

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОЧАСТОТНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ С ПРЯМОЙ СВЯЗЬЮ

С. С. Дрозд

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
sergey-profess@ukr.net

Для оценки энергетической эффективности радиочастотного усилителя мощности с прямой связью предложено выражение для расчета его КПД. Показано, что в худшем случае КПД примерно на 35% ниже аналогичного показателя усилителя без использования прямой связи.

Ключевые слова: радиочастотный усилитель мощности, КПД, прямая связь.

Прямая связь (ПС) достаточно широко используется в технике радиосвязи с целью уменьшения нелинейных искажений (НИ), уровня шумов и др. характеристик РЧУМ [1]. Особенностью применения ПС в усилителях мощности (УМ) является возможность компенсации всех видов НИ (гармонических и интермодуляционных) в широкой полосе частот усиливаемого сигнала. Важным параметром, характеризующим энергетическую эффективность РЧУМ с ПС, является КПД, мера уменьшения которого определяется уровнем искажений, формируемым основным усилителем (ОУ), т.е. РЧУМ без использования ПС. В литературе не уделено должного внимания вопросу оценки КПД как РЧУМ, так и других типов УМ с ПС. В настоящей работе предложены соотношения для расчета КПД РЧУМ с ПС.

Структурная схема РЧУМ с ПС, приведенная на рис. 1, состоит из двух каналов. Основной канал состоит из ОУ, линии задержки ЛЗ2 и аттенюатора, а дополнительный – из линии задержки ЛЗ1, схемы сравнения и вспомогательного усилителя (ВУ). Как известно [1], принцип работы схемы состоит в сравнении выходного сигнала от ОУ с задержанным на требуемую величину сигналом дополнительного канала, в результате чего на выходе схемы сравнения появляется сигнал с НИ, который усиливается ВУ до уровня сигнала на выходе блока ЛЗ2. При этом фазочастотные характеристики ЛЗ1 и ЛЗ2 совпадают с таковыми для основного и вспомогательного усилителя, соответственно. В результате на выходе суммирующего устройства сигнал с НИ от ОУ существенно уменьшается.

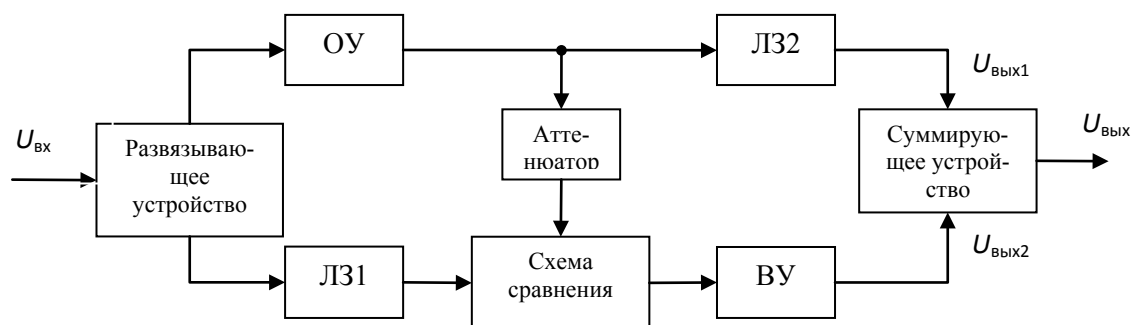


Рис. 1. Структурная схема РЧУМ с прямой связью

В общем виде КПД РЧУМ с ПС можно представить как

$$\eta = \eta_1 / (1 + P_{02} / P_{01}), \quad (1)$$

где η_1 – КПД ОУ; P_{01} , P_{02} – мощности, потребляемые от источника питания ОУ (линеаризируемым усилителем) и ВУ, соответственно.

Мощности P_{01} и P_{02} определяются известными соотношениями

$$P_{01} = E_{к01} I_{вых01}; \quad P_{02} = E_{к02} I_{вых02}, \quad (2)$$

где $E_{\text{кo1}}$, $E_{\text{кo2}}$, $I_{\text{вых01}}$, $I_{\text{вых02}}$ – напряжения питания и постоянные составляющие тока основного и вспомогательного усилителя, соответственно.

Величины $I_{\text{вых01}}$ и $I_{\text{вых02}}$ можно представить следующим образом:

$$I_{\text{вых01}} = (\alpha_0/\alpha_1)_1 2P_{\sim 1}/U_{\text{вых1}}; \quad I_{\text{вых02}} = (\alpha_0/\alpha_1)_2 2P_{\sim 2}/U_{\text{вых2}} \quad (3)$$

где $(\alpha_0/\alpha_1)_1$, $(\alpha_0/\alpha_1)_2$, $P_{\sim 1}$, $U_{\text{вых1}}$, $P_{\sim 2}$, $U_{\text{вых2}}$ – коэффициенты Берга, величина которых определяется углом отсечки Θ выходного тока усилителя [2], уровни полезной мощности и амплитуды полезного сигнала на выходе основного и вспомогательного усилителя, соответственно.

Известно, что величина мощности $P_{\sim 2}$ определяется максимальным уровнем искажений на выходе ОУ. Тогда можно принять, что $P_{\sim 2} = P_{\sim 1} K$, где K – максимальный уровень искажений на выходе ОУ. Тогда, используя соотношения $U_{\text{вых1}} = \sqrt{2P_{\sim 1}R_{\text{н1}}}$ и $U_{\text{вых2}} = \sqrt{2P_{\sim 2}R_{\text{н2}}}$, и подставляя выражения (2) и (3) в (1), получаем, что

$$\eta = \eta_1 / (1 + E_{\text{кo2}}(\alpha_0/\alpha_1)_2 \sqrt{R_{\text{н2}}K} / E_{\text{кo1}}(\alpha_0/\alpha_1)_1 \sqrt{R_{\text{н1}}}). \quad (4)$$

На практике $E_{\text{кo1}} = E_{\text{кo2}}$, $R_{\text{н1}} = R_{\text{н2}}$, $(\alpha_0/\alpha_1)_1 = 0,64$, $(\alpha_0/\alpha_1)_2 = 1$. Тогда

$$\eta = \eta_1 / (1 + 1,57 \sqrt{K}). \quad (5)$$

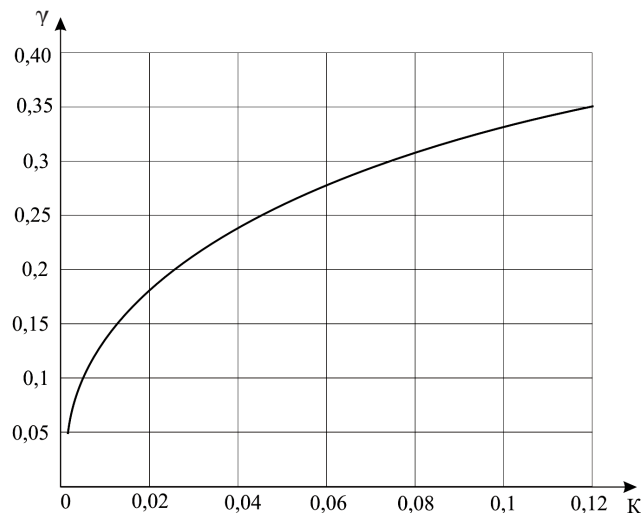


Рис. 2

На рис. 2 показан график изменения параметра $\gamma = 1 - \eta/\eta_1$ от K , из которого следует, что при работе основного усилителя в режиме, близком к критическому, уменьшение параметра η по сравнению с величиной η_1 не превышает 35%.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Yang Y., Kim B. A new linear amplifier using low-frequency second-order intermodulation component feed-forwarding // IEEE Microwave and Guided Wave Letters. – 1999. Vol. 9, no 10. – P. 419–421.
2. Дробов С. А., Бычков С. И. Радиопередающие устройства.— Москва: Советское радио, 1969.

S. S. Drozd

Estimation of the energy efficiency of radio-frequency power amplifiers with direct connection

In order to estimate the energy efficiency of radio-frequency power amplifiers with direct connection, an expression is proposed for calculation of their efficiency factor. It is shown that in the worst case, the efficiency of such amplifiers is approximately 35% lower than that of the amplifiers without direct connection.

Keywords: radio frequency power amplifier, efficiency, direct connection.