

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ НА ПРИМЕРЕ ЦИФРОВОГО МОДУЛЯТОРА

Ярмоленко В.И.

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
кафедра динамики электронных систем
150000, Россия, Ярославль, ул. Советская, 14, каб. 307. Тел. (4852) 79-77-56

Интерес к фазоманипулированным (ФМ) сигналам растет благодаря известным свойствам таких сигналов. Наиболее привлекательными свойствами ФМн сигналов являются уровень внеполосных излучений (ВИ) и помехоустойчивость. Для уменьшения уровня ВИ цифрового модулятора используют скругления фронтов манипулирующей функции (МФ) [1]. При этом улучшается электромагнитная совместимость (ЭМС) и особенно при воздействии ВИ по основному каналу приема совместно работающих радиоэлектронных средств (РЭС), однако ухудшается помехоустойчивость приема ФМн сигналов, т.е. параметры ЭМС и помехоустойчивость являются взаимно противоположными.

В настоящее время известны критерии [1], которые позволяют выбирать МФ, связанные с качеством ЭМС и помехоустойчивостью. На основе разработанной программы и модели цифрового модулятора [2] были созданы такие ФМн сигналы, модулирующие функции которых можно было изменять в широких пределах – от линейных до самых гладких. Спектры полученных ФМн сигналов должны удовлетворять нормам на ширину полосы частот (НШПИ) и внеполосным излучениям [3].

Для аппроксимации закона изменения фазы были выбраны следующие функции: линейная, параболическая и линейно-параболическая аппроксимация.

1. Линейная аппроксимация

$$S(t) = \begin{cases} ay, & 0 < y < \frac{1-\delta}{2}, \\ \frac{1}{2}, & \frac{1-\delta}{2} < y < \frac{1+\delta}{2}, \\ a(1-y), & \frac{1+\delta}{2} < y < 1, \end{cases} \quad \text{где } \delta = \tau_1/\tau, y = t/\tau, a = 1/(1-\delta).$$

2. Параболическая аппроксимация

$$S(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \left[1 - k \left(y - \frac{1-\delta}{2} \right)^2 \right], & 0 < y < \frac{1-\delta}{2}, \\ \frac{1}{2}, & \frac{1-\delta}{2} < y < \frac{1+\delta}{2}, \\ a(1-y), & \frac{1+\delta}{2} < y < 1, \end{cases} \quad \text{где } k = 4/(1-\delta)^2.$$

3. Линейно-параболическая аппроксимация

$$S(t) = \begin{cases} a_1 y, & 0 < y < \frac{1-\gamma}{2}, \\ \frac{1}{2} \left[1 - k_1 \left(y - \frac{1-\delta}{2} \right)^2 \right], & \frac{1-\gamma}{2} < y < \frac{1-\delta}{2}, \\ \frac{1}{2}, & \frac{1-\delta}{2} < y < \frac{1+\delta}{2}, \\ \frac{1}{2} \left[1 - k_1 \left(y - \frac{1+\delta}{2} \right)^2 \right], & \frac{1+\delta}{2} < y < \frac{1+\gamma}{2}, \\ a_1(1-y), & \frac{1+\delta}{2} < y < 1, \end{cases} \quad \text{где } \gamma = \tau_1/\tau, a_1 = \frac{2}{2-\gamma-\delta}, k_1 = \frac{4}{(\gamma-\delta)(2-\gamma-\delta)}.$$

Хотя в модели модулятора можно реализовать любую МФ, но нас интересуют выше упомянутые три функции. Это связано с тем, что такие МФ уже использованы, в том числе и автором, в научно-технической литературе при исследовании амплитудноманипулированных (АМн) и частотноманипулированных (СМн) сигналов. Представляется возможность, при необходимости, сравнивать такие сигналы не только по таким параметрам как ЭМС, помехоустойчивость, но и по ширине полосы частот, занимаемой сигналом, сложности реализации таких сигналов, стоимости и веса аппаратуры, потребляемой мощности и т.п.

Более простое, сравнение параметров ФМн, ЧМн и АМн сигналов можно провести на отдельных моделях фазового, частотного и амплитудного модуляторов.

На экране монитора можно увидеть полученные на выходе модели цифрового модулятора ФМн сигналы, мощности ВИ, мощности отдельных спектральных составляющих, график помехоустойчивости, огибающие спектров таких сигналов. Выбирая различные МФ и параметры скругления фронтов манипуляции можно получать самые разнообразные ФМн сигналы. Нас интересуют ФМн сигналы, которые удовлетворяют нормам на ширину полосы частот и внеполосным спектрам излучений радиопередающих устройств гражданского назначения [3]. Помехоустойчивость таких сигналов рассчитывалась в реальном времени в модели цифрового демодулятора.

Оценка качества скругления фронтов МФ согласно [1] определяется как $r(\delta) = K_\delta / V_\delta$. Назовем это отношение критерием скругления

$$K_\delta = \frac{S_{\delta=0} - S_{\delta>0}}{S_{\delta=0}}, \quad V_\delta = \frac{h_{\delta>0} - h_{\delta=0}}{h_{\delta=0}},$$

$$r_\delta = \frac{(S_{\delta=0} - S_{\delta>0})h_{\delta=0}}{(h_{\delta>0} - h_{\delta=0})S_{\delta=0}}$$

где K_δ – нормированное уменьшение мощности внеполосного излучения;

$S_{\delta=0}$ и $S_{\delta>0}$ – мощности ВИ при $\delta=0$ и $\delta>0$. Чем больше K_δ , тем меньше ВИ;

$h_{\delta=0}$ и $h_{\delta>0}$ – энергетические отношения сигнал/помеха, требующие для получения одной и той же вероятности $P_{\text{ош}}$ в случае скругления фронтов МФ и без него соответственно;

V_δ – определяет относительное снижение потенциала радиолинии за счет скругления фронтов МФ (чем больше δ , тем больше V_δ);

δ – параметр скругления фронтов модулирующей функции.

В итоге можно получить график $r(\delta)$. По этому графику выбирают наибольшее значение $r(\delta)$, которое соответствует конкретным МФ и δ , близким к оптимальным. Модулирующая функция и δ , близкими к оптимальным являются гладкая функция типа Sin^2x при $\delta=0,2\dots0,27$. Наибольшее значение $r(\delta)$ получается в пределах около 5, что соответствует значению $r(\delta)$ в [1].

Таким образом, на примере модели цифрового модулятора проведены исследования ФМн сигналов. Подобным образом можно проводить исследования на моделях цифровых модуляторов для получения частотоманипулированных и амплитудноманипулированных сигналов.

Литература

1. Соколов М.А., Ярмоленко В.И. Выбор закона скругления модулирующей функции при передаче дискретных сигналов с угловой модуляцией. – Радиотехника. – М.: 1990, № 2.
2. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. Пер. с англ. под ред. В.И. Журавлева. М.: Радио и связь, 2000.
3. Общесоюзные нормы на ширину полосы радиочастот и внеполосных излучений радиосигналов гражданского назначения. Нормы 19-86. – М.: Государственная комиссия по радиочастотам СССР, 1988.

RESEARCHING OF PHASE MANIPULATION SIGNALS ON AN EXAMPLE OF THE DIGITAL MODULATOR

Yarmolenko V.

Yaroslavl State University

14 Sovetskaya st., Yaroslavl, Russia 150000.

Phone: +7(4852)79-77-75. E-mail: dcslab@uniyar.ac.ru

Interest in phase manipulation signals increase thanks to well-known properties of this signals. More attractive properties of phase manipulation signals are level of out banding radiations and a noise stability. For reduction of level out banding radiation of the digital modulator we can use fillet of fronts of MF. Thus electromagnetic compatibility improves especially with influence on out banding radiation using the basic channel of reception joint with working radio-electronic means. However the noise stability of reception of signals with the rounded fronts becomes worse.

Now criteria which allow choosing modulating function, connected with quality of electromagnetic compatibility and noise stability are known. The same phase manipulation signals were created on the basis of the developed program and model of the digital modulator. We can realize modulating function of these signals in a wide range from linear up to smooth.

We can see receiving on the exit digital modulator phase manipulation signals on the screen of the monitor. It is possible to see capacity of out banding radiations, capacities of separate spectral components, a noise stability of such signals in a separate tables. The estimation of quality of a rounding of fronts MF is defined by criterion of a

rounding off $r(\delta) = K_\delta/V_\delta$, where K_δ - relative speed of falling off bending around a spectrum, V_δ - relative deterioration of a noise stability of the received signals. $r(\delta)$ - has the greatest value for smooth MF at $\delta = 0,2$. Thus, on an example of model of the digital modulator are carried out researches of phase manipulation signals. In a similar way it is possible to carry out researches frequency manipulation and amplitude manipulation signals on corresponding models of digital modulators

