_{ГОЧ}(F)}{N_1^2} + S_{ДЧ1}(F) + S_{ЧФД}(F) + S_{ДЧ2}(F) + \frac{1}{N_2^2} [S_{См}(F) + S_{уч}(F)(n - K_{ЦВС})^2 + S_{ЦВС\ образ}(F)] \right] * |H_{31}(F)|^2 + S_{ГУН}(F) \cdot |H_{32}(F)|^2 \quad (2)$$

Здесь F – частота отстройки, а символами S обозначены, соответственно, СПМ фазовых шумов генераторов, делителей, частотно-фазового детектора, смесителя, умножителя частоты на ИФАПЧ и ЦВС [1-6]:

$$S_{ГОЧ}(F) = \frac{10^{-7,82}}{F^3} + \frac{10^{-9,86}}{F^2} + \frac{10^{-12,7}}{F} + 10^{-15,8}; \quad (3)$$

$$S_{ГУН}(F) = \frac{10^{-13,3}}{F^3} \frac{f_{ГУН}^2}{Q^2} + \frac{10^{-16,7}}{F^2} \frac{f_{ГУН}^2}{Q^2} + \frac{10^{-13}}{F} + 10^{-16,2}, \quad (4)$$

где Q – добротность контура ГУН;

$$S_D(F) = \frac{10^{-14,7} + 10^{-28} f_D^2}{F} + 10^{-16,5} + 10^{-23} f_D, \quad (5)$$

где f_D – частота сигнала на выходе делителя;

$$S_{\Phi D}(F) = \frac{10^{-14} + 10^{-28} f_{cp}^2}{F} + 10^{-16} + 10^{-23} f_{cp}, \quad (6)$$

где f_{cp} – частота сравнения ЧФД;

$$S_{CM}(F) = \frac{10^{-14,7}}{F} + 10^{-16,5}; \quad (7)$$

$$S_{\gamma\gamma}(F) = [S_{ГОЧ}(F) + S_{\Phi D,2}(F) + S_{ДЧ2,2}(F)]^* |H_{31,2}(F)|^2 + S_{ГВН,2}(F) \cdot |H_{32,2}(F)|^2; \quad (8)$$

$$S_{ЦВС\ обр}(F) = \left(\frac{f_{оч}}{f_T}\right)^2 \left(\frac{10^{k_2}}{F^2} + \frac{10^{k_1}}{F} + 10^{k_4}\right) + \left(10^{k_3} + 2^{-2N-0,59} \left(\frac{f_{оч}}{f_T}\right)\right) \left(\frac{\left(\pi \frac{nf_T \pm f_{оч}}{f_T}\right)}{\sin\left(\pi \frac{nf_T \pm f_{оч}}{f_T}\right)}\right)^2, \quad (9)$$

где коэффициенты k_1, k_2, k_3, k_4 определяют уровень соответствующих фазовых шумов и находятся для каждой микросхемы ЦВС; N – разрядность ЦАП;

$$H_{31}(p) = \frac{H_1(p) \cdot N_2}{1 + H_1(p)}, \quad H_{32}(p) = \frac{1}{1 + H_2(p)}, \quad H_1(p) = K_{ФНЧ}(p) \frac{K_0}{N_2 \cdot p(F)}$$

кольца ФАПЧ: по внешним шумам, по внутренним шумам, разомкнутого кольца;

В качестве ФНЧ систем ИФАПЧ использовались пропорционально-интегрирующие фильтры второго порядка с передаточной функцией

$$K_{ФНЧ}(p) = \frac{1}{C_1 + C_2} \frac{1 + pT_1}{p(1 + pT_2)} \quad (10)$$

Благодаря данным математическим моделям проведено моделирование шумовых характеристик формирователя сигналов с ЦВС AD9912 на образах. Результаты моделирования представлены на рисунке 2 при $f_{ГОЧ} = 100$ МГц, $f_{ГВН} = 3000$ МГц.

Результаты расчета СПМ фазовых шумов выходного сигнала формирователей на интегральных ЦВС AD9912 (коэффициенты аппроксимации $k_1 = -9,2, k_2 = -8,4, k_3 = -16,8, k_4 = -14,5$).

Шумовые характеристики гибридного синтезатора с использованием ЦВС как делителя частоты системы ФАПЧ с предделителем (СПМ фазовых шумов сигнала на выходе: $S_{ГОЧ}$ – ГОЧ, $S_{ГВН}$ – ГВН, $S_{ЦВС}$ – ЦВС, $S_{ФАПЧ}$ – ФАПЧ).

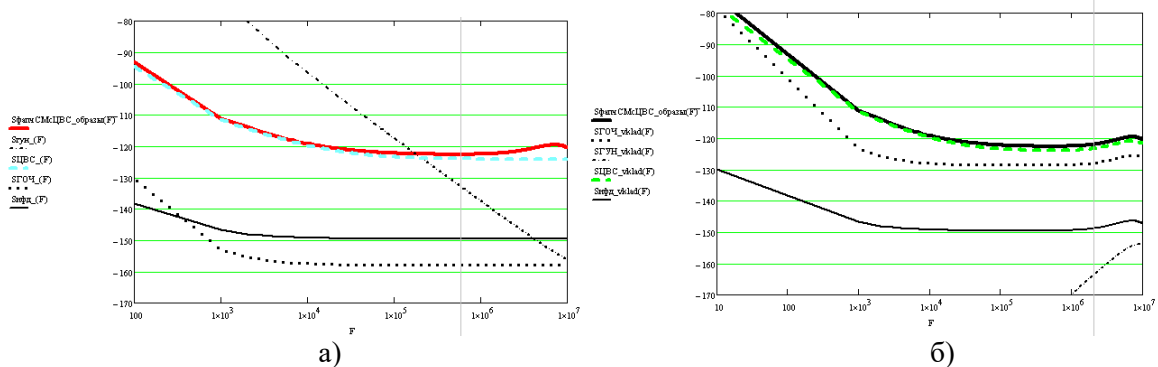


Рис.2. а) СПМ фазовых шумов выходного сигнала,

б) *Спектральная плотность мощности вклада*

Видно, что использование образов и высокочастотных ГОЧ позволяет снизить уровень фазовых шумов. Это позволяет сказать о том, что применение образов является перспективным направлением улучшения шумовых характеристик, повышения выходной частоты формирователя сигналов.

Литература

1. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Якименко К.А. Применение образов основной частоты ЦВС в гибридных синтезаторах частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2012. - №3 – С.3-7.
2. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н. Модель спектральной плотности мощности фазовых шумов цифровых вычислительных синтезаторов на образах основной частоты // Радиопромышленность. – 2012. - №2. – С.38 – 48.
3. Ромашова Л.В. Исследование фазовых шумов интегральных цифровых вычислительных синтезаторов со встроенным умножителем тактовой частоты // Вопросы радиоэлектроники, сер. РЛС. – 2011. – Вып. 1. – с.33-38
4. Рыжков А.В., Попов В.Н. Синтезаторы частот в технике радиосвязи. - М.: Радио и связь, 1991. - 264 с
5. Ромашова Л.В., Ромашов В.В., Фомичев А.Н. Исследование шумовых свойств системы ФАПЧ со смесителем в цепи обратной связи // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2011. - №2
6. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н., Якименко К.А. Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2013. - №1

Иванович С.А.

Научные руководители: преподаватель С.В.Мышляков,
канд.техн.наук, преподаватель Кострова Т.Г.

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Владимирской области «Муромский колледж радиоэлектронного приборостроения»
602267 г. Муром, Владимирская обл., ул. Комсомольская, 55

Разработка и изготовление электронного частотомера

Частотомер - это электронно - измерительный прибор, предназначенный для измерения частоты различных периодических колебаний, электрических или механических.

Во время работы над проектом были проанализированы существующие в настоящее время электронные схемы частотомеров, выбран наиболее оптимальный вариант конструкции.

В результате исследований установлено, что схема на микроконтроллере позволяет максимально упростить электрическую схему устройства, сделать прибор компактным и значительно расширить область применения.

Изготовленный частотомер может быть использован для выполнения измерений частот в диапазоне от 1 до 500 МГц путем радиоуправления. Изготовление частотомера позволяет произвести наименьшие затраты стоимости по сравнению с покупкой промышленного частотомера, т.к. он имеет более простую конструкцию.

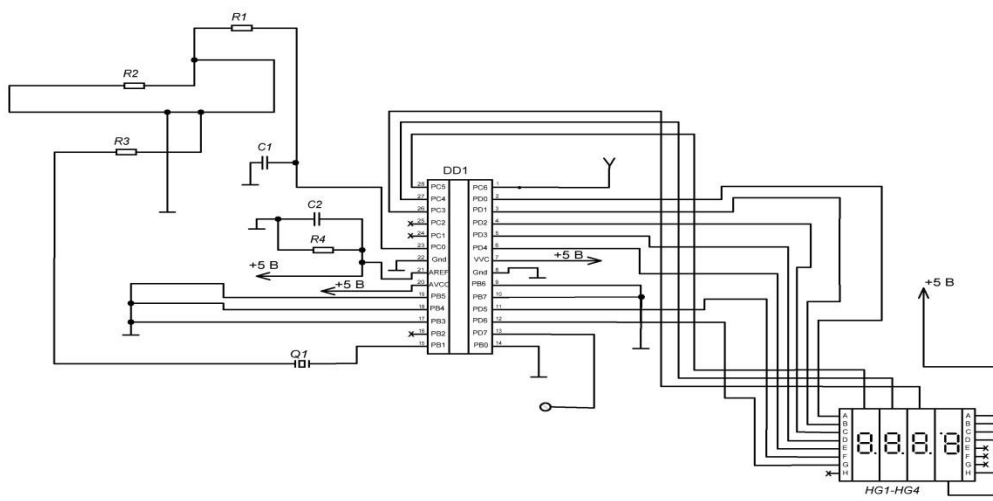


Рис. 1. Электрическая схема устройства

Разработанный частотомер обеспечивает настройку и регулировку различных радиопередающих устройств на необходимую частоту.

В данной конструкции используется четырехразрядный декадный счетчик. Выход каждого разряда счетчика подключается к дешифратору, который управляет работой семи сегментного индикатора. Таким образом, на индикаторах отображается непосредственное значение измеряемой частоты.

Проведение измерений частоты возможно в условиях лаборатории и в условиях эксплуатации;

- напряжение питания- 5В от внутреннего или внешнего источника.

Разработка и изготовление частотомера позволило глубже изучить, углубить теоретические знания и получить практические навыки по специальности «Техническое обслуживание и ремонт РЭТ».

Целью проекта является разработка и изготовление частотомера, развитие и укрепление материально-технической базы колледжа, закрепление теоретических знаний.

Сюда относятся, в первую очередь, широкое внедрение технических средств обучения, оснащение лабораторий и кабинетов новейшим оборудованием и приборами, модернизация

лабораторных стендов и макетов, с учетом последних достижений науки и техники на современной компонентной базе.

Литература

1. Микропроцессоры: В 3-х кн. / Под ред. Преснухина М.: Высшая школа, 1986. Кн.1. 495 с. Кн.2. 383 с.Кн.3. 351 с.

2. radioparty.ru

3. radio-magic.ru

Госты:

1. ГОСТ 7590-78 Приборы электроизмерительные для измерения частоты аналоговые показывающие. Общие технические условия

2. ГОСТ 22335-85 Частотомеры электронно-счетные. Технические требования, методы испытаний

3. ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

4. ГОСТ 8.422-81 ГСИ. Частотомеры. Методы и средства поверки

5. ГОСТ 12692-67 Измерители частоты резонансные. Методы и средства поверки

6. ГОСТ 11-272.000-80 Частотомеры резонансные. Основные параметры

7. МИ 1835-88 Частотомеры электронно-счетные. Методика поверки

Матерухин С.Е.

*Научный руководитель: канд.техн.наук, доцент Е.А. Жиганова
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23*

Управление трехфазным асинхронным двигателем

Наиболее часто в качестве привода в станках и установках применяются трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Эти двигатели просты в устройстве, обслуживании и ремонте. Они удовлетворяют большинству требований к электроприводу станков.

Главными недостатками асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором являются большие пусковые токи (в 5-7 раз больше номинального) и невозможность простыми методами плавно изменять скорость вращения двигателей.

Управление асинхронным двигателем можно осуществить следующими способами:

1) прямое подключение к сети питания

Использование магнитных пускателей позволяет управлять асинхронными электродвигателями путем непосредственного подключения двигателя к сети переменного тока.

С помощью магнитных пускателей можно реализовать схему:

-нереверсивного пуска: пуск и остановка;

-реверсивного пуска: пуск, остановка и реверс.

Использование теплового реле позволяет осуществить защиту электродвигателя от величин тока намного превышающих номинальное значение.

2) частотное управление асинхронным электродвигателем:

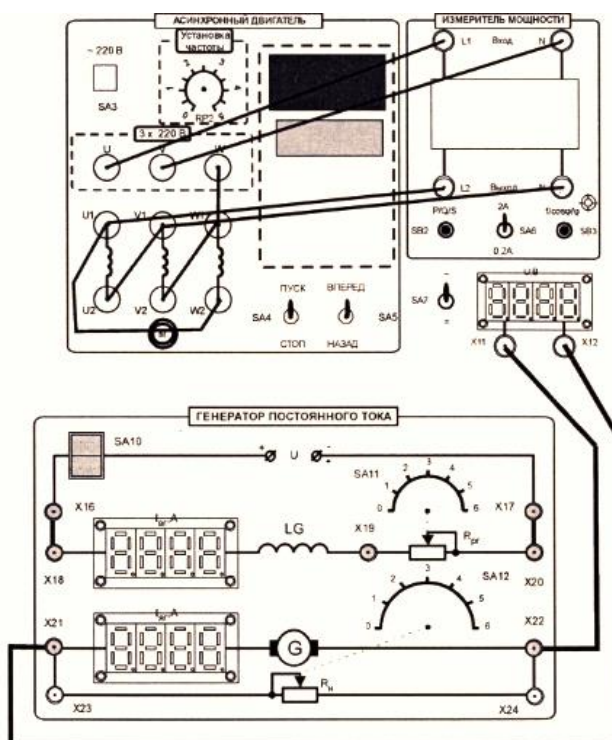
Для регулирования скорости вращения и момента асинхронного двигателя используют частотный преобразователь. Принцип действия частотного преобразователя основан на изменении частоты и напряжения переменного тока.

В данной работе экспериментальным путем исследовали трёхфазный асинхронный двигатель АИС56В4У3. Собрали схему как показано на рисунке. Обмотки двигателя соединили треугольником, а в качестве нагрузки использовали генератор постоянного тока с независимым возбуждением.

В результате эксперимента получили механические и рабочие характеристики.

В результате анализа полученных зависимостей был сделан вывод о том, что изменение напряжения на зажимах статора приводит не только к изменению вращающегося момента, но и к изменению скорости вращения ротора и мощности на валу двигателя при постоянном вращающемся моменте.

Чем ниже напряжение, тем меньше скорость и мощность. Величина напряжения, подводимого к статору, оказывает влияние и на коэффициент полезного действия двигателя. Таким образом, с изменением напряжения на фазах двигателя изменяются и его рабочие характеристики.



Петров А.Е., Якименко К.А.

*Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор В.В. Ромашов
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: petrov_a@mail.ru*

Исследование моделей шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот с использованием образов основной частоты ЦВС

Для формирования частот используются прямой аналоговый, косвенный и прямой цифровой методы синтеза. У каждого есть свои плюсы и минусы. Гибридный метод синтеза представляет собой комбинации вышеназванных методов, что позволяет снизить влияние их недостатков на систему синтеза.

Гибридные синтезаторы на основе систем фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) обеспечивают малый шаг частотной сетки, низкий уровень фазовых шумов и дискретных составляющих выходного сигнала [1].

Уровень ФШ ГСЧ можно уменьшить за счет увеличения выходной частоты ЦВС тем самым уменьшив коэффициент деления в цепи обратной связи ФАПЧ. Для увеличения выходной частоты ЦВС можно использовать побочные составляющие спектра выходного сигнала – образы основной частоты [2].

Спектральная плотность мощности (СПМ) фазовых шумов характеризует фазовую нестабильность выходного сигнала синтезаторов. Целью данной работы является разработка математической модели СПМ фазовых шумов гибридного синтезатора частоты с использованием образов ЦВС.

Структурная схема гибридного синтезатора, использующего образы основной частоты ЦВС, представлена на рис. 1.

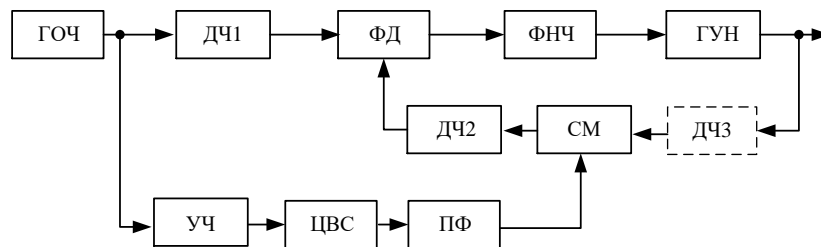


Рис. 1. Гибридный синтезатор, использующий образы основной частоты

На рис. 1 применены следующие обозначения: ГОЧ – генератор опорной частоты; ЦВС – цифровой вычислительный синтезатор; УЧ – умножитель частоты ДЧ1, ДЧ2, ДЧ3 - делители частоты; СМ – смеситель частоты ФД – фазовый детектор; ГУН – генератор, управляемый напряжением ФНЧ – фильтр нижних частот.

Математическая модель СПМ фазовых шумов гибридного синтезатора имеет вид:

$$S_{ГС}(F) = \left[\frac{S_{ГОЧ}(F)}{N_1^2} + S_{ДФКДН1}(F) + \frac{S_{УФД}(F) + S_{ФНЧ}}{E_{УФД}^2} + S_{ДФКДН2}(F) + \frac{1}{N_2^2} [S_{СМ}(F) + S_{ЦВС_обр}(F)] \right] |H_{31}(F)|^2 + S_{ГУН}(F) \cdot |H_{32}(F)|^2;$$

где $S_{ГОЧ}$, $S_{УФД}$, $S_{ДФКДН1}$, $S_{ФНЧ}$, $S_{ДФКДН2}$, $S_{СМ}$, $S_{ЦВС_обр}$, $S_{ГУН}$ - математические модели соответствующих звеньев гибридного синтезатора; H_{31} и H_{32} - передаточные функции ФАПЧ

по внешним и внутренним шумам; $N1$ и $N2$ - коэффициенты деления делителей частот ДЧ1 и ДЧ2 соответственно.

На рис. 2 приведены результаты моделирования шумовых характеристик гибридного синтезатора для следующих значений частот: $f_{ЦВС} = 1000$ МГц, $f_{срчфд} = 100$ МГц, $f_{гун} = 10$ ГГц.

Коэффициент умножения $n1=25$ и двух значений $K_{ЦВС}=0,1; 0,4$.

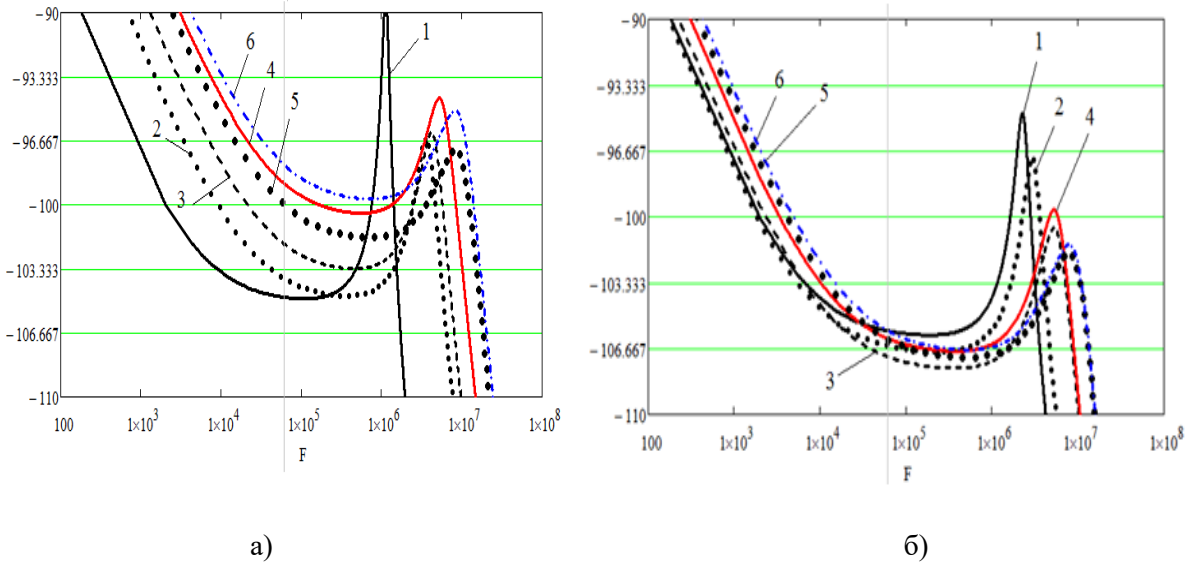


Рис. 2. СПМ фазовых шумов гибридного синтезатора на образцах а) при $K_{ЦВС}=0,1$ б) при $K_{ЦВС}=0,4$: номера образцов 1) $n=0$ 2) $n=1$ 3) $n=-1$ 4) $n=-2$ 5) $n=2$ 6) $n=-3$

Таким образом, полученная математическая модель позволяет производить теоретическую оценку уровня фазовых шумов гибридного синтезатора. Так же определили, что при увеличении $K_{ЦВС}$ уровень фазовых шумов снижается. При использовании образцов мы имеем лучшие шумовые характеристики после частоты отстройки $F=10$ кГц, около 2-3 дБ.

Литература

1. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н. Модель спектральной плотности мощности фазовых шумов цифровых вычислительных синтезаторов на образцах основной частоты // Радиопромышленность. 2012, №2. С. 38-48.
2. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Якименко К.А. Исследование шумовых характеристик гибридного синтезатора частот на основе однокольцевой ИФАПЧ со смесителем и цифрового вычислительного синтезатора // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2013, №4 С. 23-29

Пономарев С.В.

*Научный руководитель: канд.техн.наук, доцент И.А. Курилов
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: ponomareff.serega2011@yandex.ru*

Исследование синтезатора частот с комбинированным регулированием

Важным показателем качества выходного сигнала синтезаторов частот является уровень его фазовых искажений [1]. В настоящее время широкое распространение в технике связи и при формировании зондирующих сигналов получили методы формирования сигналов с использованием умножителей частоты и цифровых вычислительных синтезаторов частот (ЦВС)

К появлению фазовых искажений приводят переходные процессы цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) ЦВС, джиттер блоков синтезатора и интерфейсов между блоками, внешние и внутренние дестабилизирующие факторы. Применение автоматической компенсации фазовых искажений позволяет существенно уменьшить уровень фазовых помех ЦВС и синтезатора в целом. Дополнительное улучшение параметров синтезатора возможно введением дополнительного тракта подавления собственных фазовых помех умножителя частоты на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ).

Метод автоматической компенсации фазовых искажений с комбинированным регулированием основан на выделении закона паразитного отклонения фаз выходного сигнала ЦАП ЦВС и последующем противофазном отклонении тактового сигнала ЦАП в управляемом фазовращателе (УФ) под действием выделенного сигнала [1-3]. Таким образом, отклонение фазы выходного сигнала ЦВС компенсируется противофазным отклонением фазы сигнала при его прохождении через УФ. Метод не требует индивидуальной калибровки отдельных блоков синтезатора, обеспечивает компенсацию помех с частотой, близкой к основной частоте сигнала, и может применяться вместе с фильтрацией.

В данной работе предлагается использовать для построения тракта автокомпенсации принцип комбинированного регулирования и формирования опорного сигнала тракта автокомпенсации с использованием делителя частоты системы ФАПЧ1 первого умножителя частоты (УЧ1) для улучшения компенсационных свойств устройства.

На рис. 1 представлена структурная схема синтезатора частот с комбинированным регулированием. На схеме обозначены блоки: ОГ – опорный генератор, С_п – код выходного сигнала ЦВС, УФ – управляемый фазовращатель, УТ КР-управляющий тракт автокомпенсатора фазовых искажений, С-сумматор, УТУ-управляющий тракт устройства автокомпенсации собственных фазовых искажений ФАПЧ2, УЧ2 – второй умножитель частоты на основе ФАПЧ2.

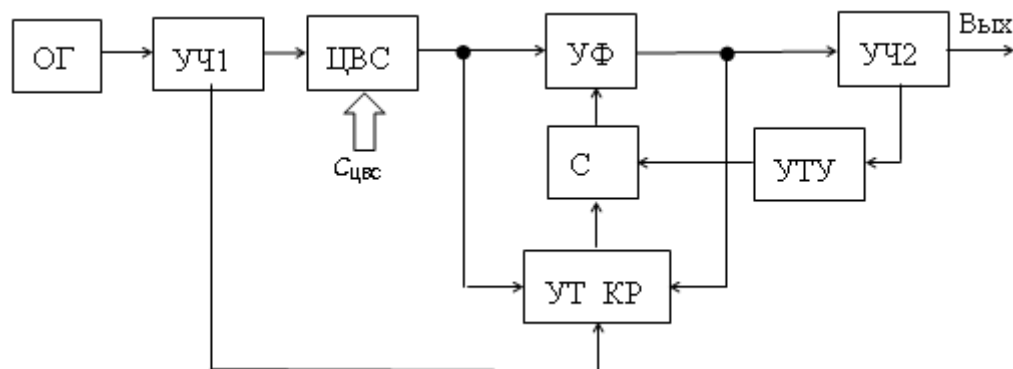


Рис. 1. Структурная схема синтезатора частот с комбинированным регулированием

Для анализа устойчивости и частотных характеристик синтезатора частот с комбинированным регулированием при малых дисперсиях фазовых флуктуаций была выполнена линейная аппроксимация [4] характеристик блоков устройства: фазовых детекторов автокомпенсатора ФДА1 и ФДА2, фазовращателя УФ, а также генератора управляемого напряжением 1 УЧ1, и фазового детектора ФАПЧ1 умножителя частоты УЧ1, генератора управляемого напряжением 2 и фазового детектора ФАПЧ2 умножителя частоты УЧ2.

На основе линеаризованной модели формирователя были получены выражения передаточных функций устройства для всех видов дестабилизирующих факторов. Структура полученных передаточных функций синтезатора частот с комбинированным регулированием показывает эффективность предложенной схемы синтезатора.

Литература

1. Surzhik D.I., Kurilov I.A., Kuzichkin O.R., Vasilyev G.S., Kharchuk S.M. Modeling the noise properties of hybrid frequency synthesizers with automatic compensation of phase noise of DDS. // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 - Proceedings 2015. С. 7147015.
2. Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот. //Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2, 2014. – С. 30-38.
3. Васильев Г.С., Суржик Д.И., Харчук С.М., Курилов И.А Шумовые свойства формирователя сигналов с автокомпенсацией фазовых помех. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2015. № 4 (20). С. 5-12.
4. Курилов И.А., Ромашов В.В., Жиганова Е.А., Романов Д.Н., Васильев Г.С., Харчук С.М., Суржик Д.И. Методы анализа радиоустройств на основе функциональной аппроксимации. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2014. № 1 (13). С. 35-49.

Привезёнов И.А.

*Научный руководитель: ст. преподаватель С.М. Харчук
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет име-
ни Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: privezenov@list.ru*

Исследование синтезатора частот с регулированием по возмущению

Актуальность темы работы обусловлена широким применением в технике связи, приемных и передающих устройств методов формирования сигналов с использованием цифровых вычислительных синтезаторов частот (ЦВС)

ЦВС, реализующие метод прямого цифрового синтеза частот, имеют ряд существенных преимуществ перед аналоговыми и косвенными методами синтеза частот и сигналов. В частности это удобство цифрового интерфейса, высокое разрешение по частоте и фазе, быстрая перестройка по частоте без разрыва фазы. Однако недостатком синтезаторов сигналов на основе ЦВС, например, по сравнению с синтезаторами косвенного синтеза частот на основе фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), является значительный уровень фазовых шумов синтезируемого колебания. К факторам, вызывающим рост фазовых флуктуаций, относятся: шумы квантования, дискретизации, вызванные конечной разрядностью цифровых блоков синтезатора и погрешности преобразования цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) ЦВС; переходные процессы ЦАП, вызывающие выбросы выходного сигнала при смене управляющего кода.

Исследования показали, что эффективным способом подавления фазовых помех ЦВС является автоматическая компенсация данных помех [1-3]. Способ основан на выделении закона паразитного отклонения фазы выходного сигнала ЦАП ЦВС и последующем противофазном отклонении фазы обрабатываемого сигнала в управляемом фазовращателе (УФ). При этом управляющий сигнал формируется на основе фазового детектирования с последующей фильтрацией и усилением в усилителе постоянного тока.

Введение дополнительного тракта подавления собственных фазовых помех умножителя частоты на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) на выходе синтезатора частот, позволяет получить компенсацию фазовых искажений умножителя частоты синтезатора и повысить качество выходного сигнала системы в целом.

Метод автоматической компенсации фазовых искажений с регулированием по возмущению основан на выделении закона паразитного отклонения фазы выходного сигнала ЦАП ЦВС непосредственно перед УФ и позволяет повысить быстродействие процесса компенсации искажений. Метод обеспечивает компенсацию помех с частотой, близкой к основной частоте сигнала.

Предлагается использовать для построения тракта автокомпенсации принцип комбинированного регулирования и формирования опорного сигнала тракта автокомпенсации с использованием делителя частоты системы ФАПЧ1 первого умножителя частоты (УЧ1) для улучшения компенсационных свойств устройства.

На рис. 1 представлена структурная схема синтезатора частот с регулированием по возмущению. На схеме обозначены блоки: ОГ – опорный генератор, Сп – код выходного сигнала ЦВС, УФ – управляемый фазовращатель, УТ РВ-управляющий тракт автокомпенсатора фазовых искажений, С-сумматор, УТУ-управляющий тракт устройства автокомпенсации собственных фазовых искажений ФАПЧ2, УЧ2 – второй умножитель частоты на основе ФАПЧ2.

Для условия малых дисперсий фазовых флуктуаций осуществлена линейная аппроксимация [2] характеристик блоков устройства: фазового детектора автокомпенсатора, фазовращателя УФ, а также генератора управляемого напряжением 1 (ГУН1) УЧ1, и фазового детектора ФАПЧ1 умножителя частоты УЧ1, генератора управляемого напряжением 2 и фазового детектора ФАПЧ2 умножителя частоты УЧ2. На основе линеаризованной модели синтезатора в работе были получены выражения всех передаточных функций устройства.

В том числе получены:

передаточная функция «Дестабилизирующий фактор ЦАП - фаза выходного сигнала»;
 передаточная функция «Дестабилизирующий фактор УФ - фаза выходного сигнала»;
 передаточная функция «Дестабилизирующий фактор ГУН2 - фаза выходного сигнала»
 передаточная функция «Дестабилизирующий фактор ГУН1 - фаза выходного сигнала» и др.

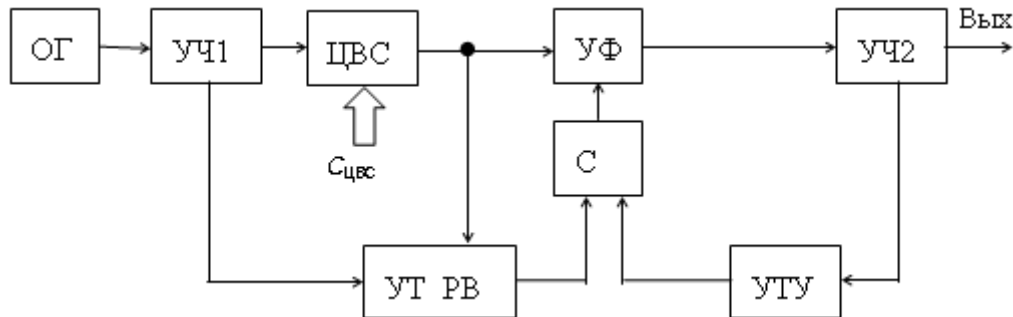


Рис. 1. Структурная схема синтезатора частот с регулированием по возмущению

Анализ передаточных функций синтезатора частот с регулированием по возмущению показывает эффективность предложенной схемы синтезатора. В частности применение регулирования по возмущению в тракте автокомпенсации позволяет осуществлять полное подавление фазовых искажений устройства и медленных фазовых отклонений ЦВС при единичном значении коэффициента регулирования по возмущению. К недостаткам схемы следует отнести отсутствие контроля собственных паразитных отклонений фазы УФ.

Литература

1. Surzhik D.I., Kurilov I.A., Kuzichkin O.R., Vasilyev G.S., Kharchuk S.M. Modeling the noise properties of hybrid frequency synthesizers with automatic compensation of phase noise of DDS. // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 - Proceedings 2015. С. 7147015.
2. Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот. //Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2, 2014. – С. 30-38.
3. Курилов И.А., Ромашов В.В., Жиганова Е.А., Романов Д.Н., Васильев Г.С., Харчук С.М., Суржик Д.И. Методы анализа радиоустройств на основе функциональной аппроксимации. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2014. № 1 (13). С. 35-49.

Сакулин З.В.

*Научный руководитель: преподаватель Локостов Н.В.**Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Владимирской области Муромский колледж радиоэлектронного приборостроения.**г. Муром, Комсомольская 55**e-mail: lokostof@mail.ru*

Электронное учебное пособие по междисциплинарному курсу МДК01.01 «Технология монтажа устройств, блоков и приборов радиоэлектронной техники»

Данное электронное учебное пособие является частью учебно-методического комплекса по специальности 11.02.02 Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники (по отраслям). Пособие предназначено для изучения междисциплинарного курса МДК 01.01 «Технология монтажа устройств, блоков и приборов радиоэлектронной техники». Оно представляет совокупность текстовой, языковой, графической, цифровой, видео, аудио и другой информации, а также как программно-методический комплекс, обеспечивающий студентам возможность самостоятельно или с помощью преподавателя усвоить междисциплинарный курс. Отсутствие учебников, которые бы полностью отражали требования ФГОС 3 по данному междисциплинарному курсу делает разработку данного пособия актуальным.

Необходимое программное обеспечение: программа Mytest, аудио и видео кодеки, пакет прикладных программ MS Office. Программа выполнена на объектно-ориентированном языке программирования C Sharp.

Структурное содержание включает в себя главную страницу, мультимедийные наработки по учебному материалу, лабораторные и практические работы и систему контроля знаний в виде тестовых заданий.

Навигация по электронному пособию осуществляется с помощью меню ссылок с названием тем занятий. Каждое занятие включает в себя теоретический материал, презентации и видеоролики, с соответствующей цветовой гамме (синий цвет – документы, зеленый – презентации, розовый – видеоролики).

Содержательная часть разбита по темам и по занятиям. Фрагмент содержательной части и навигация по пособию представлен на рис. 1.

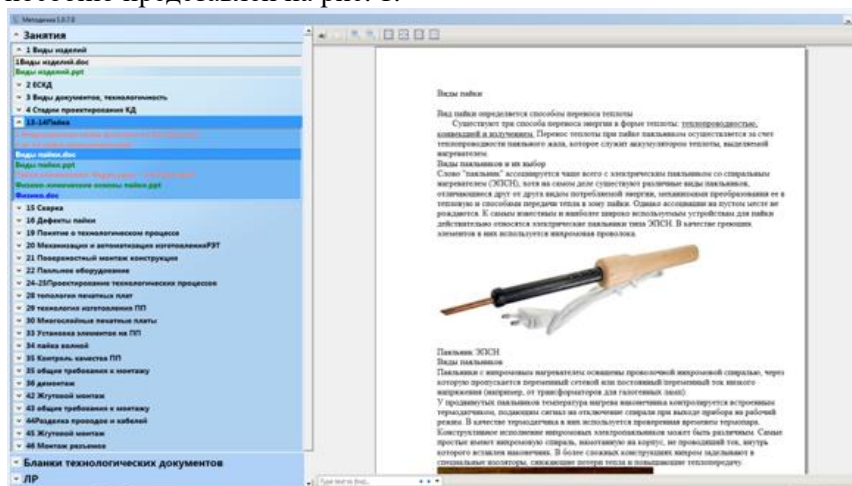


Рис. 1.

Каждая тема дополнена презентациями и видеоматериалами, систематизирующими и поясняющими изучаемый материал. Фрагменты презентаций и видеоматериалов представлены на рис. 2.

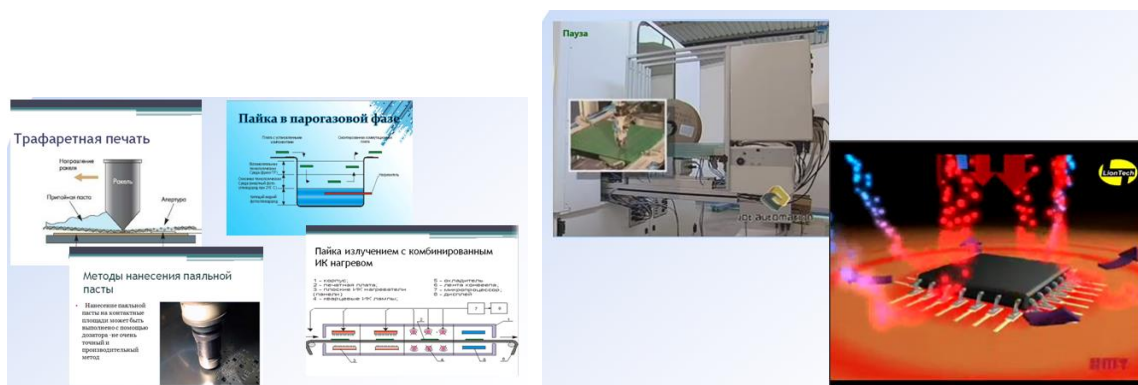


Рис. 2.

Практическая часть включает в себя методические указания по выполнению практических и лабораторных работ и бланки технологических документов. Это способствует формированию практических умений по разработке технологических процессов различных видов монтажа.

Контроль знаний систематизирован с помощью тестовых заданий MyTest. Такой автоматизированный контроль обеспечит самостоятельную проверку студентами степени усвоенного материала.

Литература

1. Ярочкина, Г.В.. Радиоэлектронная аппаратура и приборы. Монтаж и регулировка / Г.В. Ярочкина – М.: АСАДЕМА, 2002 г. – 240 с.
2. Петров, В.П.. Выполнение монтажа и сборки средней сложности и сложных узлов, блоков, приборов радиоэлектронной аппаратуры / В.П. Петров – М.: АСАДЕМА, 2013 г. – 272с.

Суржик Д.И., Шлёнкин Д.Н.

*Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор В.В. Ромашов
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: kh@mivlgu.ru*

Разработка синтезатора частот радиовещательного диапазона 3-13 МГц

В настоящее время синтезаторы частот являются неотъемлемой частью практически всех современных приемо-передающих систем: в устройствах генерирования они выступают в качестве формирователей сигналов, в устройствах приема и обработки, как правило, в качестве гетеродинов. Одним из активно развивающихся радиовещательных диапазонов частот, в которых работают как любительские, так и приемо-передающие устройства специальных служб, является полоса от 3 МГц до 13,3 МГц. Относительно узкая полоса частот указанного диапазона и наличие большого числа соседних станций накладывают определенные ограничения на применяемые в приемо-передающей аппаратуре синтезаторы по шагу сетки частот и спектральным характеристикам.

Обобщенная структурная схема предложенного в работе синтезатора частот приведена на рис. 1. Для обеспечения высокого частотного разрешения синтезируемых сигналов использован цифровой вычислительный синтезатор (ЦВС), который охвачен цепью автоматической компенсации фазовых искажений (АКФИ) [1,2] с целью улучшения его спектральных характеристик. Петля фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) синтезатора осуществляет функцию устройства управления АКФИ, а также способствует фильтрации фазовых искажений ЦВС и тактового генератора (ТГ). Подобная комбинация из последовательного соединения синтезаторов частот прямого и косвенного типа представляет собой гибридный синтезатор частот с ЦВС в качестве опорного генератора петли ФАПЧ. Данный способ синтеза позволяет существенно снизить влияние недостатков каждого из методов формирования в отдельности, позволяя получить наилучшие характеристики устройства по многим параметрам [2].

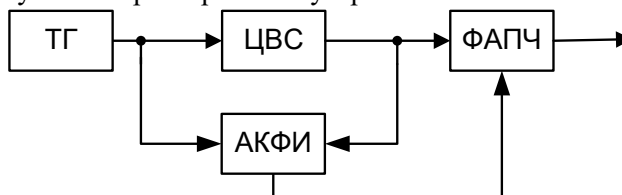


Рис.1. Обобщенная структурная схема исследуемого синтезатора частот

Устройство работает следующим образом. Тактовый меандр с генератора ТГ поступает на ЦВС, выходной сигнал которого поступает на систему ФАПЧ. В результате высокая разрешающая способность ЦВС по частоте, определяемая разрядностью его аккумулятора фазы (у современных ЦВС 32-48 бит), сохраняется даже после существенного умножения петель автоподстройки фазы. ТГ и петля ФАПЧ обладают низким уровнем фазовых шумов и паразитных спектральных составляющих, а фазовые искажения выходного сигнала ЦВС, возникающие в процессе цифрового синтеза, существенно ослабляются цепью АКФИ.

Литература

1. Суржик, Д. И. Компенсация искажений ЦВС в гибридных синтезаторах частот / Д. И. Суржик, И. А. Курилов, Г. С. Васильев // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2015. - № 4(20). - С. 13-19.
2. Ромашов, В.В. Передаточные функции гибридного синтезатора частот с автокомпенсацией фазовых искажений и регулированием по возмущению / В.В. Ромашов, Г.С. Васильев, И.А. Курилов, Д.И. Суржик, С.М. Харчук // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2016. - № 2(22). - С. 12-20.

Туманов М.А.

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент И.А. Курилов
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: jerebjec1992@mail.ru*

Исследование синтезатора частот с регулированием по отклонению

В настоящее время широкое распространение в радиотехнике и в частности в технике связи, и при формировании зондирующих сигналов получили методы формирования сигналов с использованием умножителей частоты и цифровых вычислительных синтезаторов частот (ЦВС). Уровень фазовых искажений синтезаторов частот [1] в значительной степени определяет качество его выходного сигнала.

К появлению фазовых искажений приводят переходные процессы цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) ЦВС, джиттер блоков синтезатора и интерфейсов между блоками, внешние и внутренние дестабилизирующие факторы. Существенно уменьшить уровень фазовых помех ЦВС и синтезатора в целом позволяет использование систем автоматической компенсации фазовых искажений и помех. Введение дополнительного тракта подавления собственных фазовых помех умножителя частоты на основе системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) расширяет возможности подавления помех и приводит к улучшению качества выходного сигнала.

Метод автоматической компенсации фазовых искажений с регулированием по отклонению основан на выделении закона паразитного отклонения фазы выходного сигнала ЦАП ЦВС и последующем противофазном отклонении тактового сигнала ЦАП в управляемом фазовращателе (УФ) под действием выделенного сигнала [1-2]. Информация о паразитном отклонении фазы снимается с выхода УФ. При этом отклонение фазы выходного сигнала ЦВС компенсируется противофазным отклонением фазы сигнала в УФ. Метод обеспечивает компенсацию помех с частотой, близкой к основной частоте сигнала, и может применяться вместе с пассивной и активной фильтрацией.

В работе так же предлагается использовать для построения тракта автокомпенсации формирование опорного сигнала тракта автокомпенсации на основе делителя частоты системы ФАПЧ1 первого умножителя частоты (УЧ1), что позволит улучшить степень подавления фазовых помех.

На рис. 1 представлена структурная схема синтезатора частот с регулированием по отклонению. На схеме обозначены блоки: ОГ – опорный генератор, С_п – код выходного сигнала ЦВС, УФ – управляемый фазовращатель, УТ РО-управляющий тракт автокомпенсатора фазовых искажений с регулированием по отклонению, С-сумматор, УТУ-управляющий тракт устройства автокомпенсации собственных фазовых искажений ФАПЧ2, УЧ2 – второй умножитель частоты на основе ФАПЧ2.

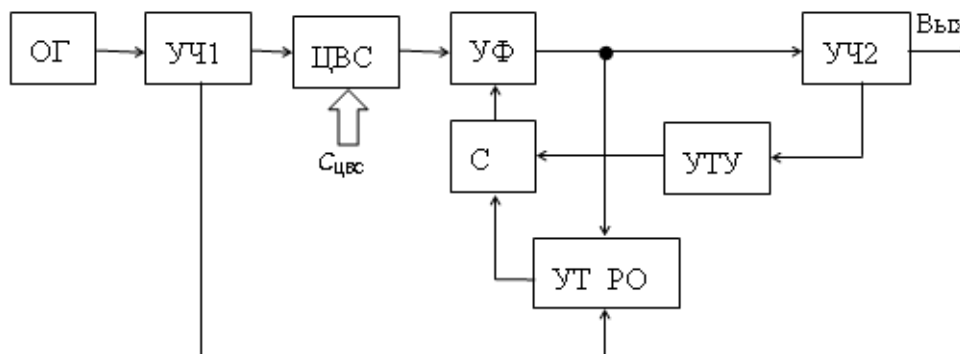


Рис. 1. Структурная схема синтезатора частот с регулированием по отклонению

Для анализа различных характеристик синтезатора частот с регулированием по отклонению (устойчивости, частотных и динамических характеристик, шумовых свойств) при малых дисперсиях фазовых флуктуаций осуществлена линейная аппроксимация [3] характеристик блоков устройства: фазового детектора автокомпенсатора ФДА, фазовращателя УФ, а также генератора управляемого напряжением 1 (ГУН1) УЧ1, и фазового детектора ФАПЧ1 умножителя частоты УЧ1, генератора управляемого напряжением 2 и фазового детектора ФАПЧ2 умножителя частоты УЧ2. На основе линеаризованной модели синтезатора были получены выражения всех передаточных функций устройства.

В том числе получены:

передаточная функция «Дестабилизирующий фактор ОГ - фаза выходного сигнала»;

передаточная функция «Дестабилизирующий фактор ЦАП - фаза выходного сигнала»;

передаточная функция «Дестабилизирующий фактор УФ - фаза выходного сигнала»;

передаточная функция «Дестабилизирующий фактор ГУН1 - фаза выходного сигнала» и

др.

Анализ полученных передаточных функций синтезатора частот с регулированием по отклонению показывает, что применение регулирования по отклонению в тракте автокомпенсации, позволяет увеличить подавление фазовых искажений устройства и медленных фазовых отклонений ЦВС при пропорциональном увеличении значения коэффициента регулирования по отклонению N_2 . Кроме того обеспечивается контроль за собственными паразитными отклонениями фазы УФ и их подавление.

Литература

1. Рудаков А.М., Курилов И.А., Харчук С.М., Романов Д.Н. Математическое моделирование автокомпенсации фазовых помех на выходе ЦАП прямого цифрового синтезатора частот. Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2 (10), 2013. – С. 19-25.
2. Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот.// Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2, 2014. – С. 30-38.
3. Васильев Г.С., Суржик Д.И., Харчук С.М., Курилов И.А. Шумовые свойства формирователя сигналов с автокомпенсацией фазовых помех. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2015. № 4 (20). С. 5-12.

Шлёнкин Д.Н.

*Научный руководитель: преп. каф. УКТС Д.И. Суржик
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
 e-mail: kh@mivlgu.ru*

Разработка автокомпенсатора фазовых искажений цифрового вычислительного синтезатора в программе Micro-CAP

Данная работа посвящена схемотехнической реализации автокомпенсатора фазовых искажений (АКФИ) [1] в программе Micro-CAP [2], разработанного для цифрового вычислительного синтезатора (ЦВС) со следующими параметрами: частота тактового генератора 30 МГц, разрядность аккумулятора фазы 32 бит, разрядность постоянного запоминающего устройства 16 бит, разрядность цифро-аналогового преобразователя 10 бит.

Необходимость совместного применения ЦВС с АКФИ обусловлена тем, что спектр выходного сигнала синтезатора помимо гармоник основной частоты содержит множество дискретных паразитных спектральных составляющих [1] уровнем минус 60 – минус 80 дБ (рис. 1), вызванных эффектом квантования при преобразовании цифрового сигнала в аналоговый, усечением кода фазы, воздействием дестабилизирующих факторов, нелинейностью цифро-аналогового преобразователя и некротностью выходных частот ЦВС и тактового генератора.

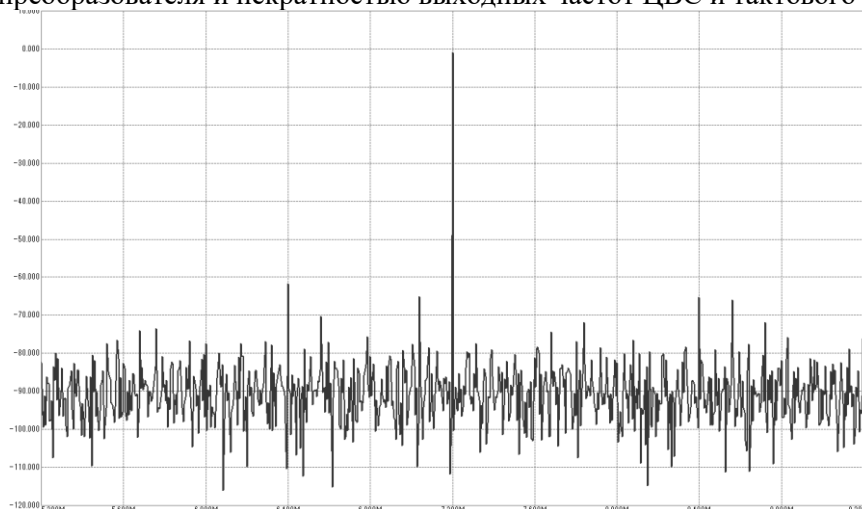


Рис. 1. Спектр выходного сигнала ЦВС с частотой 7,2 МГц

АКФИ содержит в своем составе три тракта: опорный (ОТ), информационный (ИТ) и управляющий (УТ). Назначением опорного и информационного трактов является выравнивание форм и амплитуд сигналов с входа и выхода ЦВС при сохранении фазовых сдвигов, управляющего – преобразование компенсирующего сигнала. В качестве дифференцирующих цепей ОТ и ИТ использованы ФВЧ 1-го порядка, триггеры ОТ и ИТ реализованы микросхемами 74VHC74, усилитель ОТ – неинвертирующим ОУ AD8055, усилитель ИТ – каскадами на биполярных транзисторах КТ368А, двухполупериодный выпрямитель ИТ - схемой на ОУ AD8055, фазовый детектор УТ - логическим элементом «Исключающее ИЛИ» 74VHC86, ФНЧ УТ - RC-фильтром 1-го порядка.

Литература

1. Суржик, Д. И. Компенсация искажений ЦВС в гибридных синтезаторах частот / Д. И. Суржик, И. А. Курилов, Г. С. Васильев // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2015. - № 4(20). - С. 13-19.
2. Амелина, М.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версия 9, 10. / М.А. Амелина, С.А. Амелин. - Смоленск, Смоленский филиал НИУ МЭИ, 2013. - 618 с.

Ярцев А.А.

Научные руководители: преподаватель С.В.Мышляков,
канд.техн.наук, преподаватель Т.Г.Кострова

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Владимирской области “Муромский колледж радиоэлектронного приборостроения”
602267 г. Муром, Владимирская обл., ул. Комсомольская, 55

Разработка и изготовление многофункционального тестера полупроводниковых элементов

Многофункциональный тестер полупроводниковых элементов - это электронно - измерительный прибор, предназначенный для измерения параметров радиоэлементов, распознавания элементов с неизвестной маркировкой.

Во время работы над проектом были проанализированы существующие в настоящее время электронные схемы тестера, выбран наиболее оптимальный вариант конструкции.

В результате исследований установлено, что схема на микроконтроллере позволяет максимально упростить электрическую схему устройства, сделать прибор компактным и значительно расширить область применения.

Изготовленный тестер может быть использован для выполнения измерений параметров, в диапазоне: сопротивления от 0.01 Ом до 50 кОм, ёмкости конденсатора от 25 пФ до 100 мФ, ESR конденсаторов ёмкостью не более 0.18 мФ. Изготовление тестера позволяет произвести наименьшие затраты стоимости по сравнению с покупкой промышленного тестера, т.к. он имеет более простую конструкцию.

Преимущество этого универсального многофункционального тестера, в том, что он помогает найти неисправную деталь или распознать компонент с повреждённой или непонятной маркировкой. Прибор может автоматически обнаруживать компоненты независимо от расположения контактов.

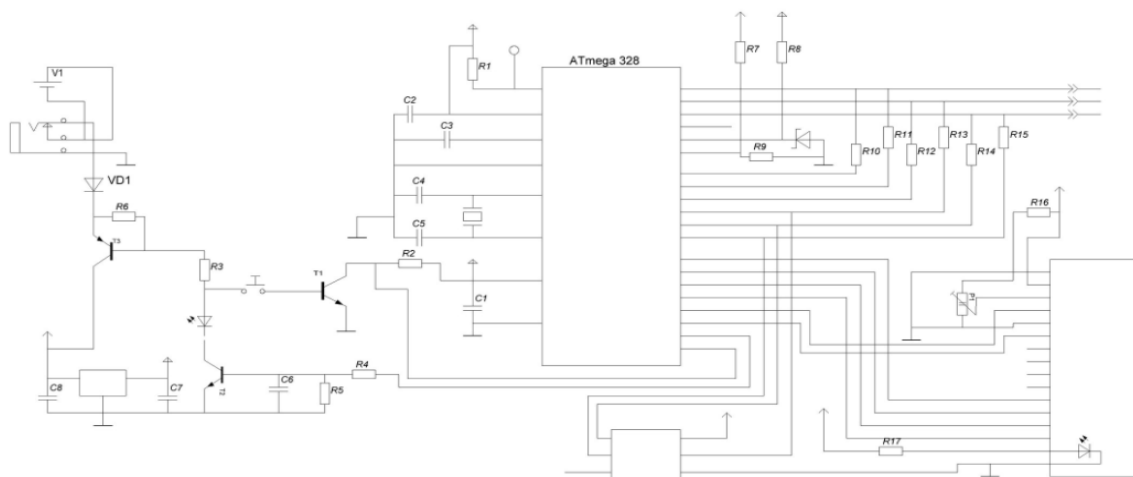


Рис.1. Электрическая схема устройства

Разработанный тестер полупроводниковых элементов обеспечивает измерения параметров с большой точностью.

Проведение измерений параметров радиоэлементов возможно в условиях лаборатории и в условиях эксплуатации;

- напряжение питания- 9В от внутреннего или внешнего источника.

Целью проекта является разработка и изготовление универсального тестера, развитие и укрепление материально-технической базы колледжа, закрепление теоретических знаний.

Сюда относятся, в первую очередь, широкое внедрение технических средств обучения, оснащение лабораторий и кабинетов новейшим оборудованием и приборами, модернизация лабораторных стендов и макетов на современной компонентной базе.

Литература

1. Микропроцессоры: В 3-х кн. / Под ред. Преснухина М.: Высшая школа, 1986. Кн.1. 495 с. Кн.2. 383 с.Кн.3. 351 с.

2. Белый, Ю.А Считающая электроника; М.: Наука, 2011. – 120с

3. radioparty.ru

4. radio-magic.ru

Госты:

1. ГОСТ 7590-78 Приборы электроизмерительные Общие технические условия

2. ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

3. ГОСТ 12692-67 Измерители. Методы и средства поверки