

## Моделирование репитера, рассчитанного на усиление сигнала стандарта 4G (LTE)

*Представлены результаты расчета репитера для стандарта мобильной связи стандарта 4G (LTE). Расчет производился в программе NI AWR Design Environment, которая обеспечивает открытую конструкторскую платформу для разработки высокочастотных схем и системных продуктов.*

**Ключевые слова:** Усилитель мобильной связи, ретранслятор, репитер, двунаправленный усилитель, транзисторный усилитель с гетеропереходом, диплексер.

В повседневной жизни мобильная связь и интернет стали обязательной частью жизни каждого человека. Неустойчивая 3G/4G и LTE связь – распространенное явление для удаленных от базовых станций районов. Одним из решений для улучшения качества связи является установка репитеров сигнала, служащих для усиления слабых радиосигналов. Усиление сигнала сотовой связи актуально для множества разнообразных объектов, таких как: жилая недвижимость, офисные помещения, общественные здания различных типов, удаленные от вышек сотовой связи поселения.

На сегодняшний день 4G последнее поколение беспроводной связи, которое обладает высокой скоростью передачи данных, а также улучшенным качеством голосовой связи по сравнению с предшествующими поколениями связи. Это в свою очередь влечет за собой повышение удобства и существенную экономию времени, что является главным требованием пользователей. Используя такие технологии, пользователям становятся доступны неограниченные объемы информации. Частоты 4G/LTE, действующие на территории Санкт-Петербурга представлены на рис. 1.

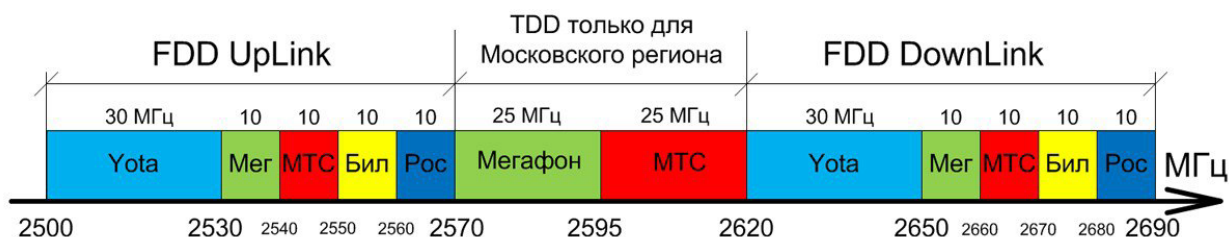


Рис. 1. Частоты 4G/LTE

Для решения проблемы неустойчивой мобильной связи были изобретены репитеры. Репитер – это устройство, предназначенное для расширения зоны покрытия и усиления самого сигнала, что позволяет оставаться «в сети» абонентам там, где уровень сигнала мал или отсутствует, что обеспечивает комфортную эксплуатацию мобильного телефона.

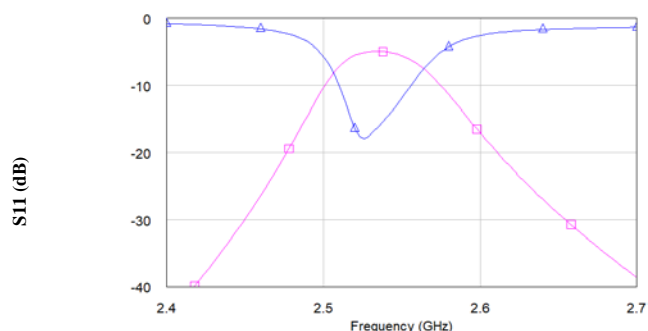
Предлагаемый выбор, уже существующих репитеров довольно разнообразен, как по различным характеристикам, так и по ценовой категории. Все представленные на рынке репитеры являются зарубежными, что обуславливает их относительно большую среднюю

стоимость – порядка 7 тысяч рублей.

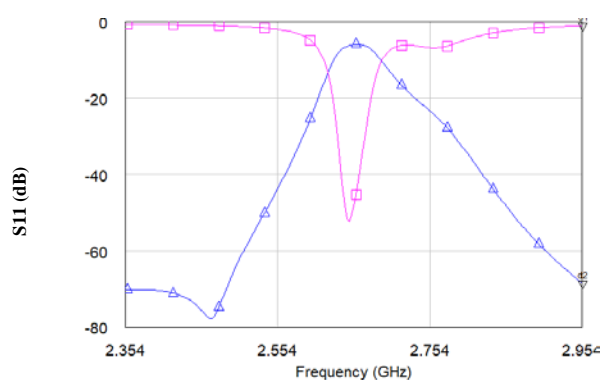
Целью данной работы являлось проектирование репитера мобильной связи стандарта 4G (LTE) на отечественной компонентной базе. Предполагается, что конечная стоимость репитера, изготовленного на отечественной компонентной базе будет составлять не более 3 тысяч рублей.

Для удобства проектирования репитера основные его компоненты были разбиты на отдельные блоки: 2 полосно-пропускающих фильтра, диплексер, усилитель. Каждый блок моделировался отдельно с выводом соответствующих характеристик. В первую очередь разрабатывались фильтры, т.к. они являются составной частью следующего блока: диплексера.

При моделировании были выбраны полосно-пропускающие фильтры на микрополосковых линиях. Выбранный тип фильтра будет пропускать без искажений все спектральные компоненты только в пределах заданной полосы частот и подавляет все компоненты вне ее. Моделирование производилось через опцию iFilter в пакете моделирования NI AWR, которая позволяет ускоренно проектировать фильтры на основе пользовательских запросов. Для этого при создании обоих фильтров были выбраны параметры запроса: порядок фильтра – 4, пульсация – 0.1 дБ, аппроксимация по Чебышеву, линия передач 50 Ом, ширина полосы пропускания 70 МГц, указание центральные частоты составили  $f_0=2.53$  ГГц и  $f_0=2.655$  ГГц. Полученные передаточные характеристики фильтров представлены на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Выходные характеристики ППФ: а) 2.5-2.57 и б) 2.62-2.69 ГГц

После создания двух полосно-пропускающих фильтров их можно объединить в новом блоке, диплексере. Диплексер, как правило, содержит два фильтра с непересекающимися

окнами прозрачности амплитудно-частотных характеристик. Они используются в большинстве случаев как самостоятельные устройства в системах с двумя частотными каналами для разделения и сложения сигналов различных частот. Одним из требований, которое необходимо выполнить при проектировании подобных устройств является отсутствие взаимного влияния каналов. Для реализации был выбран параллельный способ соединения фильтров, наглядно это показано на рисунке 3. Характеристики данного устройства также представлены на рисунке 4, можно отметить, что взаимное влияние каналов отсутствует.

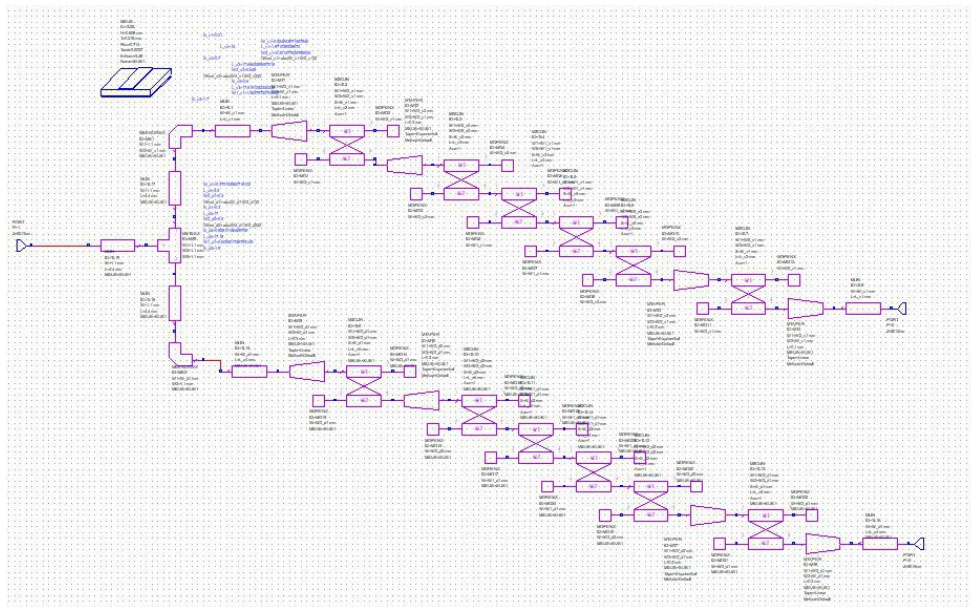


Рис. 3. Схематическое изображение диплексера

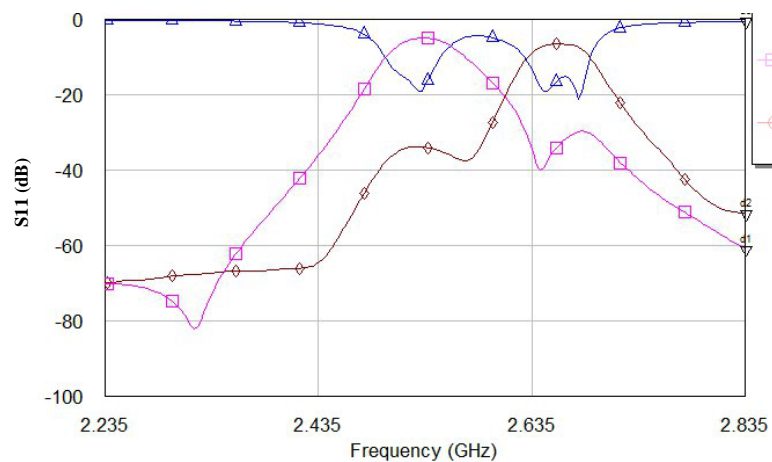


Рис. 4. Характеристики диплексера.

Для того, чтобы объединить два аналогичных диплексера, что обеспечит работу в обе стороны, как на прием, так и передачу сигнала, был использован транзисторный усилитель с гетеропереходом. Такой усилитель относится к маломощным усилителям СВЧ, которые обычно используются во входных цепях приемников для усиления входного сигнала без искажения заложенной в этом сигнале информации. Полученная в результате структура схематично показан на рис. 5. Передаточные характеристики репитера представлены на рис. 6. Как видно итоговое устройство усиливает сигнал на частотах каналов мобильной

связи более чем на 15 дБ.

Спроектированный репитер после изготовления должен будет иметь площадь покрытия около 500 м<sup>2</sup>. Примерная себестоимость на нашем рынке должна быть в диапазоне 2-2.5 тысяч рублей. При этом себестоимость изготовления радиочасти устройства составит порядка трети цены прибора, остальное расходуется на дополнительные части, такие как: алюминиевый корпус и разъемы. Причем алюминиевый корпус обойдется порядка 900 рублей, а каждый разъем порядка 120 рублей.

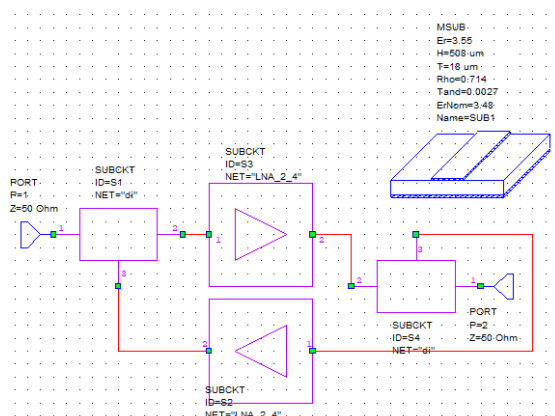


Рис. 5. Схема репитера

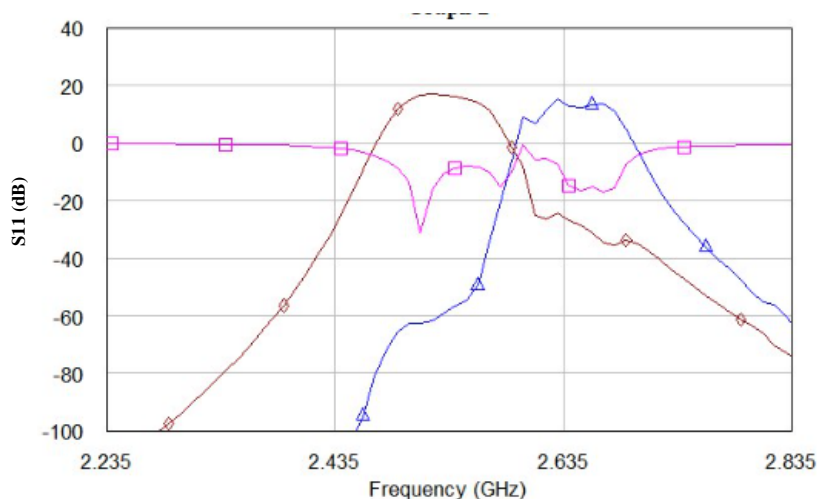


Рис. 6. Характеристики репитера

#### Библиографический список

1. Устройства формирования СВЧ-сигналов и их компоненты: учеб. пособ./Л. А. Белов – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 320 с.;
2. Микроэлектронные устройства СВЧ: Учеб. пособие для М59 радиотехнических специальностей вузов/ Г. И. Веселов, Е. Н. Егоров, Ю.Н. Алехин и др.; Под ред. Г. И. Веселова. – М.: Высш. шк., 1988, - 280 с. с ил.;
3. Малорацкий Л. Г. Микроминиатюризация элементов и устройств СВЧ. М., «Сов. радио», 1976, - 216 с. с ил.;
4. Микроэлектронные устройства СВЧ/ Н.Т. Бова, Ю.Г. Ефремов, В.В. Конин и др. К.: Техника, 1984. – 184 с.;
5. Неганов В.А., Яровой Г.П. Теория и применение устройств СВЧ: Учебн. Пособие для вузов/ Пож ред. В.А. Неганова – М.: Радио и связь, 2006, - 720 с.