

УДК 621.396.6

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ ПО ЕГО СТАТИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

В. В. Корна

Одесский национальный политехнический университет

Украина, г. Одесса

korna14@gmail.com

*Разработан алгоритм расчета динамического диапазона радиочастотных усилителей по интермодуляционной составляющей третьего порядка. Предложенный метод позволяет проводить предварительную оценку потенциально достижимого динамического диапазона по интермодуляции третьего порядка радиочастотного усилителя, выполненного на полевом либо биполярном транзисторах, а также электровакуумных приборах.*

*Ключевые слова: интермодуляция; динамический диапазон; радиочастотный усилитель; электромагнитная совместимость; интермодуляционная составляющая.*

В системах телекоммуникации широкое применение нашли радиочастотные усилители (РЧУ), выполненные на полевых транзисторах (ПТ) и биполярных транзисторах (БПТ). В [1] рассматривался метод аналитического определения динамического диапазона по интермодуляционной составляющей третьего порядка (ДД<sub>3</sub>) РЧУ на ПТ МОП-структуры с S-образной вольт-амперной характеристикой (ВАХ). Поскольку перечисленные нелинейные устройства характеризуются сугубо индивидуальной системой параметров, предложенный в [1] метод становится непригодным для анализа РЧУ на ПТ других структур, а также БПТ.

Целью данной работы является разработка единого метода расчета ДД<sub>3</sub> РЧУ по проходной ВАХ того или иного активного прибора (ПТ, БПТ).

На основе единой системы уравнений [2], описывающей работу ПТ и БПТ, получена зависимость тока стока (коллектора) от напряжения на управляющем электроде (затворе, базе):

$$I_C(U_{зи}) = (I_{C0}/q)G(e^{\lambda U_{зи} + \ln q})(U_{си} - U_{зи}/U_{си} - U_{зи} + I_{C0}r_C), \quad (1)$$

где  $I_C$  – ток стока (коллектора);  $I_3$  – ток затвора (базы);  $U_{зи}$  – напряжение затвор-исток (база-эмиттер);  $U_{зс}$  – напряжение затвор-сток (база-коллектор);  $q = \lambda I_{C0}r_{и}$ ;  $I_{C0}$ ,  $r_C$ ,  $\lambda$ ,  $r_{и}$  – параметры, характеризующие рассматриваемую зависимость.

Методика определения указанных параметров аппроксимации подробно описана в [2, 3]. Кроме того, в выражении (1) используется G-функция, определяемая по [4].

Из [1] параметр  $H_3$  определяется как

$$H_3(U_{зи}) = S''(U_{зи})/S(U_{зи}). \quad (2)$$

Найдя первую и третью производную выражения (1), получим аналитическую зависимость параметра нелинейности третьего порядка от напряжения на управляющем электроде:

$$H_3(U_{зи}) = \frac{\left[ \frac{6}{p^2} + \frac{6\lambda F(U_{зи})}{p} - 3\lambda^2 F(U_{зи})^2 \right] \left( \frac{g}{p} - 1 \right) - \lambda^3 g G(U_{зи}) F(U_{зи})^4 [4 - 3G(U_{зи}) F(U_{зи})]}{\lambda g F(U_{зи}) + \frac{g}{p} - 1}. \quad (3)$$

Полученное соотношение (3) позволяет определить область вероятных значений напряжения смещения на управляющем электроде, при котором реализуется максимальный динамический диапазон. Кроме того, используя выражение (3) из [1], можно рассчитать ожидаемую величину динамического диапазона  $d_3$  при том или ином напряжении смещения на управляющем электроде.

На примере полевого транзистора КП904Б покажем работу разработанной методики определения динамического диапазона  $d_3$ . Так, при помощи методов, описанных в [2, 3], были получены следующие значения параметров аппроксимации:  $I_{C0}=0,326$  А,  $\lambda=2,625$  В<sup>-1</sup>,  $r_{и}=1,6$  Ом,  $\lambda_c=0,391$ В<sup>-1</sup>,  $r_c=2,6$  Ом.

При использовании выражения (1) была построена проходная ВАХ (рис. 1, а). Выражение (3) позволило рассчитать зависимость параметра нелинейности  $H_3$  от смещения на управляющем электроде  $U_{зи}$  (см. рис. 1, б).

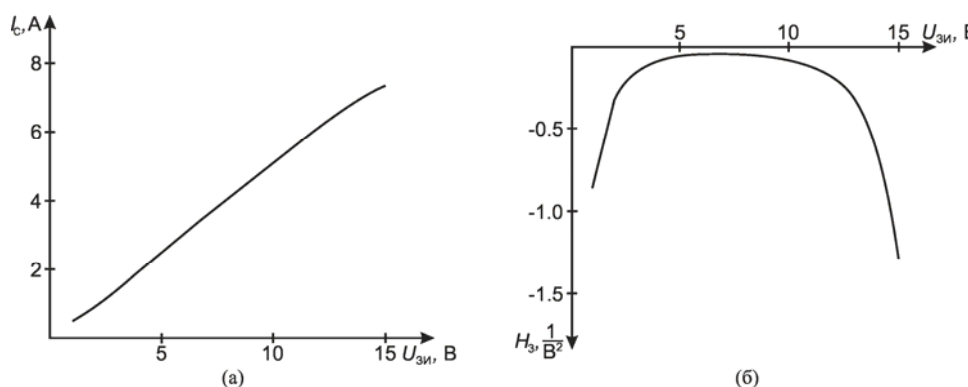


Рис.1. Проходная ВАХ (а) и зависимость  $H_3(U_{зи})$  (б) полевого транзистора КП904Б

Анализируя рис. 1, б видим, что минимальные значения параметра нелинейности  $H_3$  находятся в области напряжений  $U_{зи} = 6 - 8$  В. Величина динамического диапазона  $d_3$ , рассчитанная согласно выражению (3) из [1], находится на уровне  $-50$  дБ, что говорит о высокой линейности этого транзистора.

Таким образом, предложенный метод позволяет проводить предварительный расчет потенциального динамического диапазона по интермодуляционной составляющей третьего порядка РЧУ, выполненного на полевых и биполярных транзисторах.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Ямпольский Ю. С., Мамедов К. Я., Корна В. В. Исследование интермодуляционных искажений в телекоммуникационных устройствах // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 2012. — Вып. 1(38). — С. 210—215.
2. Завражнов Ю. В. Характеристики и параметры мощных генераторных приборов // Электронная техника. Сер. 2. Полупроводниковые приборы. — 1982. — №1 — С.12—18.
3. Завражнов Ю. В., Пупыкин Г. А. Методика определения характеристик и параметров мощных полевых транзисторов // Электронная техника. Сер. 2. Полупроводниковые приборы. — 1980. — № 5 — С. 72—77.
4. Valluri, Sree Ram; Gil, M.; Jeffrey, D. J.; and Basu, Shantanu, "The Lambert W Function and Quantum Statistics" (2009). Physics and Astronomy Publications.

V. V. Korna

#### **A method for determination of a power amplifier dynamic range by its static characteristics.**

The paper presents an algorithm for the RF amplifiers dynamic range calculation by the intermodulation component of the 3<sup>rd</sup> order. The proposed method allows to preliminarily assess the potentially achievable dynamic range by the 3<sup>rd</sup> order intermodulation of the RF amplifier, made on a field or bipolar transistor and vacuum tubes.

Keywords: *intermodulation; dynamic range; the RF amplifier; electromagnetic compatibility; intermodulation products.*