

ЦИФРОВОЙ ПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ СМ-ДИАПАЗОНА ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БОРТОВЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Малахов Р. Ю., Снастин М. В.

МАИ (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

В настоящее время востребованы активные фазированные антенные решетки радиоэлектронных комплексов (АФАР РЭК) самолетного и корабельного базирования, для которых главными ограничениями являются габариты, вес и цена. Главными достоинствами цифровой антенной решетки (ЦАР) являются реализация многолучевой работы без сложной распределительной системы, снижение потерь СВЧ мощности в каждом канале, широкие возможности калибровки ЦАР в процессе ее функционирования, высокоточное цифровое управление АФР, отсутствие процедуры понижения частоты, добавляющей амплитудные и фазовые ошибки в работу системы. С помощью квадратурного модулятора (КМ) возможно одновременное осуществление модуляции и управления АФР. Это позволяет значительно упростить структуру радиолокационных комплексов, систем спутниковой связи, систем радиоэлектронного подавления, построенных по принципу ЦАР. Рассмотрена реализация цифрового передающего модуля, где совмещены в едином устройстве фазовращатель и квадратурный модулятор и создана аналитическая модель квадратурного модулятора для оценки фазовых и амплитудных ошибок выходного сигнала.

Проблема миниатюризации ППМ решается при исполнении модуля в виде интегральной (ИС) или монолитной схемы (МИС), что в свою очередь приводит к большому локальному тепловыделению и необходимости применения эффективных устройств охлаждения. Одним из основных требований к усилителю мощности (УМ) в составе ППМ ЦАР является его КПД, который должен превышать 50%. Возможное значение КПД всего модуля во многом предопределяется тепловыми характеристиками оконечных усилителей, режимом их работы и материалом используемой подложки (GaAs, Al₂O₃, Si, AlN, BeO). Для получения высоких значений КПД транзистор должен работать в нелинейном режиме, что приводит к снижению усиления, появлению высших гармоник, искажению выходного сигнала. Спектр передаваемого сигнала искажается, ухудшаются дальнометрические и точностные характеристики системы. Таким образом, вытекает требование наличия нелинейной модели транзистора для разработки УМ ППМ ЦАР. В настоящей работе разработана нелинейная модель мощного GaN транзистора не требующая оптимизации, характеристики которой получили хорошее согласование с экспериментальными данными измерения транзистора. С помощью разработанных моделей были определены режимы работы транзисторов в усилителе мощности.

Далее разработана модель широкополосного трехкаскадного усилителя мощности сантиметрового диапазона длин волн с выходной мощностью 12 Вт. В качестве проводника используется медная микрополосковая несимметричная линия (МПЛ), выполненная по тонкопленочной технологии на основе вакуумного напыления. Толщина слоя в 15 мкм выбиралась из минимума потерь в проводнике и технологических допусках. В качестве основания в целях улучшения теплоотвода (уменьшения температурного сопротивления) и упрощения процесса согласования (уменьшения ширины МПЛ с сохранением величины их волнового сопротивления) была выбрана 250 мкм подложка из полимера (Al₂O₃). Коэффициент усиления в полосе составил 33.75 дБ с неравномерностью 0.5 дБ; выходной КСВН лежит в пределе 1.8.

Дальнейшее развитие работы – создать модель антенной решетки и изготовить

опытный образец.