

# ПРИНЦИП ЦИФРОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПРЕДЫСКАЖЕНИЙ СИГНАЛА ДЛЯ ЛИНЕАРИЗАЦИИ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ 3-ГО ПОКОЛЕНИЯ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ПАМЯТИ

Корнеева Е.В., Чурсинов А.В.

Центральный научно-исследовательский институт "Центр"  
Московский авиационный институт — технический университет  
Email: evmail@newmail.ru

Среди многих способов линеаризации усилителей мощности (УМ) подход, основанный на цифровой генерации предискажений, приобретает особое значение и перспективы в условиях быстрого роста вычислительной мощности и тактовой частоты современных процессоров. Например, в современных базовых станциях сотовой связи остается все меньше аналоговых элементов.

Отмечаемый рядом исследователей эффект памяти снижает эффективность разработанных методик цифровой генерации предискажений. Для компенсации эффекта памяти в ряде подходов используются несколько предыдущих значений параметров входного и выходного сигналов УМ, необходимость учета которых создает трудности при построении "обратной" модели УМ, служащей для выработки предискажения [3]. Был также предложен подход, не требующий создания "прямой" модели УМ, но не способный учитывать эффект памяти [1]:

$$V_{in\ pd} = F^{-1}[V_{out}(V_{in})],$$

где  $F^{-1}$  — "обратная" модель УМ, построенная с помощью ИНС,  $V_{out}(V_{in})$  — желаемые выходные значения УМ в зависимости от реальных входных,  $V_{in\ pd}$  — предискаженный входной сигнал (в качестве сигналов могут использоваться амплитуда+фаза, I +Q, модели могут быть скалярными или комплексными).

Нами предложен комбинированный принцип, который:

не требует формирования "прямой" модели УМ для генерации предискажений;

может использовать как искусственную нейронную сеть (ИНС), так и другую модель (например, полиномиальную).

$$V_{in\ pd}(t) = F^{-1}[V_{out}(t); V_{in\ pd}(t), V_{in\ pd}(t-1), V_{in\ pd}(t-2), \dots]$$

где  $F^{-1}$  назовем "частично-обратной" моделью УМ,  $t, t-1, t-2$  — моменты времени с заданным интервалом дискретизации.

Помимо  $V_{out}(t)$ , в модели могут использоваться реальные выходные значения за предыдущие моменты времени:  $V_{out}(t-1), V_{out}(t-2)$  и т. д. Количество учитываемых в модели предыдущих моментов времени определяется подбором с учетом достигаемой точности.

Аналогичный подход может использоваться для линеаризации других нелинейных элементов и служить основой универсальных устройств линеаризации.

Предварительные расчеты показали принципиальную возможность применения такого подхода. Необходимая для моделирования "прямая" модель усиления сигнала по амплитуде с учетом эффекта памяти строилась на основе отдельной ИНС или полиномиальной модели с использованием реальных данных измерения (модель типа NARMA, [2]). Для получения более полных и точных результатов необходимы, на наш взгляд, более достоверные данные по измерению различных реальных УМ.

## Литература.

1. S. Gulino, A. Leva, G. Redaelli, A. Spalvieri. A scheme for digital adaptive pre-correction for power amplifiers in 1024-QAM radio link systems.

2. Jesús Ibáñez-Díaz, Carlos Pantaleón, Ignacio Santamaría, Tomás Fernández, David Martínez. Nonlinearity estimation in power amplifiers based on undersampled temporal data. DICOM, ETSII y Telecom, University of Cantabria, Avda. Los Castros, 39005, Santander, Spain, e-mail: [jesus@gtas.dicom.unican.es](mailto:jesus@gtas.dicom.unican.es).

3. Wright, et al. United States Patent 6,313,703. A wideband digital predistortion linearizer for nonlinear amplifiers. January 18, 2001.



## A DIGITAL SIGNAL PREDISTORTION PRINCIPLE FOR POWER AMPLIFIER LINEARIZATION in 3G APPLICATIONS WITH MEMORY EFFECT

Korneeva E., Chursinov A.

Central R&D Institute "Centre"  
Moscow Aviation Institute — technical university  
Email: evmail@newmail.ru

Among many methods of power amplifier (PA) linearization, an approach based on digital predistortion gains particular value and prospects in the situation of fast growing computing powers and frequencies of processors. For example, cellular base stations currently have less and less analog components.

The memory effect being noted by some researchers in the baseband deteriorates the existing digital signal predistortion methods efficiency. To compensate for memory effect, some approaches use several previous PA input and/or output values [3]. The necessity of using these values produces difficulties with inverse PA modeling needed for predistortion. There was also proposed an approach which doesn't need a "direct" PA model, but isn't able to account for memory effect [1]:

$$V_{in\ pd} = F^{-1}[V_{out}(V_{in})],$$

where  $F^{-1}$  — an "inverse" PA model built using an artificial neural net (ANN),  $V_{out}(V_{in})$  — the desired PA outputs depending on real inputs,  $V_{in\ pd}$  — the predistorted input (there can be used as signals amplitude+phase, I+Q, models can be scalar or complex).

We have proposed a combined approach which:

doesn't require "direct" PA modeling for predistortion;

can use ANN or another type model (for example, polynomial).

$$V_{in\ pd}(t) = F^{-1}[V_{out}(t); V_{in\ pd}(t), V_{in\ pd}(t-1), V_{in\ pd}(t-2), \dots]$$

where  $F^{-1}$  could be called a "partially-inverse" PA model,  $t, t-1, t-2$  — time points with a given period.

Apart from  $V_{out}(t)$ , the model use real inputs for some previous time points:  $V_{out}(t-1), V_{out}(t-2)$  etc.

The number of previous time points used in the model is determined by the achieved accuracy of the model.

A similar approach could be used for linearization of other nonlinear components, and be a basis for universal linearization devices.

A preliminary testing has shown general possibility of using such an approach. The "direct" model of signal amplification with memory effect used for simulation was built using an ANN (NARMA type, [2]) and real PA measurement data. For more full and precise results, there's a need for more reliable measurement data from different real PA.

### Literature

1. S. Gulino, A. Leva, G. Redaelli, A. Spalvieri. A scheme for digital adaptive pre-correction for power amplifiers in 1024-QAM radio link systems.
2. Jesús Ibáñez-Díaz, Carlos Pantaleón, Ignacio Santamaría, Tomás Fernández, David Martínez. Nonlinearity estimation in power amplifiers based on undersampled temporal data. DICOM, ETSII y Telecom, University of Cantabria, Avda. Los Castros, 39005, Santander, Spain, e-mail: [jesus@gtas.dicom.unican.es](mailto:jesus@gtas.dicom.unican.es).
3. Wright, et al. United States Patent 6,313,703. A wideband digital predistortion linearizer for nonlinear amplifiers. January 18, 2001.