

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧАСТОТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Брезгунов А.В.

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков*

Для передачи информации широко используются импульсы прямоугольной формы с модуляцией $S_P(t)$ (радиоимпульсы) и без модуляции $S(t)$ (линейные сигналы). Воздействующие на них помехи $n(t)$, изменяют форму немодулированных импульсов, а у радиоимпульсов изменяется форма огибающей и значение несущей частоты f_0 . Уменьшение полосы частот Δf при фильтрации импульса длительностью T может значительно понизить мощность $P_{\text{ш}}$ помех $n(t)$, которая при её равномерной плотности распределения N_0 имеет значение $P_{\text{ш}} = \Delta f \cdot N_0$. Однако, уменьшение полосы частот для немодулированных импульсов $S(t)$ ограничено полосой частот $\Delta f \approx 1,5/T$, а для радиоимпульсов $S_P(t)$ $\Delta f \approx 3/T$, в которой сосредоточена их основная энергия.

Идея повышения энергетической эффективности частотной фильтрации импульсов заключается в учёте того, что за время T параметры импульса прямоугольной формы неизменны, а параметры помехи изменяются. Если импульс $S^*(t) = S(t) + n(t)$ или $S_P^*(t) = S_P(t) + n(t)$ повторить K раз, задерживая на время T относительно предыдущего импульса, то получится искусственно удлинённый в K раз импульс $S^*_Y(t)$ и радиоимпульс $S^*_{PY}(t)$. Это эквивалентно тому, что полоса частот Δf для удлинённых импульсов $S_Y(t)$ или $S_{PY}(t)$, где сосредоточена его основная энергия, уменьшилась в K раз, а энергия помехи останется сосредоточенной, как и прежде в Δf . Используя узкополосный полосовой фильтр с $\Delta f \approx 1,5/KT$ для $S^*_Y(t)$ и для $S^*_{PY}(t)$ с $\Delta f \approx 3/KT$ можно понизить мощность гауссовой помехи $P_{\text{ш}} = \Delta f \cdot N_0$ приблизительно в K раз без изменения мощности импульсов P_C , так как их энергия будет сосредоточена полосе частот в K раз меньшей, чем у помехи. Соотношение $P_C/P_{\text{ш}}$ возрастёт в K раз.

После многократного повторения $S^*(t) = S(t) + n(t)$ или $S_P^*(t) = S_P(t) + n(t)$ получится непериодический сигнал ($S_Y(t)$ или $S_{PY}(t)$), и периодический сигнал помехи $n_Y(t)$, с периодом T повторения $n(t)$. В частотных спектрах импульса $S^*_Y(t)$ и радиоимпульса $S^*_{PY}(t)$ появятся спектральные линии на частотах $f_i = i/T$ ($i=1, 2, 3, \dots$) для $S^*_Y(t)$ и для $S^*_{PY}(t)$ на частотах $f_P = f_0 \pm j/T$ ($j=1, 2, 3, \dots$).

При «стыковке» радиоимпульсов для недопущения скачка фазы в моменты «стыковки», необходимо чтобы число периодов высокочастотного колебания частотой f_0 было целым. Помехи $n(t)$ в подавляющем числе случаев будут «стыковаться» с разрывом фазы, а если в момент «стыковки» их фазы будут отличаться величину близкую к 180° , то заметная часть энергии $n(t)$ в её начале будет теряться при переходе фазы через 0° .

Если «удлинение» использовать в широко распространённой технологии OFDM, где полоса частотной фильтрации Δf_l одного из l подканалов больше его полосы частот Δf приблизительно в $l/2$ раз, то соотношение $P_C/P_{\text{ш}}$ после фильтрации в подканале, возрастёт в $K \cdot l/2$ раз, при $P_{\text{ш}} = \Delta f \cdot N_0$.