

## Способы сложения сигналов при построении мощных усилительных каскадов

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

г. Минск, Республика Беларусь

Жерносеков Р.А.

Першин В. Т. - к. т. н., доцент

Вопрос о получении средних и высоких значений мощностей в радиодиапазонах возник ещё на начальном этапе развития радиовещания. С одной стороны, производство мощных выходных усилительных приборов требовало решения сложных инженерно-технических задач, а с другой, это было экономически и организационно нецелесообразно. Потому уже на первых этапах развития мощного радиовещания были предприняты попытки поиска эффективного решения этого вопроса. Переход на полупроводниковую технологию не снял актуальности данной проблемы. Так как в силу физических и технологических особенностей производства активных усилительных элементов, получение больших значений мощностей на базе полупроводниковых приборов затруднительно. Особенно в диапазоне СВЧ, который на сегодняшний день активно осваивается.

Наибольшей популярностью в вопросе сложения мощностей получили мостовые способы сложения, представляющие собой соединения активных и реактивных компонентов, организующих систему из осевой и лучевой симметрии. Правильный подбор и включение основных элементов в таком способе сложения мощностей обеспечивает суммирование токов в нагрузке и их взаимную компенсацию на балластном сопротивлении, при этом обеспечивая полную взаимную развязку подключаемых усилительных блоков. Одной из отличительных особенностей мостовых способов сложения является их способность не только суммировать подводимую мощность с окончательных усилительных блоков, но и распределять (делить) ВЧ энергию по нескольким нагрузкам. Режим деления мощности обеспечивается соответствующим подключением используемых усилительных блоков к устройству суммирования.

Существует несколько разновидностей мостовых устройств, которые находят широкое применение в различных диапазонах радиочастот. Так на КВ диапазонах и отчасти в УКВ диапазоне мостовые устройства сложения выполняются на элементах с сосредоточенными параметрами, а в диапазоне ДМВ и СВЧ они выполняются на элементах с распределёнными параметрами. Анализ работы и расчёт мостовых устройств, выполненных на сосредоточенных элементах, производится, как правило, с помощью Y-параметров. Для анализа и расчёта схем, работающих в диапазонах СВЧ и ДМВ, используются S-параметры, т.е. с привлечением волновых матриц рассеивания.

В качестве суммирующего устройства находят широкое распространение мосты Уилкинсона. Они используются при построении мощных усилительных каскадов, схем возбуждения многоэлементных антенн, в составе измерительных трактов и т. п. Особенностью подобных сумматоров является то, что их можно использовать и для распределения полезной мощности, т.е. в качестве делителей мощности. Таким образом, сумматоры и делители мощности являются взаимными устройствами и в зависимости от своего назначения могут осуществлять равное или неравное суммирование или деление мощности на два, и более выходов.

Для расчёта и моделирования мостовых устройств с использованием S-параметров, наиболее удобно использовать современные системы САПР, например MWO (Microwave Office). Использование подобных программ даёт возможность не только произвести расчёт, но и провести анализ свойств проектируемого устройства с помощью встроенных в программу опций.

Исходные данные для расчёта: центральная частота  $f_0$ , которая задаётся в МГц, сопротивление нагрузок, подключаемых к выводам мостового устройства  $Z_0$  Ом, материал подложки и его относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_r$ , а также тангенс угла потерь, материал проводников и его проводимость в Сим/м. Расчёт ведётся с использованием программы MWO. В результате моделирования и необходимой коррекции значения  $f_0$ , которое определяется по минимумам коэффициентов матрицы  $S_{mn} S_{nn}$ , не должно отличаться от заданного значения более чем на 2%. По результатам окончательного моделирования определяется полоса частот, в которой значения коэффициентов матрицы рассеяния (равных нулю для идеальной структуры) не превышают значения  $-20$  дБ. Определяются также значения коэффициентов прохождения от входа к выходу мостового устройства на центральной частоте  $f_0$  и на краях полосы пропускания. В процессе выполнения расчёта и моделирования в программе MWO получена структура окончательного микрополоскового мостового устройства, приведены графики его частотных характеристик и схема самого мостового устройства на сосредоточенных элементах.

Таким образом, была создана модель мостового устройства сложения мощностей- мост Уилкинсона. По результатам расчёта и моделирования был изготовлен макет окончательного усилительного устройства, в котором для сложения мощностей двух независимых усилительных блоков используется мостовое устройство, расчёт которого был произведён в программе MWO.

### Литература

1. Радиопередающие устройства: Учебник для вузов/ В.А Антипенко, Н.С. Бесчастнов, А.М. Захаров и др.; Под ред. Г.А. Зейтлика.- М.: Связь, 1969.- 542с.
2. Каганов, В.И. Транзисторные радиопередатчики/В.И. Каганов. – М.: Энергия, 1976.-447с.
3. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ-устройств с помощью Microwave Office/ В. Д. Разевиг, Ю. В. Потапов, А. А. Курушин. М.: СОЛОН-Пресс. 2003. С. 496. (Серия «Системы проектирования»).
4. [www.awrcorp.com/products/microwave-office](http://www.awrcorp.com/products/microwave-office) (сайт компании AWR)