

УДК 621.37

А.В.Рашич (5 курс, каф. РТиТК), В.А.Сороцкий, к.т.н., доц.

## АНАЛИЗ ИСКАЖЕНИЙ СИГНАЛОВ В АНТЕННО-СОГЛАСУЮЩЕМ ТРАКТЕ РПДУ

Возможности повышения эффективности функционирования радиосистем КНЧ-СНЧ диапазонов путем увеличения мощности радиопередающих устройств и улучшения характеристик антенных систем практически полностью исчерпаны. В то же время по-прежнему остается актуальной проблема повышения помехоустойчивости данных систем. На помехоустойчивость всей системы будет влиять энергия используемых сигналов, вид обработки, используемой на приемной стороне, а также величина искажений сигналов, вносимых в передатчике и канале связи. В работе проводится анализ величины искажений сигналов, вносимых в передающем тракте РПДУ.

Определение энергетических потерь, обусловленных искажениями сигналов в передатчике, является принципиально важной задачей, т.к. в конечном счете, именно величина этих потерь будет являться определяющим фактором при выборе рабочей полосы частот и скорости передачи.

В передатчике искажения возникают вследствие переходных процессов и непостоянства амплитудно-частотной характеристики тракта (АЧХ) передачи.

Анализ величины энергетических потерь в антенно-согласующем устройстве (АСУ), описываемом системой дифференциальных уравнений второго порядка, можно провести аналитически.

Рассмотрим случай, когда эквивалентная схема АСУ может быть представлена в виде последовательного колебательного контура с добротностью  $Q$ , резонансной частотой  $\omega_0$ , сопротивлением  $R$ , емкостью  $C$  и индуктивностью  $L$  (рис. 1).

При этом в качестве входного рассмотрим дискретный частотно-манипулированный (ДЧМ) сигнал, состоящий из 2-х элементов:

$$U_{ax}(t) = \begin{cases} U_m \cdot \sin(\nu_i \cdot \omega_0 \cdot t), t \in [0, \tau] \\ U_m \cdot \sin(\nu_j \cdot \omega_0 \cdot (t - \tau)), t \in [\tau, 2\tau] \end{cases}, \nu = \frac{\omega}{\omega_0},$$

где  $\nu_i$  и  $\nu_j$  соответственно относительные расстройки первого и второго чипов, составляющих входной сигнал. При этом будем считать, что длительность переходных процессов меньше длительности чипа  $\tau$ , а в момент смены частот колебания имеют фазу  $2\pi k$ , где  $k \in 1 \dots N$ . Последнее условие означает, что смена частот происходит без разрыва фазы.

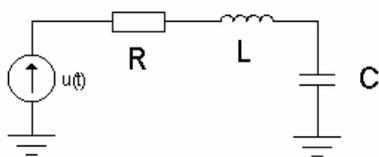


Рис. 1.

Величина  $\Delta E$  характеризует величину энергетических потерь в исследуемом двухчастотном сигнале после его прохождения через последовательный колебательный контур. Решая систему дифференциальных уравнений 2 порядка, получим выражение для энергетического проигрыша, который в нормированном виде является функцией 4 параметров:

$$\Delta E = f(\omega_0 \cdot \tau, Q, \nu_i, \nu_j). \quad (1)$$

Полученные аналитические выражения позволяют осуществить количественный анализ энергетических потерь при передаче 2-х элементного ДЧМ-сигнала в зависимости от обобщенных параметров эквивалентной схемы АСУ. Результатом расчетов должны стать семейства зависимостей величины потерь от длительности чипа при различных значениях

относительных расстройок элементов сигнала. Расчет значений функции (1) был осуществлен с помощью программы, реализованной в среде Matlab. Результаты вычислений с помощью этой программы представлены на рис. 2 для следующих исходных данных: нормированная частота первого чипа  $\nu_i = 0.98$ , диапазон изменения нормированной частоты второго чипа  $\nu_j = 0.98 \dots 1.02$ , шаг изменения частоты  $\Delta\nu = 0.005$ , длительность каждого чипа, выраженная в радианах, при  $\tau = 0,02$  сек и  $f_0 = 10$  кГц составляет  $n = \omega_0 \tau = 2\pi f_0 \tau = 1256$  рад.

Анализируя зависимости, приведенные на рис. 2, необходимо отметить следующее. При формировании ДЧМ-сигналов уменьшение их энергии происходит по двум причинам: из-за непостоянства АЧХ антенно-согласующего тракта, а также вследствие переходных процессов, возникающих при изменении частоты сигнала.

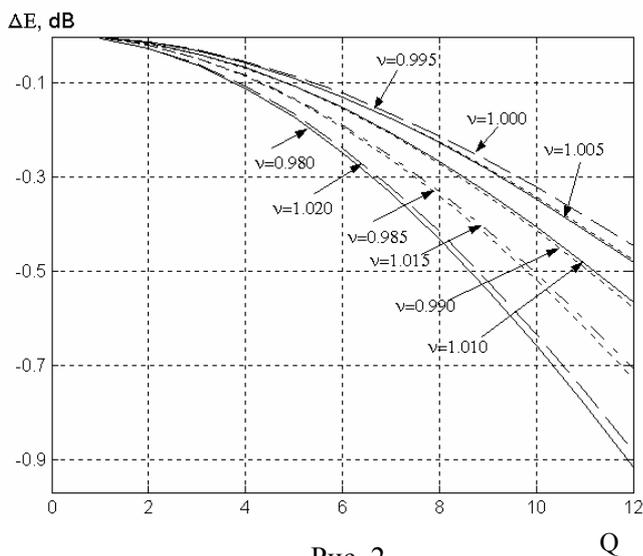


Рис. 2.

При формировании ДЧМ-сигналов уменьшение их энергии происходит по двум причинам: из-за непостоянства АЧХ антенно-согласующего тракта, а также вследствие переходных процессов, возникающих при изменении частоты сигнала. Первый механизм иллюстрируется самой нижней кривой на рис. 2, соответствующей расстройке  $\nu = 0,98$ . Это означает, что и первый, и второй чипы ДЧМ-сигнала имели одну и ту же частоту, соответственно переходные процессы отсутствовали. Однако данная кривая свидетельствует о самом большом энергетическом проигрыше среди всех двухчастотных комбинаций сигналов, представленных на этом рис. 2. И произошло это именно из-за значительного уменьшения АЧХ нагрузочного контура на данной частоте. О влиянии непостоянства АЧХ антенно-согласующего тракта на энергетический проигрыш при приеме сигналов можно также судить и по возрастанию величины проигрыша с ростом добротности (рис. 2). С увеличением добротности контура увеличивается крутизна его амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и, как следствие, при тех же значениях относительной расстройки энергетические потери растут. При этом наименьшим потерям соответствуют зависимости, для которых значения  $\nu_j$  наиболее близки к 1. Таким образом, наименьшие искажения в сигнале можно получить путем использования согласующей цепи с наиболее равномерной АЧХ или подбором используемых в сигналах частот вблизи резонансной.

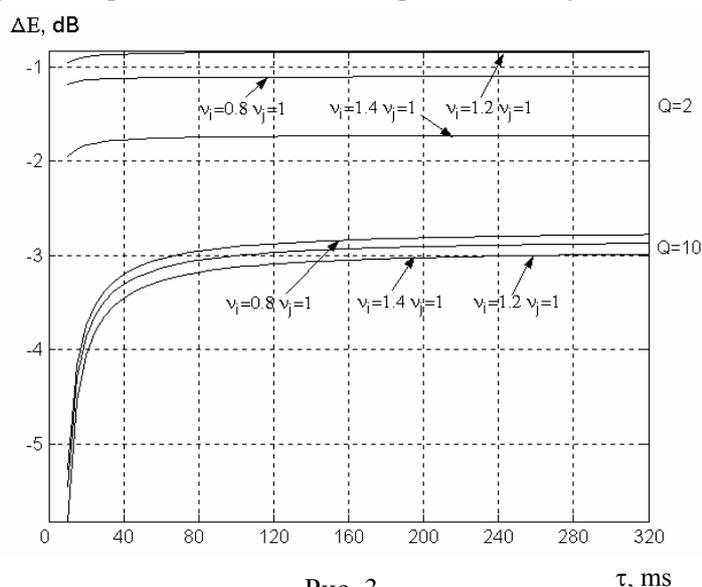


Рис. 3.

Влияние переходных процессов в антенно-согласующем тракте РПДУ на величину энергетического проигрыша можно оценить с помощью рис. 3, где представлено семейство зависимостей величины потерь от длительности чипа при различных комбинациях  $\nu_i$  и  $\nu_j$  ( $Q=2$ ).

При сравнительно большой длительности чипа относительный вклад искажений, обусловленных переходными процессами, невелик и, следовательно, уменьшается величина энергетических потерь. Однако стремление повысить техническую скорость передачи сообщений путем уменьшения длительности сигнала может привести к заметному энергетическому проигрышу при приеме, что и иллюстрируется

может привести к заметному энергетическому проигрышу при приеме, что и иллюстрируется

кривыми на рис. 3. При этом нужно иметь в виду, что при уменьшении длительности чипа ниже некоторого порогового значения переходные процессы не будут успевать закончиться к моменту перехода на новую частоту и, следовательно, при формировании очередного чипа придется учитывать процессы, происходившие при формировании всех предшествующих чипов. Это существенно усложнит задачу определения энергетического проигрыша, решение которой в этом случае может быть получено только на основе компьютерного моделирования.

Таким образом, на основе анализа результатов расчета, представленных на рис. 2 и 3, при задании предельно допустимой величины энергетических потерь можно произвести обоснование полосы частот в сетке ДЧМ сигналов, и на основе этого сформулировать требования к характеристикам нагрузочной цепи РПДУ.