

50-я научная конференция МФТИ

Факультет проблем физики и энергетики

Секция физико-математических проблем волновых процессов

УДК 621.396.67

Курганов В.В.

Московский государственный институт электронной техники (технический университет)

Разработка четырёхканальных приёмных модулей для цифровых антенных решёток

Появление цифровых антенных решёток (ЦАР) открыло новые возможности для антенной техники, а именно: создание нескольких лучей с независимым управлением ими и получение диаграмм направленности практически любой формы. В состав одного канала приёмной ЦАР входят: антенна, приёмный модуль и цифровая часть. Разрабатываемые приёмные модули предназначены для работы в двенадцати-элементных ЦАР, работающих на частотах 450 МГц, 1650 МГц, 2400 МГц. Системы разработаны для передачи больших объёмов данных с высокой скоростью, поэтому требуется рабочая полоса шириной 50 МГц.

Приёмный модуль выполняет несколько функций — усиление сигнала, принятого с антенны, до уровня, необходимого для обработки, перенос сигнала с несущей частоты на нулевую и калибровку каждого канала в составе антенной решётки. Сложностью проектирования данных модулей является выбор элементной базы и разработка СВЧ-части. Например, частота 450 МГц является переходной между ВЧ и СВЧ-диапазонами, поэтому является проблематичным использование как элементов с сосредоточенными параметрами, так и с распределёнными. Платы 1650 МГц и 2400 МГц не удаётся развести на двух слоях в связи с большим количеством микрополосковых линий (МПЛ), поэтому приходится делать четырёхслойные платы, что сказывается на цене модуля.

Сигнал, принятый антенной, поступает на приёмный модуль. На его входе стоит направленный ответвитель (НО), который предназначен для калибровки канала. НО выполнен в виде двух связанных линий и имеет коэффициент связи 20 дБ. В модуле на 450 МГц эту функцию выполняет ключ, управляемый тем же сигналом, что и включение/выключение модулятора, поэтому не требуется отдельный бит управления.

Для переноса входного сигнала на нулевую частоту в приемном модуле имеется квадратурный демодулятор и синтезатор частоты. Последний представляет собой генератор, управляемый напряжением (ГУН), охваченный петлей ФАПЧ (фазовой автоподстройки частоты) на основе кварцевого генератора.

Все каналы имеют возможность калибровки на одинаковый уровень усиления и минимальный разброс фаз в составе антенной решётки. Это реализуется с помощью управляемых модулятора и аттенюатора, сигнал с которых подается на НО (или ключ) на входе каждого канала.

Усовершенствованием одноканального модуля является группировка четырёх каналов в один модуль. В этом имеется несколько положительных сторон, а именно, на 4 канала имеется всего один синтезатор частот и один модулятор, что удешевляет стоимость одного канала и упрощает управление модулем. Единственным недостатком является малая выходная мощность синтезатора. В связи с этим на выходе синтезатора установлен усилитель. Для деления сигнала по каналам в модулях на 1650 МГц и 2400 МГц используются микрополосковые делители мощности, выполненные в виде четвертьволновых трансформаторов. В модуле на 450 МГц используется резистивный делитель, так как МПЛ вариант имеет значительные габариты и не оправдывает себя.

В качестве элементной базы хорошо себя зарекомендовали усилители фирмы Hitrite. Они обладают достаточно высоким и равномерным усилением и низким коэффициентом шума. Перенос сигнала с несущей частоты в НЧ диапазон и обратно осуществляется с помощью квадратурного демодулятора, синтезатора и модулятора фирмы Analog Devices.

Представленная выше версия доклада является *ознакомительной*.

Версию доклада, предназначенную *для печати*, можно найти в факультетском сборнике трудов конференции. Электронные материалы конференции публикуются по адресу http://www.mipt.ru/nauka/conf50/plen_sections/