

К ВОПРОСУ О СПЕКТРАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ ОГИБАЮЩЕЙ А. М. СИГНАЛА НА ВЫХОДЕ УСИЛИТЕЛЯ С Л. А. Х.

А. А. Воронин, А. Г. Гордиенко

Харьков

При прохождении амплитудно-модулированных (а. м.) колебаний через усилитель с логарифмической амплитудной характеристикой (л. а. х) в усилителе возникают нелинейные искажения, зависящие от коэффициента модуляции (m). Усилители с л. а. х. находят широкое применение в различных каналах связи, измерительных и других устройствах. В связи с этим необходимо оценить коэффициент нелинейных искажений на выходе усилителя в функции от m . Независимо от способа получения л. а. х. усилителя [1] может быть описана выражением

$$U_{\text{вых}} = k_0 U_{\text{вхн}} \left(a \ln \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вхн}}} + 1 \right), \quad (1)$$

где $U_{\text{вых}}$ — выходное напряжение усилителя; k_0 — максимальный коэффициент усиления усилителя (в линейном режиме); $U_{\text{вхн}}$ — входное напряжение, при котором начинается л. а. х. усилителя; a — коэффициент, определяющий динамический диапазон усилителя по выходному напряжению; $U_{\text{вх}}$ — напряжение на входе усилителя.

Предполагаем, что входной сигнал промодулирован одной частотой. Подставляя значение $U_{\text{вх}}$ в выражение (1), получим

$$U_{\text{вых}} = k_0 U_{\text{вхн}} \left[a \ln \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вхн}}} + a \ln (1 + m \cos x) + 1 \right], \quad (2)$$

где $U_{\text{вх}}$ — уровень несущей сигнала на входе усилителя.

Очевидно, что спектр огибающей определяется выражением

$$\ln (1 + m \cos x). \quad (3)$$

В рассматриваемом случае коэффициент модуляции принимается меньшим единицы ($m < 1$), при этом выполняется неравенство

$$0 < \ln (1 + m \cos x) < 2. \quad (4)$$

В данном случае выражение (3) можно представить в виде степенного ряда [2] и, проведя преобразования, получить

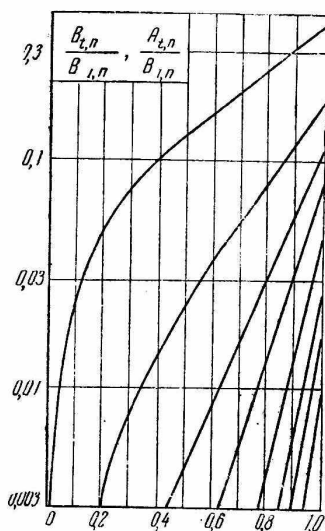
$$\ln(1 + m \cos x) = A_0 + B_{t,n} \cos(2t-1)x + A_{t,n} \cos 2tx, \quad (5)$$

где

$$A_0 = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{2n+1} \frac{m^{2n}}{2n} \cdot \frac{1}{2^{2n-1}} \binom{2n}{n};$$

$$B_{t,n} = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{2n} \frac{m^{2n-1}}{2n-1} \times \\ \times \frac{1}{2^{2n-2}} \binom{2n-1}{n-t};$$

$$A_{t,n} = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{2n+1} \frac{m^{2n}}{2n} \times \\ \times \frac{1}{2^{2n-1}} \binom{2n}{n-t}.$$



Нормированные значения коэффициентов, определяющих уровень спектральных составляющих ($B_{1,n}$ — коэффициент, определяющий уровень первой гармоники).

Если обозначить $k_0 U_{вхн} = d$ (d — параметр усилителя), выражение (1) принимает вид

$$U_{вых} = d \left(a \ln \frac{U_{вх}}{U_{вхн}} + aA_0 + 1 \right) + \\ + adB_{t,n} \cos(2t-1)x + \\ + adA_{t,n} \cos 2tx, \quad (6)$$

где $d \left(a \ln \frac{U_{вх}}{U_{вхн}} + aA_0 + 1 \right)$ — уровень несущей на выходе усилителя при а. м.; $adA_{t,n}$ — амплитуда четных гармоник в спектре огибающей сигнала на выходе усилителя; $adB_{t,n}$ — амплитуда нечетных гармоник в спектре огибающей сигнала на выходе усилителя.

Анализируя полученные результаты теоретического расчета, можно сделать выводы, что уровень несущей на выходе усилителя с л. а. х. зависит от уровня и коэффициента модуляции сигнала на входе усилителя, а уровень огибающей на выходе усилителя зависит только от коэффициента модуляции входного сигнала.

Проверка показала хорошее совпадение экспериментальных данных и результатов теоретического расчета.

Величины A_0 , $A_{t,n}$ и $B_{t,n}$ в зависимости от коэффициента модуляции рассчитаны на ЭВМ, пронормированы относительно первой составляющей и представлены в виде графиков на рисунке.

Полученные графики дают возможность определить коэффициент гармоник в усилителях с л. а. х. при различных коэффициентах модуляции, а также решить обратную задачу — задаваясь коэффициентом нелинейных искажений, определить допустимый коэффициент модуляции; графики также полезны при обработке результатов измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Волков. Логарифмические усилители. Гостехиздат УССР, Киев, 1962.
2. И. С. Градштейн и И. М. Рыжик. Таблицы интегралов, сумм, рядов, произведений. Физматгиз, 1963.