

4. Федоров В.Н. Двухмерная электродинамическая модель неоднородной среды с потерями / В.Н. Федоров, Л.Л. Федорова, К.О. Соколов // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 10. – С. 132–137.

5. Малютин Н.Д., Лощилов А.Г. Алгоритм решения внутренней задачи расчета параметров комбинированных антенн дкмв-диапазона / Электронные средства и системы управления: междунар. науч.-практ. конф.: в 3 ч. – Томск, 2004. – С. 99–101.

УДК 621.375.026

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ИНТЕРМОДУЛЯЦИИ 3-ГО ПОРЯДКА В СВЧ-УСИЛИТЕЛЯХ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ТРАНЗИСТОРА

Д.А. Голов, студент каф. ТОР

*Научный руководитель В.Д. Дмитриев, доцент каф. ТОР, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, 1965z6987@gmail.com*

Рассматривается возможность снизить уровень интермодуляционных искажений третьего порядка в сверхвысокочастотных (СВЧ) усилителях мощности с параллельным включением транзисторов. Снижение уровня интермодуляции третьего порядка происходит за счёт включения транзистора в сильно нелинейном режиме.

Ключевые слова: интермодуляционные искажения, интермодуляционные искажения третьего порядка, СВЧ-усилитель, СВЧ, параллельное включение транзисторов.

Интермодуляционные искажения (ИМИ) возникают в результате взаимодействия нескольких частот в нелинейном элементе. Для оценки уровня ИМИ 3-го порядка используют метод двухчастотного воздействия [1]. В среде AWR Design Environment построен усилитель с центральной частотой 4 ГГц по схеме рис. 1.

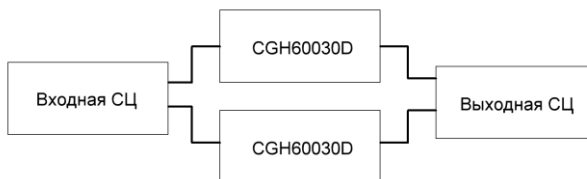


Рис. 1. Структурная схема усилителя

Транзисторы CGH60030D [2] работают в линейном режиме. Входная и выходная согласующие цепи включают в себя цепи питания и рассчитаны на оптимальные импедансы для получения максимальной выходной мощности. На рис. 2 приведём мощностные характеристики усилителя с двумя параллельно включенными транзисто-

рами. При изменении входной мощности от 0 до 42 дБм построим зависимость выходной мощности от входной (треугольный маркер), коэффициент усиления по мощности (квадратный маркер) и КПД (ромбовидный маркер).

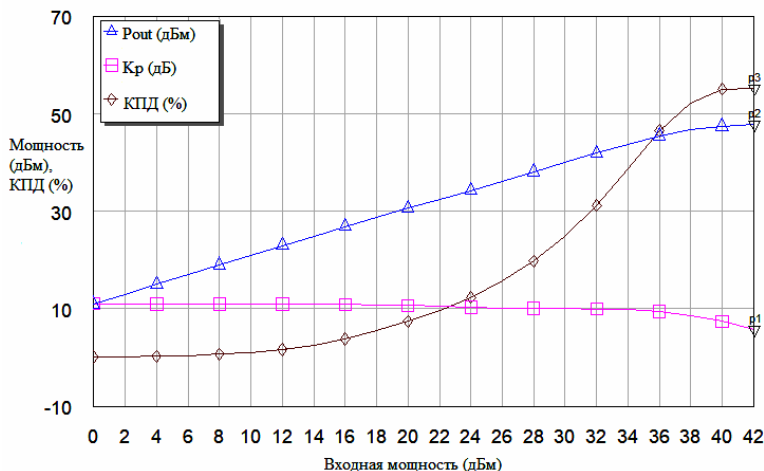


Рис. 2. Мощностные характеристики усилителя с двумя транзисторами

Как можно заметить из данного рисунка, КПД данного усилителя не превышает 50% на линейном участке, коэффициент передачи по мощности в пределах 10 дБ.

Проведём моделирование для определения уровня ИМИ 3-го порядка. Для этого подадим два сигнала с некоторым разносом по частоте (0,5; 1; 2; 5; 10 МГц и т.д.). На рис. 3 отобразим полученные характеристики. Треугольный маркер — уровень ИМИ 3-го порядка, квадратный маркер — уровень выходной мощности.

Данное параллельное включение двух транзисторов [3] позволяет уйти от зависимости уровня ИМИ 3-го порядка при изменении разноса частот.

Теперь параллельно нашим двум транзисторам включим третий маломощный транзистор CGH60008D [4], но режим работы его будет нелинейным. На затворе напряжение питания для данного транзистора будем изменять от -1 до 6 В, а на стоке транзистора отдельно подведено питание, равное 2 В (в нормальном режиме 28 В). В таком включении транзистора предполагается снижения уровня ИМИ 3-го порядка за счёт появления комбинационных составляющих 3-го порядка в противофазе ИМИ составляющим 3-го порядка на выходе усилителей, работающих в линейном режиме. На рис. 4 треугольный

маркер – уровень ИМИ 3-го порядка, квадратный маркер – уровень выходной мощности.

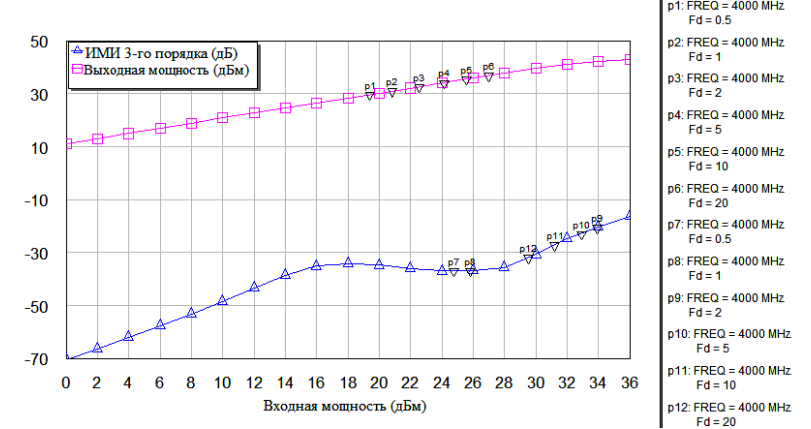


Рис. 3. Характеристики при двухсигнальном воздействии и изменении разноса частот

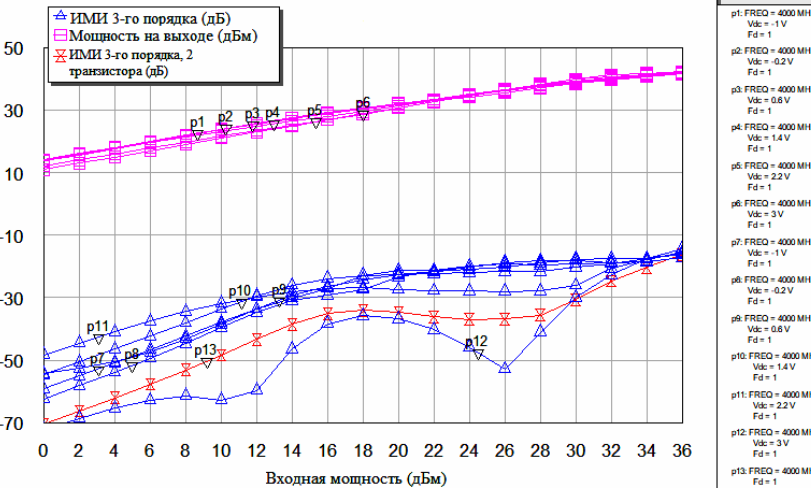


Рис. 4. Характеристики при двухсигнальном воздействии и изменении напряжения смещения

Из данных кривых видно, что при увеличении напряжения смещения на затворе транзистор работает в более нелинейном режиме и появляются провалы по уровням ИМИ 3-го порядка до -70, -50 дБ. В общем же уровень ИМИ снизился на 10–15 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакирев А., Туркин А. Развитие технологии нитрида галлия и перспективы его применения в СВЧ-электронике // Современная электроника. – 2015. – № 4. – С. 50–170.
2. Datasheet CGH60030D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wolfspeed.com/media/downloads/289/CGH60030D-Rev4-0.pdf> (дата обращения: 02.02.2020).
3. Гупта К., Гардж Р., Чадха Р. Машинное проектирование СВЧ-устройств. – М.: Радио и связь, 1987. – 432 с.
4. Datasheet CGH60030D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.wolfspeed.com/media/downloads/264/CGH60008D-Rev1_0.pdf (дата обращения: 02.02.2020).

УДК 621.373.072; 621.373.122

РАСЧЁТ НЕЛИНЕЙНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИОДА ГАННА НА ОСНОВЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

А.О. Шунин, студент каф. РТС

Научный руководитель В.П. Пушкарев, к.т.н., доцент каф. РТС

г. Томск, ТУСУР, tolikwin@mail.ru

Приведена методика расчёта коэффициентов аппроксимации ВАХ диода Ганна и разработка методики расчёта Т-образной нелинейной динамической модели.

Ключевые слова: диод Ганна, коэффициент аппроксимации, нелинейная динамическая модель.

Цель работы – методика расчёта коэффициентов аппроксимации ВАХ и параметров Т-образной нелинейной динамической модели диода Ганна (ДГ) на основе трансцендентных функций на различных участках для использования в системах автоматизированного проектирования устройств и систем радиосвязи (рис. 1) [1].

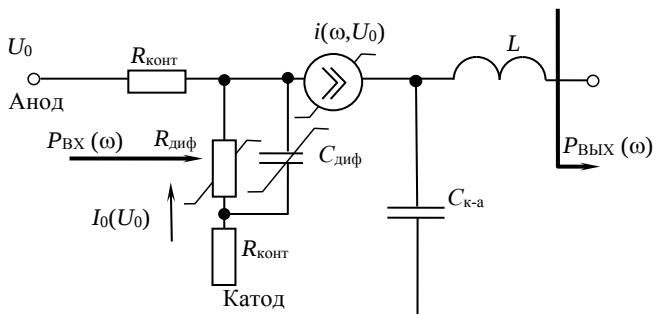


Рис. 1. Нелинейная Т-образная модель диода Ганна