

Разработка математической модели частотного детектирования сигналов при прохождении через нелинейное устройство

ЖИГАНОВА ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА

Муромский институт Владимирского государственного университета (Муром), Россия
e-mail: zhiganova.el@gmail.com

Разработка математической модели частотного детектирования сигналов при прохождении через нелинейное устройство

Е.А. Жиганова

В последнее время большое внимание уделяется разработке новых и развитию известных методов анализа нелинейных цепей при многочастотном воздействии. Выбор конкретного метода исследования интермодуляционных колебаний зависит от многих факторов: типа нелинейного элемента, параметров РПДУ и воздействующих сигналов, сложности расчета, удобства и точности.

В большинстве радиотехнических систем и системах радиосвязи используют частотную модуляцию, поэтому в данной работе была разработана математическая модель частотного детектирования входных и выходных сигналов нелинейного устройства. В качестве такого устройства взяли квадратурный усилитель мощности частотно-модулированных сигналов.

Пусть на вход квадратурного усилителя мощности КУМ подается частотно-модулированный сигнал.

Проходные характеристики усилителей мощности УМ1 и УМ2 описаны полиэкспоненциальной аппроксимацией с положительными знаками показателей степени ПЭА ПЗ в узкой полосе частот.

Для оценки влияния нелинейных характеристик на модулирующий сигнал произведем демодуляцию входного и выходного ЧМ сигналов квадратурного усилителя мощности – частотное детектирование.

Алгоритм преобразования комплексной огибающей частотным детектором заключается в дифференцировании фазы сигнала по времени,

Спектром модулирующих сигналов на входе и выходе квадратурного усилителя мощности ЧМ сигналов является одна составляющая с частотой модулирующего сигнала.

Из полученных выражений видно, что нелинейность характеристик усилителей мощности, входящих в квадратурный усилитель мощности, не влияет на изменения частоты модулирующего сигнала.

Пусть на вход схемы квадратурного усилителя мощности подается ЧМ сигнал, а на усилители мощности УМ1 и УМ2 воздействует сигнал с частотой помехи.

Для анализа степени влияния нелинейности проходной характеристики и воздействия помехового сигнала на возникновение интермодуляционных колебаний в выходном сигнале, провели частотное детектирование с использованием разработанной математической модели устройства.

Спектр модулирующего сигнала на входе КУМ имеет одну составляющую с частотой ?. Из-за сложности взять производную фазы выходного сигнала КУМ по

времени в аналитическом виде не удалось, поэтому воспользовались одним из способов моделирования операции частотного детектирования, основанном на функциональном подходе и методе огибающих. Если узкополосный процесс представить в виде последовательностей значений его квадратурных компонент и, то алгоритм формирования дискретной частоты запишется в виде следующих выражений.

В результате моделирования оказалось, что спектр модулирующего выходного сигнала КУМ содержит комбинационные составляющие с частотами наличие которых обусловлено присутствием ИМК в спектре модулирующей частоты на выходе КУМ. Такие комбинационные составляющие будем также называть интермодуляционными в спектре модулирующего сигнала ИМК-м.

Для сравнения был рассчитан спектр модулирующего сигнала на выходе одиночного усилителя мощности ЧМ сигналов, построенного на том же активном элементе, при тех же параметрах входного и помехового сигналов и описываемого аналогичной аппроксимирующей функцией.

Для оценки эффективности работы квадратурного усилителя мощности по сравнению с одиночным рассчитали коэффициент искажений модулирующего сигнала. Оказалось, что коэффициент искажений модулирующего сигнала почти в 2 раза меньше в схеме КУМ, чем в одиночном УМ.

Использование квадратурного усилителя мощности позволяет снизить уровни нечетных разностных порядков ИМК-м на $5,9 - 23,4$ дБ и, таким образом, снижаются искажения модулирующего сигнала.

Разработанная математическая модель позволяет на этапе проектирования с помощью математического моделирования оценить степень влияния нелинейности характеристик, воздействующих помеховых сигналов на модулирующий сигнал, а также упрощает анализ выходного сигнала, сосредоточив внимание на интересующей части спектра, позволяет определить уровни интермодуляционных составляющих в узкой полосе частот, уменьшить объем математических расчетов. Использовать подобную модель выходного сигнала можно для любого сигнала, представленного комплексной огибающей.

Источник финансирования:

НИР «Создание виртуальной лаборатории схемотехнического моделирования и проектирования радиолокационных изделий ОАО МЗ РИП» ГБ № 289/2014, 2014, МИ (филиал) ВлГУ (этап 2).