

## ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОГЕНЕРАТОРОВ С АКУСТОЭЛЕКТРОНЫМИ РАДИОКОМПОНЕНТАМИ

## RESEARCH OF AUTOGENERATORS WITH ACOUSTO-ELECTRONIC RADIO COMPONENTS

С. Г. Кремнева, Р. Г. Сатдаров, И. В. Никонов  
Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

S. G. Kremneva, R. G. Satdarov, I. V. Nikonov  
Omsk State Technical University, Omsk, Russia

**Аннотация.** В работе рассмотрены принципы генераторов с устройствами на поверхностных акустических волнах. Приведены результаты исследований. Проведенные исследования подтверждают перспективность построения генераторов с такими акустоэлектронными компонентами и их применения в радиотехнических устройствах для систем связи.

**Ключевые слова:** генераторы, поверхностные акустические волны.

DOI: 10.25206/2310-4597-2021-1-28-30

## I. ВВЕДЕНИЕ

При проектировании современных радиотехнических устройств для систем связи коротковолнового и ультракоротковолнового диапазонов частот, в ряде случаев стали разрабатывать и применять новые функциональные узлы: генераторы гармонических колебаний с акустоэлектронными радиокомпонентами на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Достоинства таких генераторов, использующих сравнительно новые физические принципы, описаны в большом количестве публикаций, например, в [1, 2]. Кроме применения ПАВ-генераторов в системах связи, такие генераторы могут найти применение в качестве контактных и бесконтактных датчиков физических величин и как формирователи специальных сигналов («блокираторы», «глушилки»).

Часть проблем, возникающих при разработке таких (новых) генераторов, уже частично решена, но многие важные задачи схемотехнического проектирования ПАВ-генераторов все еще находятся в стадии программных и экспериментальных исследований (улучшение температурной стабильности и кратковременной стабильности частоты колебаний, расширение полосы диапазонной частотной перестройки). В данной работе рассматриваются некоторые вопросы схемотехнического моделирования с целью улучшения спектральных характеристик ПАВ-генераторов. Приведены результаты экспериментальных исследований спектральных характеристик.

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Электрическая схема ПАВ-генератора с устройством на поверхностных акустических волнах – это традиционное усилительное радиотехническое устройство с частотно-избирательной положительной обратной связью, образующее автогенератор. Частота колебаний может перестраиваться или подстраиваться в небольших пределах с помощью фазовращателя. При узкополосной цепи обратной связи форма выходного сигнала близка к гармонической. Выходной сигнал обычно передается в нагрузку через дополнительный выходной (буферный) усилитель. На рис. 1 приведена схема электрическая структурная генератора (без выходного усилителя).



Рис. 1

Акустоэлектронными радиокомпонентами для цепей положительной обратной связи автогенератора могут быть резонаторы на поверхностных акустических волнах (одновходовые, двухвходовые, с параллельными каналами и с акустической связью между каналами), или же – ПАВ-линии задержки с различной топологией встречно-штыревых преобразователей.

Усилительные устройства собственно автогенератора на ПАВ – это, в большинстве случаев, двухкаскадные усилители на биполярных или униполярных транзисторах или усилители по каскадной схеме. Дополнительно, как правило, предусматривается выходной (буферный) усилитель.

При применении в цепи обратной связи автогенератора ПАВ-резонатора или малоапертурной ПАВ-линии задержки (с большими входными проводимостями), оптимальным для такого варианта является каскадное соединение усилителей типа «общая база» - «общий коллектор». ПАВ-устройство в этом случае включается между выходом схемы «общий коллектор» и входом схемы «общая база», что позволяет обеспечить согласование усилителей и акустоэлектронного устройства. При этом также обеспечивается практически минимальная спектральная плотность мощности фазовых шумов при разных отстройках от средней частоты колебаний генератора.

В дальнейшем будут приведены результаты исследования спектральной плотности фазовых шумов ПАВ-генератора с резонатором, по схеме «общая база» - «общий коллектор» с фазовращателем.

### III. ТЕОРИЯ. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

При моделировании схемы, ее последующей оптимизации и корректировке, и разработке реального устройства могут быть выбраны различные варианты выполнения отдельных этапов работ.

Вариант 1. Формулирование требований к ПАВ-генератору; выбор типа акустоэлектронного устройства (резонатор, линия задержки); моделирование топологии встречно-штыревых преобразователей (ВШП) ПАВ-устройства; моделирование эквивалентной схемы ПАВ-устройства; выбор варианта реализации схемы генератора; выбор активных радиоэлементов; моделирование эквивалентной схемы генератора; корректировка (при необходимости) топологии акустоэлектронного устройства, схемы генератора, радиоэлементов (повторные итерации).

Вариант 2. Формулирование требований к ПАВ-генератору; моделирование эквивалентной схемы примененного ПАВ-устройства; выбор варианта реализации схемы генератора; выбор активных радиоэлементов; моделирование эквивалентной схемы генератора; корректировка (при необходимости) схемы генератора, радиоэлементов.

Первый вариант моделирования целесообразно применять разработок, которые в последующем планируется выпускать серийно. Второй вариант – при различных исследованиях (при схемотехническом моделировании с последующими экспериментальными исследованиями характеристик).

В данной работе проведено моделирование ПАВ-генератора с резонатором по схеме «общая база» - «общий коллектор», с управляемым фазовращателем. Методика моделирования была аналогична примененной ранее [2]. Схема электрическая принципиальная и транзисторы выбраны аналогичными тем, которые были применены при исследованиях в [2] – для сравнения результатов исследований спектральных характеристик генераторов. Эквивалентные параметры ПАВ-резонатора:  $Q \approx 12250$ ;  $R_p \approx 8 \text{ Ом}$ ;  $L_p \approx 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}$ ;  $C_p \approx 0,35 \cdot 10^{-14} \text{ Ф}$ ;  $C_0 \approx 12 \text{ пФ}$  (частота акустического синхронизма 450 МГц). Транзисторы в схеме типа BFR949T. Параметры высокочастотных варикапов 2AB151A5, для управляемого фазовращателя:  $Q = 50$  на частоте 1 ГГц;  $Q = 1000$  на частоте 50 МГц; пределы изменения емкости 1,5-25 пФ. Варикапы были выбраны, учитывая частоту генерации около 450 МГц.

Моделирование проводилось в программной среде «genesys». В таблице 1 приведены результаты исследования фазовых шумов схемы ПАВ-генератора без фазовращателя (вторая строка таблицы) и с управляемым фазовращателем (третья строка таблицы).

ТАБЛИЦА 1  
СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ФАЗОВЫХ ШУМОВ

Частотная отстройка, Гц	100	1000	10000	100000
$S_{\psi}$ , дБ/Гц (без фазовращателя)	-105	-140	-160	-170
$S_{\psi}$ , дБ/Гц (с фазовращателем)	-103	-138	-159	-170

Из данных, приведенных в таблице следует, что при выборе для управляемого фазовращателя высокочастотных варикапов и оптимизации схемы с учетом согласования сопротивлений отдельных функциональных узлов, увеличение фазовых шумов в спектре выходного сигнала ПАВ-генератора незначительное (было не более 2 дБ/Гц). Подобные ПАВ-генераторы можно применять в качестве источников опорной частоты с небольшой частотной подстройкой (при улучшении термостабильности). Результаты моделирования не противоречат исследованиям, приведенным в [2].

#### IV. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты удовлетворяют требованиям, предъявляемым к проектированию современной радиоаппаратуры. Из данных, приведенных в таблице следует, что при правильном выборе высокочастотных варикапов для цепи управления и оптимизации схемы с учетом согласования сопротивлений отдельных функциональных узлов, увеличение фазовых шумов в спектре выходного сигнала ПАВ-генератора незначительное.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков С. А., Никонова, Г. С., Никонов И. В. Дискретно-перестраиваемые генераторы с устройствами на ПАВ // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. 2017. № 1. С. 222–226.
2. Никонов Г. С., Никонов И. В. Минимизация фазовых шумов ПАВ генератора за счет системного проектирования // Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Т. 58, № 8-2, С. 114–117.

УДК 621.746

### ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА И РАЗМЕРА ГРАФИТОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

### INFLUENCE OF THE NUMBER AND SIZE OF GRAPHITE INCLUSIONS ON THE STRENGTH PROPERTIES OF CAST IRON

А. А. Лазарев<sup>1</sup>, Е. А. Шибеев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «Омский завод транспортного машиностроения», г. Омск, Россия

<sup>2</sup>Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

A. A. Lazarev<sup>1</sup>, E. A. Shibehev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Joint Stock Company Omsk Transport Engineering Plant, Omsk, Russia

<sup>2</sup>Omsk State Technical University, Omsk, Russia

**Аннотация.** Рассмотрено влияние размера и количества графитовых включений на прочностные свойства высокопрочного чугуна. Установлено, что размер и количество включений шаровидного графита в высокопрочном чугуне влияет на временное сопротивление при растяжении. Показано, что при одинаковом объеме свободного графита временное сопротивление при растяжении при крупнодисперсной фазе в 1,4 раза больше, чем при мелкодисперсной фазе.

**Ключевые слова:** высокопрочный чугун; шаровидный графит; временное сопротивление при растяжении

DOI: 10.25206/2310-4597-2021-1-30-35

#### I. ВВЕДЕНИЕ

В статье [1] была поднята тема зарождения и роста компактного шаровидного графита, влияющего на прочностные характеристики материала. Видно, что скорость охлаждения равна самой большой на стадии I для любого данного химического состава, что обеспечивает необходимые условия для осаждения примесей кристаллического графита. На стадии II графит имеет объемный рост за счет контакта с жидким металлом и диффузии атомов углерода в жидкой фазе. В процессе кристаллизации жидкость, аустенит и графит будут сосуще-