

Сравнение помехоустойчивости приёмников АМ сигналов и ЧМ сигналов

Проведём сравнение помехоустойчивости приёмников сигналов с амплитудной модуляцией и с частотной модуляцией при условии, что на входе демодулятора значение параметра $a \gg 1$. Как и ранее, будем считать, что сигнал имеет гармоническую модуляцию, АЧХ БВЧ и БНЧ прямоугольные и согласованы по полосе пропускания с шириной спектра соответствующих колебаний. Сравнение проведём при условии, что амплитуда несущей U_0 и спектральная плотность шума G_0 на входе БВЧ для обоих приёмников одинакова, коэффициент модуляции АМ сигнала $m = 1$, индекс модуляции ЧМ сигнала $\beta_{\text{ЧМ}} \gg 1$.

Для удобства сравнения представим соотношения, определяющие помехоустойчивость рассматриваемых приёмников, в виде таблицы.

| | Приёмник АМ сигнала | Приёмник ЧМ сигнала |
|--|--|---|
| Структурная схема приёмника | | |
| Вид модуляции | 100%-я АМ с частотой F_m | ЧМ с девиацией частоты Δf_m , частотой модуляции F_m , индексом модуляции $\beta_{\text{ЧМ}} \gg 1$ |
| Шумовая полоса БВЧ $\Pi_{\text{ш. БВЧ}}$ | $2F_m$ | $2\Delta f_m$ |
| Верхняя граничная частота БНЧ | — | F_m |
| Амплитуда несущей на выходе БВЧ (входе демодулятора) $U_{\text{с. БВЧ}}$ | $K_{0\text{БВЧ}} U_0$ | $K_{0\text{БВЧ}} U_0$ |
| Эффективное напряжение шума на выходе БВЧ (входе демодулятора) $U_{\text{ш. БВЧ}} = K_{0\text{БВЧ}} \sqrt{G_0 \Pi_{\text{ш. БВЧ}}}$ | $K_{0\text{БВЧ}} \sqrt{G_0 \cdot 2F_m}$ | $K_{0\text{БВЧ}} \sqrt{G_0 \cdot 2\Delta f_m}$ |
| Отношение сигнал-шум на выходе БВЧ (входе демодулятора) $\left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right)_{\text{БВЧ}} = \frac{U_{\text{с. БВЧ}}^2}{2U_{\text{ш. БВЧ}}^2}$ | $\frac{U_0^2}{2G_0 \cdot 2F_m}$ | $\frac{U_0^2}{2G_0 \cdot 2\Delta f_m}$ |
| Отношение сигнал-шум на выходе приёмника $\left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right)_{\text{вых}}$ | При $a \gg 1$ $\left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right)_{\text{вых. АМ}} = \left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right)_{\text{БВЧ}} = \frac{U_0^2}{2G_0 \cdot 2F_m}$ | При $a \gg 1$ $\left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right)_{\text{вых. ЧМ}} = 3\beta_{\text{ЧМ}}^3 \left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right)_{\text{БВЧ}} = 3\beta_{\text{ЧМ}}^3 \frac{U_0^2}{2G_0 \cdot 2\Delta f_m}$ |

Основное различие в условиях работы АД и ЧД заключается в том, что при одинаковой мощности несущей на входе демодулятора мощность шума, которая определяется шумовой полосой БВЧ, существенно различается: поскольку полоса пропускания приёмника ЧМ сигнала, равная (в случае $\beta_{\text{ЧМ}} \gg 1$) $2\Delta f_m$, в $\beta_{\text{ЧМ}}$ раз больше полосы пропускания приёмника АМ сигнала, которая равна $2F_m$, то во столько же раз мощность шума на входе ЧД больше, чем на входе АД. Следовательно, отношение сигнал-шум на входе ЧД в $\beta_{\text{ЧМ}}$ раз меньше, чем на входе АД.

Используя приведённые в последней строке таблицы выражения для отношения сигнал-шум на выходе обоих приёмников, мы можем сравнить их между собой по помехоустойчивости. Для этого найдём отношение отношения сигнал-шум на выходе приёмника ЧМ сигнала к аналогичному отношению для приёмника АМ сигнала:

$$\begin{aligned} \left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}} \right)_{\text{вых. ЧМ}} / \left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}} \right)_{\text{вых. АМ}} &= 3\beta_{\text{ЧМ}}^3 \frac{U_0^2}{2G_0 \cdot 2\Delta f_m} / \frac{U_0^2}{2G_0 \cdot 2F_m} = \\ &= 3\beta_{\text{ЧМ}}^3 \cdot \frac{1}{\beta_{\text{ЧМ}}} = 3\beta_{\text{ЧМ}}^2. \end{aligned}$$

Это выражение характеризует выигрыш в помехоустойчивости, достигаемый при использовании частотной модуляции (в надпороговой области), по сравнению с амплитудной модуляцией.