

# АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ПРОЦЕДУРЫ АДАПТАЦИИ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ С ЛИНЕАРИЗАТОРОМ

Ромашенко К.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук, проф. Белов Л.А.

Национальный исследовательский университет "Московский энергетический институт", Россия  
E-mail: sasha-cool89@mail.ru

*Аннотация* — Рассмотрены характеристики системы адаптивной линеаризации усилителя мощности при заданной энергетической эффективности. Приведены зависимости критерия качества от количества итерационных циклов, величины шага и начальных условий.

## 1. Введение

В усилителях мощности (УМ) бортовых спутниковых систем и клиентских терминалов мобильной связи существует необходимость одновременного достижения высокой выходной мощности и допустимого уровня интермодуляционных искажений (ИМИ) при передаче цифровых сигналов в ограниченной полосе радиочастот. Одним из возможных способов реализации таких УМ является применение линеаризаторов. Использование автоматической подстройки параметров линеаризатора необходимо для надёжной работы усилительной системы при изменении условий окружающей среды и/или напряжении питания [1, 2].

Цель работы — анализ возможностей алгоритма адаптации параметров линеаризатора для достижения допустимого значения ИМИ ( $M_{\text{доп}}$ ) и проверка свойств этой процедуры.

## 2. Основная часть

Рассматриваемая в докладе усилительная система состоит из адаптивного предсказывающего линеаризатора и последовательно включённого за ним УМ. Адаптивная часть выполнена на цифровом сигнальном процессоре (ЦСП), демодуляторе и аналого-цифровых преобразователях. В ЦСП осуществляется цифровая обработка и предусмотрена процедура адаптации.

В качестве критерия качества  $M$  принимается отношение  $M = C/I$ , где  $C$  — мощность спектральных составляющих входного сигнала;  $I$  — мощность интермодуляционных искажений.

Приведён способ учёта амплитудно-фазовой конверсии, приводящей к несимметричности уровня спектральных составляющих относительно входного сигнала.

Предложенная модель линеаризатора с насыщением позволяет оптимизировать два параметра:  $a$  — для линеаризации характеристики амплитудной компрессии и  $b$  — для компенсации фазовой конверсии. Это позволяет минимизировать вычислительные ресурсы и время работы ЦСП.

Программно задаются: начальные координаты ( $a_0$  и  $b_0$ ), шаг адаптации ( $\delta$ ), минимальный шаг ( $\delta_{\text{min}}$ ), разрядность ( $m$ ) представления корректирующих данных и критерий ( $M_{\text{доп}}$ ) окончания процедуры.

Получены графики перемещения последовательных сочетаний ( $a_i, b_i$ ),  $i = 1, 2, \dots, n$  по поверхности  $M(a, b)$  при различных сочетаниях параметров нелинейных характеристик УМ и системы адаптации. Показано, что процедура устойчива и однозначно достигается максимум  $M(a, b)$  за небольшое

( $n \leq 6$ ) количество итераций из любых начальных состояний.

Решены задачи выбора разрядности ЦСП, начальных условий, шага адаптации и сформулированы рекомендации по практической реализации предложенной системы. Доказано отсутствие локальных максимумов, и устойчивости процесса с учетом граничных условий на  $a$  и  $b$ .

## 3. Заключение

Предсказывающий линеаризатор позволяет повысить линейность УМ при высокой выходной мощности, и тем самым разрешить противоречие между обеспечением высокой энергетической эффективности и заданным уровнем ИМИ, а использование адаптации делает усилительный блок устойчивым к изменениям условий окружающей среды и отклонению напряжения питания.

Используемый алгоритм адаптации показал свою работоспособность при разных начальных значениях параметров  $a_0$ ,  $b_0$ ,  $m$ ,  $\delta$ . Варьируя эти параметры, найдены зависимости критерия  $M$  от  $\delta$  и  $n$  (количества итерационных циклов).

При заданных значениях  $M_{\text{доп}}$  и  $\delta$  установление необходимых параметров  $a$  и  $b$  происходит за несколько итерационных циклов. Таким образом, минимизируются вычислительные ресурсы и время работы ЦСП.

Наличие заметного уровня главного максимума функционала  $M(a, b)$  около +26 дБ свидетельствует о достаточной компенсации интермодуляционных искажений, а амплитуда входного сигнала УМ не превышает требуемую для насыщения.

## 4. Список литературы

- [1] Colantonio P. High Efficiency RF and Microwave Solid State Power Amplifiers / P. Colantonio, F. Giannini, E. Limiti. — New York: Wiley, 2009. — 511 p.
- [2] Белов Л.А. Повышение линейности и энергетической эффективности усилителей мощности широкополосных СВЧ – сигналов / Л.А. Белов, А.С. Кондрашов, В.М. Рожков, К.В. Ромашенко // Электросвязь. — 2012. — №5. — С. 23 — 25.

## ANALYSIS OF THE BASIC PROPERTIES OF AN ADAPTATION PROCEDURE OF THE POWER AMPLIFIER WITH AN LINEARIZER

Romaschenko K.V.

Scientific adviser: Belov L.A.

National Research University

"Moscow Power Engineering Institute", Russia

*Abstract* — The characteristics of the adaptive linearization system of a power amplifier for a given energy efficiency are considered. The dependences of quality criterion on the number of iteration cycles, on the step size, and on the initial state settings are shown.