

# РАДИОФИЗИКА

УДК 621.3.013.62

## ОБНАРУЖЕНИЕ ОДИНОЧНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ПОМЕХИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧЕВОГО ИЛИ МУЗЫКАЛЬНОГО СИГНАЛА

© 2014 г.

*С.С. Зельманов*

Волго-Вятский филиал Московского технического университета  
связи и информатики, Н. Новгород

zelmanss@yandex.ru

*Поступила в редакцию 07.06.2013*

Рассматривается способ обнаружения импульсной помехи, основанный на превышении величины скорости изменения энергии помехи над величиной скорости изменения энергии сигнала в узкополосном фильтре. Определяется оптимальная величина порога обнаружения.

*Ключевые слова:* импульсная помеха, порог обнаружения, скорость изменения энергии.

### Введение

Проблема повышения устойчивости радиосвязи по отношению к импульсным помехам включает в себя достаточно раннее обнаружение помехи с целью ее подавления. Этой проблеме посвящено много работ, часть которых связана с ограничением скорости изменениягибающей [1–3].

В случае когда пиковое значение помехи меньше уровня сигнала, а спектры их перекрываются, обнаружение помехи известными способами становится подчас недостаточно эффективным, не говоря уже о раннем обнаружении и подавлении помехи. Современная низкочастотная аппаратура становится прецизионной. Вследствие этого наличие импульсной помехи даже ниже уровня сигнала приводит к изменению спектрального состава сигнала и ухудшению его качества. Могут иметь место и другие технические проблемы, приводящие к решению этой задачи.

В этом случае эффективное обнаружение импульсной помехи для обеспечения своевременного ее подавления возможно при использовании некоторых характеристик речевого или музыкального сигнала.

Предполагается рассматривать довольно короткие отрезки смеси сигнала и помехи, длительность которых имеет порядок длительности импульсной помехи, то есть единиц или десятков миллисекунд. Такие отрезки речевого сигнала не обладают устойчивым распределением, т.к. для них характерна определенная нестационарность и весьма неравномерное распределение энергии по частотам спектра. Мгновенный спектр таких отрезков речевого сигнала имеет квазидискретную структуру [4–6]. Ширина каждой спектральной «линии», вообще говоря, невелика и меняется в пределах от нескольких герц до нескольких десятков герц. В перечисленных работах было показано, что среднестатистическая ширина «линий» такого спектра (формант) имеет величину порядка 50 Гц (для первых двух формант), а среднестатистическое расстояние между формантами составляет величину порядка 1000 Гц.

Различные отрезки сигнала имеют различные квазидискретные спектры. Если же усреднить указанные спектры по большому числу отрезков, то получится известная в литературе кривая распределения энергии речевого сигнала по частотам, которая не отражает указанной нестационарности речевого процесса.

Квазидискретный характер спектра может быть использован при обнаружении импульсной помехи на фоне речевого сигнала следующим образом.

Учитывая характер этого спектра, можно утверждать, что имеется некоторая статистически оптимальная ширина полосы пропускания резонатора, при которой обнаружение импульсной помехи будет наиболее эффективным. Для этого ширина полосы резонатора должна быть равна среднестатистическому расстоянию между двумя центральными соседними частотами «линий» спектра, составляющему величину порядка 200–500 Гц.

Разделение звукового диапазона на формантные области может быть реализовано соответствующими узкополосными полосовыми фильтрами, на вход которых подается смесь сигнала и помехи.

При этом действие на каждый фильтр каждой форманты речевого сигнала можно рассматривать как воздействие АМ-сигнала. В этом случае скорость изменения энергии фильтра, вызываемая речевым сигналом, будет определяться шириной среднестатистической «линии» его мгновенного спектра и будет сравнительно небольшой, а скорость изменения энергии контура, вызываемая помехой, будет определяться шириной полосы пропускания контура, которая, по крайней мере, в несколько раз больше среднестатистической ширины «линии» спектра речи. Поэтому скорость изменения мгновенной энергии контура под действием помехи будет более значительной, что и может позволить обнаружить её в случае, когда пиковое значение помехи меньше уровня сигнала.

Величина энергии помехи, которая накапливается в каждом узкополосном контуре, и её влияние в начальный момент времени достаточно малы. Однако при этом скорость изменения энергии помехи в контуре может быть весьма значительной. Это обстоятельство может быть использовано с целью её обнаружения. Степень медленности изменения энергии будет зависеть от соотношения между полосой пропускания фильтра и его средней частотой. В момент начала действия помехи и в последующие ближайшие моменты времени, когда помеха начинает нарастать, изменение запаса энергии в контуре от её действия должно быть незначительным, но скорость изменения мгновенной энергии может значительно отличаться от величины, определяемой лишь действием сигнала. Поэтому непрерывное слежение за величиной мгновенной энергии контура и её скорости позволит обеспечить возможность селекции помехи по превышению этой скоростью определенного уровня.

Следовательно, отношение среднестатистического расстояния между «линиями» квазидискретного спектра к среднестатистической ширине «линии» этого спектра должно определять величину выигрыша в обнаружении помехи при использовании нестационарного характера спектра отрезков речевого или музыкального сигнала.

Доказательство этого положения и будет составлять задачу, решаемую в данной работе.

### Результаты и их обсуждение

Рассмотрим контур, настроенный на частоту  $\omega$ , причем будем считать, что выполняется ус-

ловие  $\alpha \ll \omega$ , где  $\alpha$  – затухание контура. Для рассматриваемого случая дифференциальное уравнение контура имеет вид:

$$\frac{d^2 q}{dt^2}(t) + \alpha \frac{dq}{dt}(t) + \omega^2 q(t) = \frac{1}{L} [e_c(t) + e_{II}(t)], \quad (1)$$

где  $q(t)$  – мгновенный заряд,  $e_c(t)$  – ЭДС сигнала в контуре,  $e_{II}(t)$  – ЭДС помехи в контуре,  $e_{II}(t) = Ate^{-\beta t}$ ,  $A/e\beta$  – пиковое значение помехи,  $\Delta F$  – полоса пропускания контура,  $\beta = \pi\Delta F$  – параметр помехи,  $L$  – индуктивность контура.

Исследование будем вести на основе рассмотрения усредненного спектра речевого сигнала, после чего внесем уточнения, связанные с квазидискретностью его спектра.

При анализе речевого сигнала в качестве модели процесса принимаем следующее выражение речевого сигнала на интервале  $0 \leq t \leq T$ :

$$e_c(t) = \sum_{k=1}^{k=N} a_k \sin(k\omega_0 t + \varphi_k) + n(t), \quad (2)$$

где  $n(t)$  – дополнительный шум,  $a_k$  – амплитуды составляющих речевого сигнала (считаются независимыми и распределенными случайно),  $\varphi_k$  – фазы составляющих речевого сигнала (считаются независимыми и распределенными равномерно в интервале  $[0-2\pi]$ ). Полагаем, что на входе каждого контура эффективно действует некоторая часть формантной области, которую для простоты рассмотрения мы можем представить тремя частотными составляющими с частотами  $\omega$ ,  $\omega + \Omega$ ,  $\omega - \Omega$

$$e_c(t) = E[1 + m \cos(\Omega t + \psi)] \sin(\omega t + \varphi). \quad (3)$$

Тогда для тока в контуре получим:

$$i(t) = \frac{E}{2} [1 + m_1 \cos(\Omega t + \psi)] \sin(\omega t + \varphi),$$

где  $m_1 = m/\sqrt{1+a^2}$ ,  $a = Q2\Omega/\omega$ ,  $Q$  – добротность контура.

Амплитуда напряжения на выходе контура, как и амплитуда тока, являются медленно меняющимися функциями времени, т.к.  $\Omega < \omega$ , и носят случайный характер. Поэтому выражение для мгновенной энергии контура при действии только сигнала имеет вид:

$$W_c(t) = \frac{Q^2 E^2}{L\omega^2} \left[ 1 + \frac{m}{\sqrt{1+a^2}} \cos(\Omega t + \psi) \right]^2. \quad (4)$$

Дифференцируя (4) по времени, получим:

$$W_c' = \frac{2mQ^2\Omega E^2}{L\omega^2 \sqrt{1+a^2}} \gamma;$$

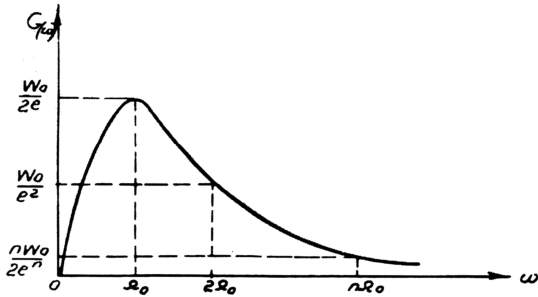


Рис. 1. Спектр речевого сигнала

$$\gamma = \left[ -\sin(\Omega t + \psi) - \frac{m_1}{2} \sin 2(\Omega t + \psi) \right],$$

$$|\gamma|_{\max} \approx 1; m_1 \ll 1. \quad (5)$$

Определим модуль максимума скорости изменения мгновенной энергии выражения (5):

$$|W'_{\max}| = \frac{2m_1 Q^2 \Omega E^2}{L \omega^2}. \quad (6)$$

Полученное выражение (6) характеризует максимальную скорость изменения мгновенной энергии контура при действии лишь одного сигнала. Установим связь между амплитудой ЭДС сигнала (амплитудой мгновенного спектра), действующего в данном контуре, настроенном на частоту  $\omega$ , и амплитудами ЭДС, действующими в других контурах, с учетом особенностей спектра речевого сигнала.

Экспериментальные исследования спектральной плотности мощности речевых сигналов  $G(\omega)$  показали, что с большой степенью точности она может быть представлена следующим выражением:

$$G(\omega) = \frac{W_0}{2} \frac{\omega}{\Omega_0} e^{-\frac{\omega}{\Omega_0}}, \quad (7)$$

где  $\omega$  – текущая круговая частота колебаний,  $\Omega_0$  – круговая частота спектральной составляющей колебаний, обладающей максимальной интенсивностью (см. рис.1).

Выражение для энергии составляющей колебания с частотой  $f_0 = \Omega_0/2\pi$  за период колебания на сопротивлении  $R=1$  Ом будет иметь вид:

$$W_0 = \int_0^{2\pi/\Omega_0} U_m^2 \sin^2 \Omega_0 t dt. \quad (8)$$

Измерения, проведенные в работах [4–6], показывают, что частота  $f_0$  находится в пределах от 150 Гц до 300 Гц в зависимости от некоторых субъективных свойств голосового аппарата человека. Что касается музыкальных программ, то характер энергетического спектра этих программ аналогичен характеру энергетического спектра речевых сигналов. Представляется возможным для любой составляющей ре-

чевого сигнала частоты  $\omega = K\omega_0$ , в соответствии с (8), вычисление её энергии за время, равное интервалу наблюдения. Выберем интервал наблюдения величиной в 1 сек. Тогда для энергии составляющей частоты  $\omega$  получим:

$$W_\omega = \int_0^{2\pi/\omega} U_{m_\omega}^2 \sin^2 \omega t dt = \int_0^{2\pi/\omega} U_{m_\omega}^2 \sin^2 K\omega_0 t dt, \quad (9)$$

где  $\omega_0 = \frac{\Delta\omega}{N}$ ,  $\Delta\omega$  – полоса частот, в которой со-

средоточена основная часть энергии речевого сигнала, рассматриваемого на интервале  $[0 - T]$ ,  $N$  – количество элементарных полос, на которое разбивается диапазон  $\Delta\omega$ ,  $\omega_0$  – ширина элементарной полоски. Отнеся величину энергии составляющей частоты  $\omega$  к ширине элементарной полоски, получим из (8) спектральную плотность мощности на частоте  $\omega = K\omega_0$ :

$$G(\omega)|_{\omega=K\omega_0} = \left( \int_0^{2\pi/\omega} U_{m_\omega}^2 \sin^2 K\omega_0 t dt \right) / \omega_0 =$$

$$= \frac{W_0}{2} \frac{K\omega_0}{\Omega_0} e^{-\frac{K\omega_0}{\Omega_0}} = \frac{W_0}{2} \frac{\omega}{\Omega_0} e^{-\frac{\omega}{\Omega_0}}. \quad (10)$$

Тогда для квадрата амплитуды составляющей частоты  $\omega$  будем иметь:

$$U_{m_\omega}^2 = W_0 \omega_0 n e^{-n},$$

где  $n = \omega/\Omega_0$ .

Выразим максимальное значение квадрата амплитуды этой составляющей:

$$(U_{m_\omega})_{\max}^2 = \frac{W_0 \omega_0}{e} U_{m_\omega}^2 =$$

$$= E^2 = (U_{m_\omega})_{\max}^2 e n e^{-n}, \quad (11)$$

откуда  $U_{m_\omega} = E = 1.65 (U_{m_\omega})_{\max} \sqrt{n/e^n}$ .

Очевидно, что значение функции  $G(\omega)$  на частоте  $\omega$  является величиной, усредненной во времени по большому числу реализаций речевого сигнала. Следовательно, и амплитуда составляющей колебания частоты  $\omega = K\omega_0$  также является величиной, усредненной во времени по большому числу реализаций. Тогда для усредненного эффективного значения напряжения речевого сигнала получим:

$$\bar{U}_{эфф} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{n=n_1}^{n=N} (U_{m_\omega})_n^2} =$$

$$= \frac{1.65}{\sqrt{2}} (U_{m_\omega})_{\max} \sqrt{\sum_{n=n_1}^{n=N} \frac{n}{e^n}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} U_{m_\omega} \sqrt{\frac{e^n}{n}} \sqrt{\sum_{n=n_1}^{n=N} \frac{n}{e^n}} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{m_\omega} \sqrt{\frac{e^n}{n}} \cdot S(N), \quad (12)$$

где  $S(N) = \sqrt{\sum_{n=1}^{N} \frac{n}{e^n}}$ ,  $n = \frac{K\omega_0}{\Omega_0} = \frac{\omega}{\Omega_0} = \frac{\Delta\omega}{N\Omega_0} K$ .

Величина  $S(N)$  может быть подсчитана из условия разбиения диапазона  $\Delta\omega$  на элементарные полосы. Так, при  $\Delta\omega = 3 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$ ,  $N = 100$ ,  $\omega_0 = 30 \text{ c}^{-1}$  была подсчитана величина  $S(N) \approx 2.45$ . Тогда получим:

$$\bar{U}_{\text{эфф}} = 1.75E \sqrt{\frac{e^n}{n}} = \frac{\sigma_m}{\sqrt{2}}, \quad (13)$$

где  $\sigma_m$  – среднеквадратическое значение амплитуды сигнала, откуда

$$E = 0.4\sigma_m \sqrt{n/e^n}.$$

Выражение (13) связывает значение любой из усредненных амплитуд составляющих речевого сигнала со значением среднеквадратической амплитуды сигнала.

Теперь рассмотрим действие импульсной помехи на контур.

Уравнение контура при действии только помехи:

$$\frac{d^2 q_{II}}{dt^2}(t) + \alpha \frac{dq_{II}}{dt}(t) + \omega^2 q_{II}(t) = \frac{A}{L} te^{-\beta t}. \quad (14)$$

Решение уравнения (14) при нулевых начальных условиях в соответствии с [7] и с учетом  $\alpha \ll \omega$  будет иметь вид:

$$\begin{aligned} q_{II}(t) &= \frac{A}{L(\beta^2 + \omega^2)} \left[ te^{-\beta t} + \frac{2\beta}{\beta^2 + \omega^2} e^{-\beta t} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{\omega} \cdot \frac{\beta^2 - \omega^2}{\beta^2 + \omega^2} \sin \omega t - \frac{2\beta}{\beta^2 + \omega^2} \cos \omega t \right], \quad (15) \\ \frac{dq_{II}}{dt}(t) &= \frac{A}{L(\beta^2 + \omega^2)} \left[ e^{-\beta t} - \beta te^{-\beta t} - \frac{2\beta^2}{\beta^2 + \omega^2} e^{-\beta t} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{2\beta\omega}{\beta^2 + \omega^2} \sin \omega t + \frac{\beta^2 - \omega^2}{\beta^2 + \omega^2} \cos \omega t \right], \\ \frac{d^2 q_{II}}{dt^2}(t) &= \frac{A}{L(\beta^2 + \omega^2)} \left[ -2\beta e^{-\beta t} + \beta^2 te^{-\beta t} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{2\beta^3}{\beta^2 + \omega^2} e^{-\beta t} - \frac{\omega(\beta^2 - \omega^2)}{\beta^2 + \omega^2} \sin \omega t + \frac{2\beta\omega^2}{\beta^2 + \omega^2} \cos \omega t \right]. \quad (16) \end{aligned}$$

Выражение (15) справедливо для самых начальных моментов времени после появления помехи, для которых выполняется следующее приближенное равенство:  $e^{\alpha t/2} \approx 1$ . Очевидно, скорость изменения мгновенной энергии в контуре может быть представлена так:

$$W'_{\Sigma II}(t) = L \frac{dq_{II}}{dt}(t) \left[ \frac{d^2 q_{II}}{dt^2}(t) + \omega^2 q_{II}(t) \right]. \quad (17)$$

С учетом полученных выше решений это выражение примет вид:

$$W'_{\Sigma II}(t) = \frac{A^2}{L} \cdot \frac{1}{\beta^2 + \omega^2} \left[ te^{-\beta t} + \frac{2\beta}{\beta^2 + \omega^2} e^{-\beta t} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{\omega} \cdot \frac{\beta^2 - \omega^2}{\beta^2 + \omega^2} \sin \omega t - \frac{2\beta}{\beta^2 + \omega^2} \cos \omega t \right] te^{-\beta t}. \quad (18)$$

Введём параметр  $\lambda = f(\omega/\beta)$ , характеризующий величину скорости нарастания энергии в контуре в зависимости от соотношения резонансной частоты контура и параметра помехи.

Нас будет интересовать, при каких значениях  $\lambda$  помеха будет вызывать наибольшее нарастание величины скорости изменения мгновенной энергии в контуре в минимальном интервале времени, представляющем наибольший интерес с точки зрения обнаружения этой помехи. Точное аналитическое решение поставленной задачи затруднено тем, что функция (16), которую необходимо исследовать на экстремум, является трансцендентной. Поэтому поиск экстремума функции  $W'_{\Sigma II}(t)$  будем осуществлять графоаналитически.

1. Вычислим значения функции заряда помехи, его первой и второй производных в интервале  $0 \leq \beta t \leq 5$  для следующих случаев:  $\lambda_1 = 0.2$  ( $\omega = 0.1\beta$ );  $\lambda_2 = 0.94$  ( $\omega = 0.5\beta$ );  $\lambda_3 = 1.6$  ( $\omega = \beta$ );  $\lambda_4 = 2$  ( $\omega = 2\beta$ );  $\lambda_5 = 2.74$  ( $\omega = 5\beta$ ).

2. Построим полученные зависимости как функции аргумента  $\tau = \beta t$  (рис. 2–4).

3. Для каждой из рассмотренных величин в том же интервале времени вычислим и построим зависимости  $W'_{\Sigma II}(t)$  (рис. 5).

Полученные зависимости говорят о том, что с ростом  $\lambda$  или относительным увеличением резонансной частоты контура величина первого максимума скорости изменения мгновенной энергии контура убывает, а сам максимум сдвигается влево, т.е. является более «ранним» с точки зрения обнаружения.

Для меньших значений  $\lambda$  величина максимума расположена гораздо правее или «позднее», однако выбор небольших значений  $\lambda$  сопряжен с необходимостью построения высокодобротного контура с очень низкой резонансной частотой.

Выбор больших значений  $\lambda$  также нецелесообразен, так как величина этого максимума сравнительно невелика. Если, как будет показано далее, соотношение между сигналом и помехой в контуре в интервале  $0 \leq \beta t \leq 5$  будет «не в пользу» обнаружения помехи, то она не сможет быть обнаружена по этому критерию и «позднее», т.е. при  $\lambda > 0.5$ .

Учитывая все изложенное, а также то обстоятельство, что функция  $W'_{\Sigma II}(t)$  при разных значениях  $\lambda$  имеет в интервале нарастания сравнительно небольшой разброс, остановим свой выбор на величине  $\lambda = 1.6$ . Этому значению  $\lambda$  соответствует максимум функции  $W'_{\Sigma II}(t)$  в момент времени  $\tau = 1$ . При этом следует от-

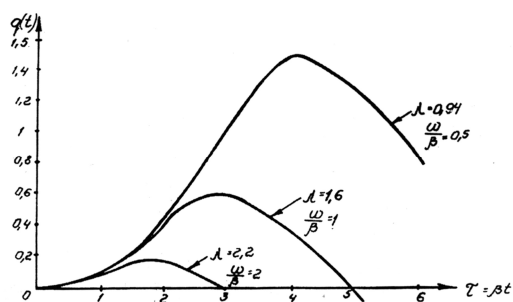


Рис. 2. Зависимость функции заряда в контуре под действием помехи

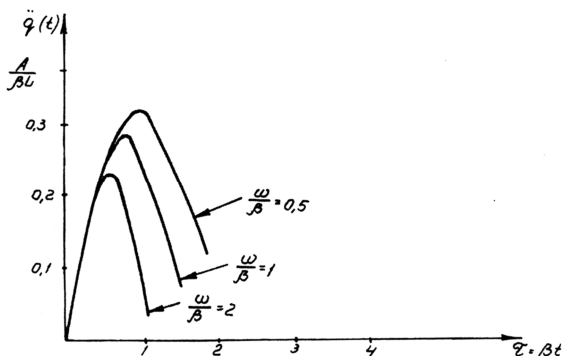


Рис. 4. Зависимость производной тока в контуре под действием помехи

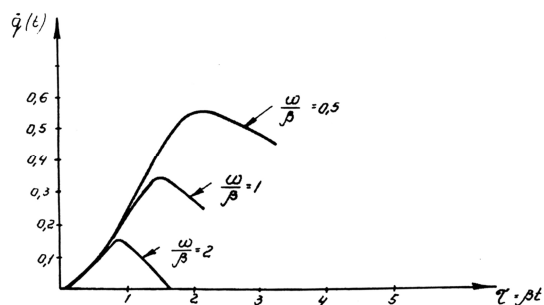


Рис. 3. Зависимость функции тока в контуре под действием помехи

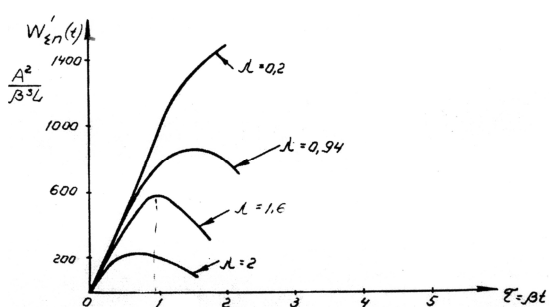


Рис. 5. Зависимость во времени скорости изменения энергии контура под действием помехи

метить, что в этот же момент достигает своего максимума и ЭДС помехи в контуре.

В последующем будем в основном оперировать моментами времени в интервале  $0 \leq \tau \leq 1$ , представляющими интерес с точки зрения наиболее раннего обнаружения. Определим  $W'_{\Sigma\Pi}(t)_{\max}$  для выбранного нами значения  $\lambda$ :

$$W'_{\Sigma\Pi}(t)_{\max} = A_m^2 \frac{0.65}{\beta L}, \quad (19)$$

где  $A_m = \frac{A}{e\beta}$  – пиковое значение ЭДС помехи в контуре.

Приравняем выражения (6) и (19), т.е. максимальные значения скорости изменения энергии, обусловленные сигналом и помехой соответственно. В результате получим предельное соотношение по мощности между пиковым значением помехи и амплитудой сигнала, при котором еще возможно разделение импульсной помехи и сигнала:

$$\left(\frac{A_m}{E}\right)^2 = \frac{2mQ^2\Omega\beta}{\omega^2\sqrt{1+a^2}}. \quad (20)$$

Это выражение с учетом (13) можно представить через среднеквадратическую амплитуду сигнала:

$$\left(\frac{A_m}{\sigma_m}\right)^2 = 0.32 \frac{mQ^2\Omega\beta}{\omega^2\sqrt{1+a^2}} \frac{n}{e^n}. \quad (21)$$

Вычислим это отношение при  $Q=10$ ,  $m=1$ ,  $\Omega=314$  ( $F=50$ ),  $\omega=6280 \text{ c}^{-1}$  ( $f=1000$  Гц),  $n=5$ ,  $\Omega_0=1256$  ( $F_0=200$ ):

$$A_m/\sigma_m \cong 0.22. \quad (22)$$

Это означает, что обнаружение импульсной помехи в смеси сигнала и помехи возможно, когда величина пикового значения помехи составляет примерно пятую часть среднеквадратического значения амплитуды сигнала.

Слежение за мгновенной энергией в контуре с целью раннего обнаружения импульсной помехи представляет собой отдельную техническую задачу, так как способ слежения должен быть практически безынерционным. Амплитудный детектор с фильтром на выходе не может обеспечить решение этой задачи в силу своей инерционности. В связи с этим представляется целесообразным использование безынерционного детектора обобщенного АМ-сигнала [7, 8].

## Заключение

Проведенное исследование показывает, что обнаружение импульсной помехи с пиковым значением, меньшим уровня сигнала, возможно с использованием некоторых особенностей формантной структуры спектра коротких отрезков речевого или музыкального сигнала. Реализация идеи обнаружения помехи проводится с

использованием гребенки узкополосных фильтров, в каждом из которых отслеживается скорость изменения энергии. Установлено, что при незначительном значении пиковой величины помехи, составляющем пятую часть среднеквадратического значения амплитуды сигнала, скорость изменения энергии контура, обусловленного помехой, превышает скорость изменения энергии, обусловленной действием сигнала. Этот критерий и позволяет обнаружить помеху на самом раннем этапе её действия и тем самым обеспечить возможность её подавления.

#### Список литературы

1. Воллернер Н.Ф. Повышение помехоустойчивости приема ограничением производной огибающей // Известия вузов. Радиотехника. 1962. № 2. С. 14–18.
2. Патент 2308047 РФ, класс МПК G0157/36. Способ защиты от импульсных помех при обнаружении сложных радиолокационных сигналов / Михеев М.В. Патентообладатель: Федеральное государственное унитарное предприятие «Нижегородский

научно-исследовательский институт радиотехники». Подача заявки 11.05.2005 г., публикация патента 10.10.2007 г.

3. Мирнов В.А. Определение характеристик обнаружения радиолокационных сигналов на фоне пассивных помех в морских условиях // Сб. ст. Института радиопизики и электроники. Харьков, 2012. Вып. 1(82).
4. Баронин С.П. Статистические методы анализа речевых сигналов // Электросвязь. 1966. № 5. С. 20–25.
5. Сапожков М.А. Речевой сигнал в кибернетике и связи. Связьиздат, 1963. С. 80–85.
6. Фланаган Дж. Анализ, синтез и восприятие речи / Пер. с англ. под ред. А.А. Пирогова. М.: Изд-во «Связь», 1968. С. 102–110.
7. Патент 2408974 РФ, H03D1/(2006.01). Безынерционный детектор обобщенного АМ-сигнала / Зельманов С.С., Семин Д.С. № 2009133580, 07.09.2009. Заявлено 07.09.2009, опубликовано 10.01.2011. Бюл № 1.
8. Зельманов С.С. Безынерционный амплитудный детектор // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 1. С. 70–78.

## DETECTION OF SINGLE IMPULSE INTERFERENCE WHEN USING CHARACTERISTICS OF SPEECH OR MUSIC SIGNALS

*S.S. Zelmanov*

A technique to detect an impulse interference is described which is based on the change rate excess of the interference energy over the signal energy in a narrowband filter. An optimal detection threshold value is determined.

*Keywords:* impulse interference, detection threshold, energy change rate.

#### References

1. Vollerner N.F. Povyshenie pomehoustojchivosti priema ograniceniem proizvodnoj ogibajushhej // Izvestija vuzov. Radiotehnika. 1962. № 2. S. 14–18.
2. Patent 2308047 RF, klass MPK G0157/36. Sposob zashhity ot impul'snyh pomeh pri obnaru-zhenii slozhnyh radiolokacionnyh signalov / Miheev M.V. Patent-obladatel': Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatje «Nizhegorodskij nauchno-issledovatel'skij institut radiotehniki». Podacha zajavki 11.05.2005 g., publikacija patenta 10.10.2007 g.
3. Mirnov V.A. Opredelenie harakteristik obnaru-zhenija radiolokacionnyh signalov na fone passivnyh pomeh v morskikh uslovijah // Sb. st. Instituta radiofiziki i jelektroniki. Har'kov, 2012. Vyp. 1(82).
4. Baronin S.P. Statisticheskie metody analiza rechevyh signalov // Jelektrosvjaz'. 1966. № 5. S. 20–25.
5. Sapozhkov M.A. Rechevoj signal v kibernetike i svjaz'i. Svjaz'izdat, 1963. S. 80–85.
6. Flanagan Dzh. Analiz, sintez i vosprijatie rechi / Per. s angl. pod red. A.A. Pirogova. M.: Izd-vo «Svjaz'», 1968. S. 102–110.
7. Patent 2408974 RF, H03D1/(2006.01). Bez-ynercionnyj detektor obobshhennogo AM-signala / Zel'manov S.S., Semin D.S. № 2009133580, 07.09.2009. Zajavle-no 07.09.2009, opublikovano 10.01.2011. Bjul № 1.
8. Zel'manov S.S. Bezynercionnyj amplitudnyj de-tektoer // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. 2010. № 1. S. 70–78.