УДК 621.373.5

Исследование микроволнового генератора шума, нагруженного многозаходной спиральной структурой

Ларионова А.К, Седышев Э.Ю, Федоров С.И

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Аннотация: В данной работе рассматриваются планарные конструкции генераторов шума дециметрового и сантиметрового диапазонов, а также многозаходные спиральные структуры. Представлены результаты компьютерного моделирования и эксперимента с физическими макетами. Предложена конструкция устройства, представляющая из себя объединённый генератор шума с передающей антенной. Обоснованно использование спиральной антенны, рассмотрены некоторые аспекты питания шумового излучателя. Результаты ЭД моделирования генератора и антенны, а также эксперимент с макетом конечного устройства, позволяют сделать вывод о работоспособности структуры в целом.

Ключевые слова: микроволновый диапазон, СВЧ, активный двухполюсник, генератор шума, кольцевые резонаторы, многозаходная спиральная антенна, спиральная антенна.

1. Введение

Шум СВЧ диапазона является на сегодняшний день перспективным решением задачи понижения мощности передаваемого сигнала с ростом частоты. При правильном выборе типа модуляции (кодирования) шум является носителем данных с огромной пропускной способностью и великолепной помехозащищённостью.

Добавив к генератору излучающую ЭД систему, работающую в широкой полосе частот, можно получить физическую модель конечного устройства, которое могло бы найти свое применение в шумовой радиолокации, телекоммуникациях, навигации, спутниковой связи или измерениях.

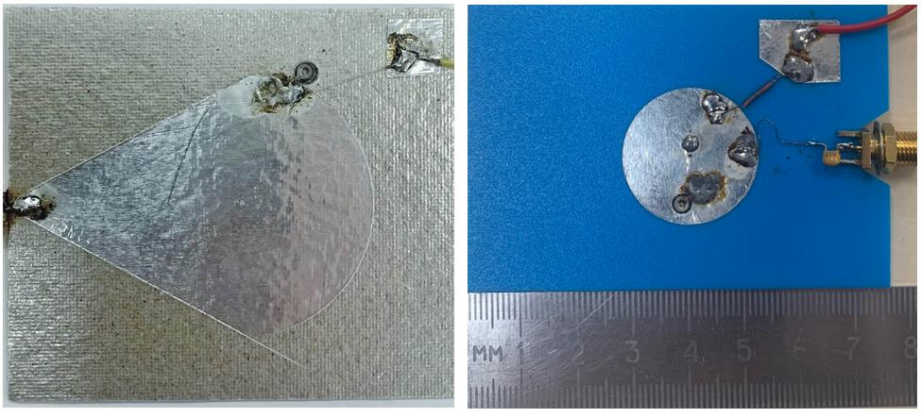
Ввиду своих особенностей, для передачи шумового сигнала было решено использовать спиральную многозаходную антенну.

В работе также предоставляются результаты компьютерного моделирования и экспериментов с физическими макетами.

2. Генератор шума

Генератор на эквивалентном двухполюснике можно рассматривать, как усилитель, охваченный положительной обратной связью (ПОС). В таком режиме коэффициент усиления усилителя стремится к бесконечности, что приводит к самовозбуждению структуры. Таким образом, усилительная структура превращается в генерационную. В стандартном случае роль управляющего резонатора автогенератора играет разомкнутая микрополосковая линия (МПЛ). В предложенной конструкции генератора МПЛ является нерегулярной, что влияет на добротность резонатора, а соответственно и на получение шума в диапазоне частот.

На базе Лаборатории синтеза СВЧ устройств СПбГУТ разработаны макеты различной конфигурации и проведены измерения реальных спектральных характеристик. Результаты макетирования и экспериментов представлены на рисунках ниже.



а) б)

Рисунок 1. Макет ГШ, представляющий из себя шлейф в режиме х.х. (а) [1] и макет ГШ круглой конфигурации (б) [2].

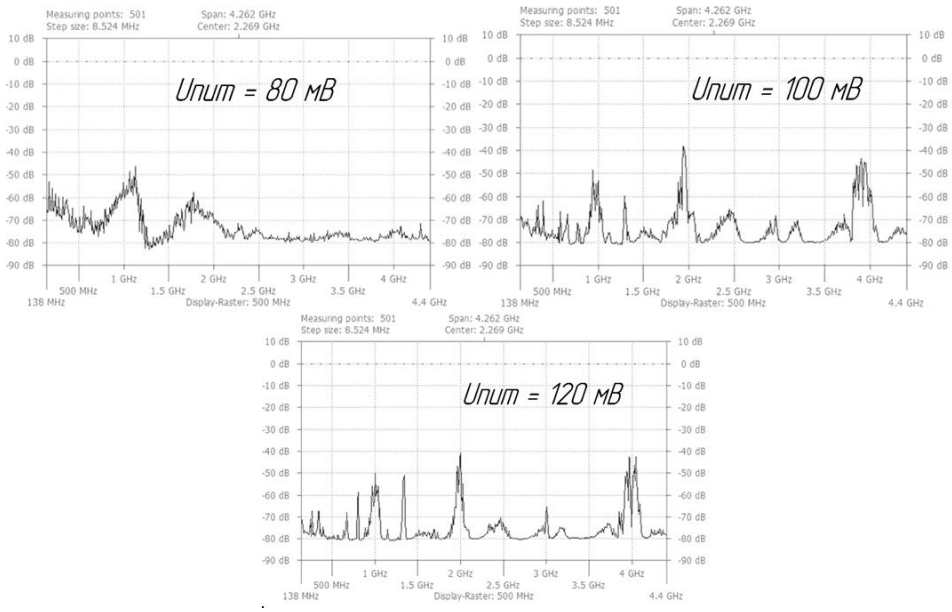
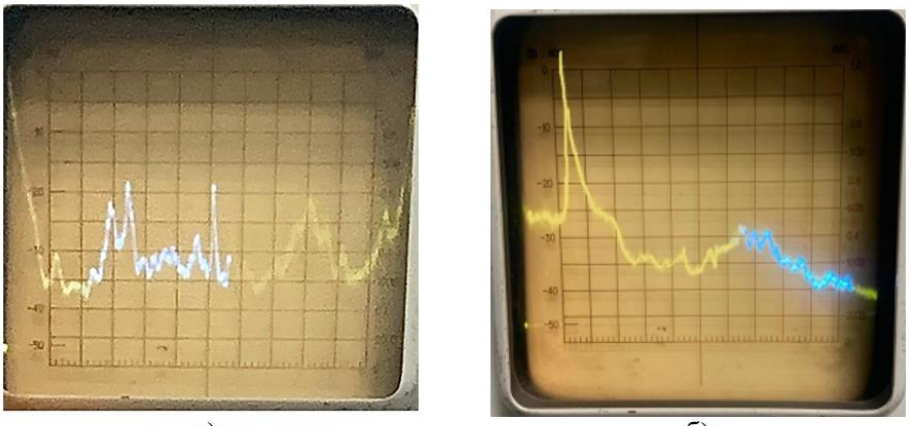


Рисунок 2. Спектральные характеристики ГШ, представляющего из себя шлейф в режиме х.х. при различных значениях Uпит.д.



а) б)

Рисунок 3. Спектральные характеристики ГШ круглой конфигурации Uпит.д. = 130 мВ (а), при Uпит.д. = 230 мВ (б).

На основе полученных осциллограмм, можно заметить, как изменяется выходная характеристика при увеличении питающего напряжения (Uпит.д) туннельного диода. Связано это с вариативностью эквивалентной схемы активного элемента: в зависимости от питающего напряжения, номиналы паразитных составляющих схемы замещения, а также отрицательное дифференциальное сопротивление диода меняются. Разработка общей эквивалентной малосигнальной схемы замещения диода с отрицательным дифференциальным сопротивлением для различных режимов работы в настоящий момент активно ведётся.

3. Передающая структура.

Одной из причин частого использования спиральных антенн в радиотехнике является их широкополосность и эллиптическая поляризация. На основании первой особенности было решено попытаться использовать многозаходную спиральную антенну для передачи шумового сигнала совместно с генератором шума (ГШ) на кольцевом эллиптическом резонаторе (КЭР) [4] или с ГШ на двухпроводной полосковой линии.

В работе [5] рассматривались многие вопросы, связанные со спиральной многозаходной структурой и способами её питания.

ЭД моделирование антенн с длинами витков одной длины показало многодиапазонноость структуры, и её зависимость от геометрии.

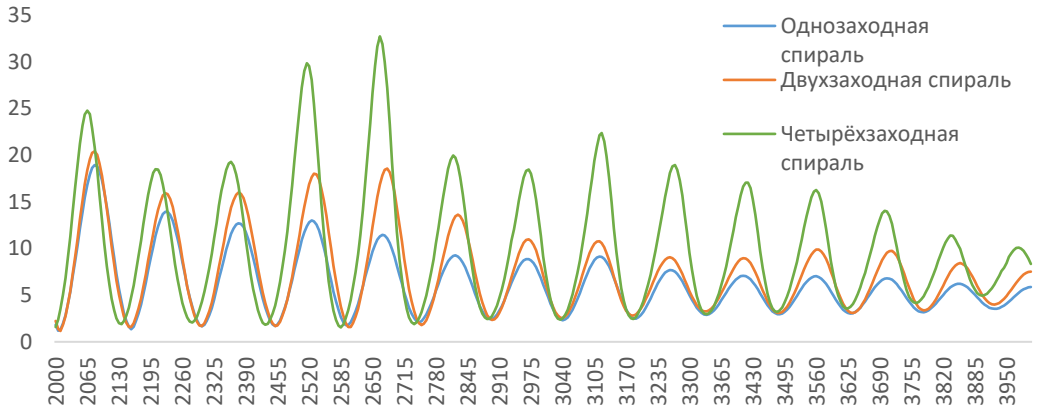


Рисунок 4. КСВ многозаходных антенн с одинаковым диаметром в диапазоне 2-4 ГГц.

Также был рассмотрен способ расширения периодов минимального КСВ за счёт изменения длины витков, работающих в паре. И вариант его математического рассмотрения, как комбинации гармонических функций.

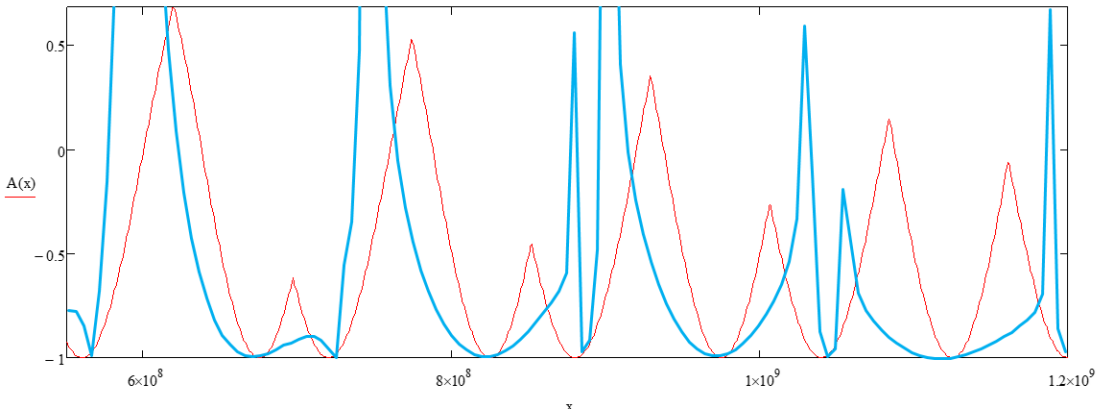


Рисунок 5. КСВ многозаходных антенн с различной длиной витков в диапазоне 550-1200 МГц. ЭД моделирование и математический примитив.

В результате моделирования был создан физический макет устройства, представляющий из себя взаимозаменяемые секции генераторов шума и антенн.

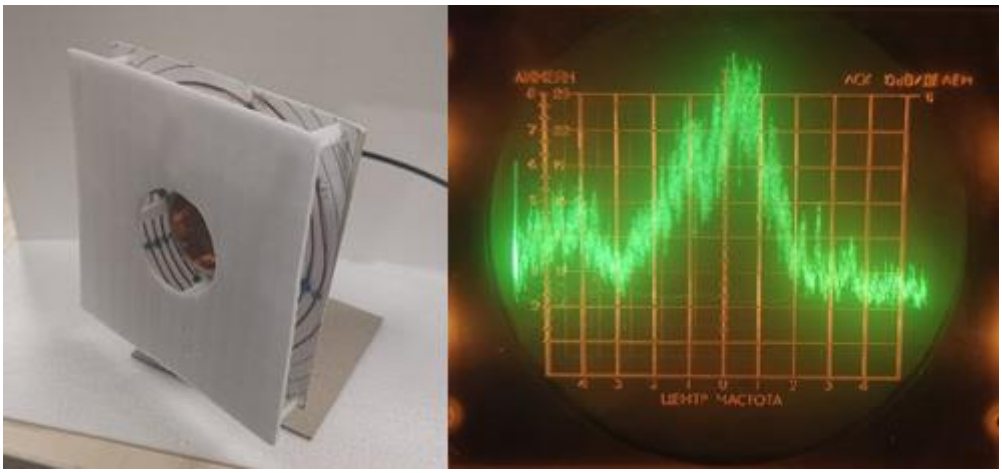


Рисунок 6. Макет устройства и фиксируемый спектр излучения на приёмной антенне.

При подаче на ГШ напряжения и создании радиотракта (до одного метра) приёмная антенна анализатора спектра фиксировала шумоподобный сигнал в различных диапазонах, однако добиться излучения во всей полосе генерации не удалось. Причиной этому может быть, как рассогласование ГШ и многозаходной излучающей структуры, так и неравномерность самого генератора.

4. Заключение

В данной работе были предложены несколько вариаций исполнения ГШ, представлены результаты моделирования и реальных экспериментов с физическими макетами отдельных секций конечного устройства.

По итогам экспериментов можно утверждать, что отдельные секции устройства работоспособны, однако при их объединении не удаётся добиться ожидаемого результата.

Дальнейшая работа по данной НИР предполагает решение проблемы согласования тракта в широком диапазоне частот и создание физического макета конечного устройства с максимально возможным рабочим диапазоном частот.

Список литературы

1. Ларионова А. К., Седышев Э.Ю. Генератор шума СВЧ на полупроводниковом диоде в интегральном исполнении//Всероссийская научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей ПКМ-2022 . С. 33-36.
2. Ларионова А. К., Седышев Э. Ю. Микроволновый генератор шума на резонаторах низкой добротности. СПб – XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция АПИНО 2023.
3. С. А. Корнилов, К. Д. Овчинников. Шумы в генераторах, усилителях и умножителях частоты на лавинно-пролетных диодах. 1993г.
4. А. К. Ларионова. Микроволновый кольцевой генератор на нескольких активных двухполюсниках. 76 РНТК "Студенческая весна - 2022". С 88-92.
5. Глухов Н.И., Седышев Э.Ю, Федоров С.И. Исследование характеристик плоских спиральных многозаходных структур и способов их питания. СПб – XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция АПИНО 2023.
6. Айзенберг Г. З. и др. Антенны УКВ под ре. Г. З. Айзенберга. В 2-х ч., «Связь», 1977.
7. Баскаков С. И. Электродинамика и распространение радиоволн. Учебное пособие. URSS. 2021. 416 с.

8. Солимар Л., Уолш Д. Лекции по электрическим свойствам материалов: Пер. с англ., — М.: Мир, 1991. - 504 с
9. Фальковский, О. И. Техническая электродинамика : учебник / О. И. Фальковский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 432 с.