

References

1. Proakis J. *Digital Communication*. 3rd ed. Mc Graw-Hill, 1995, 912 p. (Russ. ed.: Prokis D. *Tsyfrovaya svyaz*. Moscow, Radio i svyaz Publ., 2000, 800 p.).
2. Farhang-Boroujeny B. *Adaptive filters: theory and applications*. John Wiley & Sons, 1998, 548 p.
3. Glaveiux A., Laot C., Labat J. Turbo equalization over a frequency selective channel. *Proc. 1st Symp. Turbo Codes*. 1997, pp. 96–102.
4. Pustovalov E.V. Sravnitelnyy analiz metodov lineynoy chastotnoy ekvalizatsii [A comparative analysis of methods of linear frequency equalization]. *Voprosy peredachi i zachshity informatsii*, Saint Petersburg, GUAP, 2011, pp. 126–148.
5. Italyantseva M.B. Programmnyy kompleks dlya statisticheskogo modelirovaniya nizhnikh urovney sistem mobilnoy svyazi [The software package for the statistical modeling of the lower levels of mobile communication systems]. *XXI Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya Radiolokatsiya, navigatsiya, svyaz*, Voronezh, 2015, pp. 1060–1068.
6. Ipatov V. *Shirokopolosnye sistemy i kodovoe razdelenie signalov. Printsipy i prilozheniya*. [Broadband systems and code division signals. Principles and Applications]. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2007, 488 p.
7. Widrow B., Stearns S. Adaptive signal processing. Prentice-Hall, 1985, 463 p. (Russ. ed.: Uidrou B., Stirnz S. *Adaptivnaya obrabotka signalov*. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1989, 440 p.).
8. Benvenuto N., Cherubini G. *Algorithms for Communications Systems and Their Applications*. John Wiley & Sons, 2002, pp. 1285.
9. Nikolaev B.I., Chingaeva A.M. Optimalnaya tsifrovaya filtratsiya potoka otsenok impulsnoy kharakteristiki kanala s selektivnymi zamiraniyami, poluchennykh po informatsionnym posylkam [Optimum digital filtering flow channel impulse response estimates with selective fading on information received parcels], *XI Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya Radiolokatsiya, navigatsiya, svyaz*, Voronezh, 2005, vol. 2, pp. 648–653.

Received 04.08.2015

УДК 629.783

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТОВ И ФУНКЦИЙ ЭРМИТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СШП-ИМПУЛЬСОВ ПОД ТРЕБОВАНИЯ МАСКИ ГКРЧ

Кислинский В.Д., Грахова Е.П., Абдрахманова Г.И.

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, РФ

E-mail: be.me@bk.ru

В статье рассмотрена возможность применения функций Эрмита и вейвлетов для разработки импульсов, спектральная плотность мощности которых соответствует маске Государственной комиссии по радиочастотам РФ на уровень излучения сверхширокополосных устройств внутри помещений. Сформулирована задача оптимизации формы импульсов, исследованы два класса функций на основе полиномов Эрмита и один – на основе частотного В-сплайнового вейвлета. Исследована зависимость формы импульсов от значения различных параметров и порядка функции. Представлены результаты компьютерного моделирования оптимальных импульсов и их сравнение по коэффициенту использования маски с представленными в литературе аналогами. Даны рекомендации по применению данных импульсов в системах сверхширокополосной связи ввиду простоты их генерации и высокого значения коэффициента использования маски.

Ключевые слова: оптимизация, спектральная маска, сверхширокополосная связь, вейвлеты, полиномы Эрмита.

Введение

Стремительно развивающаяся технология сверхширокополосной (СШП) радиосвязи наряду с новыми возможностями и разработками ставит и новые задачи, неизвестные ранее. При этом открываются и новые потенциальные области применения данной технологии, такие как, в частности, организация радиоканала

в системе Radio-over-Fiber (RoF), что позволит полнее использовать преимущества волоконной оптики. Однако не стоит забывать об ограничениях, наложенных Государственной комиссией по радиочастотам (ГКРЧ) на уровне излучения СШП-устройств [1] в РФ, которые значительно усложняют задачу формирования импульсов по сравнению с аналогичной задачей для ранее из-

вестной маски Федеральной комиссии по связи США (FCC) [2].

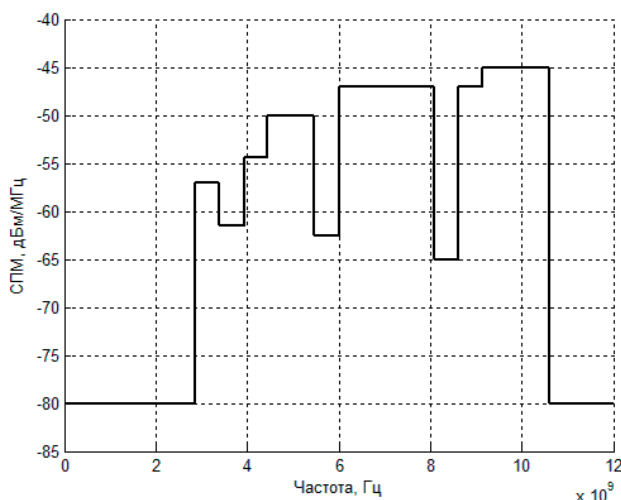


Рис. 1. Маска спектральной плотности мощности (СПМ) по решению ГКРЧ для СШП-устройств, работающих внутри помещений

Также стоит отметить крайне малое количество публикаций по данному направлению в России. Здесь следует упомянуть работы [3] и [4], где моделирование СШП-импульсов основано на производных импульсов Гаусса и Рэлея высоких порядков, практически не реализуемых.

Постановка задачи

В данной работе предлагается рассмотреть функции Эрмита [5-6] и вейвлеты в качестве базовых компонентов оптимальных импульсов при решении задачи условной минимизации:

$$F = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} |P_{\text{ГКРЧ}}(f) - P_{\text{opt}}(f)|^2 df \rightarrow \min, \quad (1)$$

при условиях:

$$\int_0^{\infty} s_{\text{opt}}(t) dt = S(f)|_{f=0} = 0; \quad (2)$$

$$P_{\text{opt}}(f) \leq P_{\text{ГКРЧ}}(f), \quad (3)$$

где F – целевая функция; P_{opt} – СПМ оптимального импульса; $P_{\text{ГКРЧ}}$ – СПМ маски ГКРЧ.

Моделирование СШП-импульсов на основе функций Эрмита

В данном разделе для моделирования использованы модифицированные (МЭИ) и модулированные (МдЭИ) эрмитовские импульсы, основанные на полиномах Эрмита [7]:

$$h_{e_n} = (-\sigma)^n \exp\left(-\frac{t^2}{\sigma^2}\right) \frac{d^n}{dt^n} \exp\left(-\frac{t^2}{\sigma^2}\right), \quad (4)$$

где n – порядок полинома; σ – коэффициент формы. МЭИ определяются выражением

$$s_n(t) = A \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{4\sigma^2}\right) n! \sum_{i=0}^{\lceil n/2 \rceil} \left(-\frac{1}{2}\right)^i \frac{(t/\sigma)^{n-2i}}{(n-2i)! i!}, \quad (5)$$

где A – амплитуда импульса, В; n – порядок импульса; символ $\lceil \cdot \rceil$ означает нахождение целой части. Стоит отметить, что, согласно наложенным в данной работе условиям, для моделирования рассматриваются только нечетные значения n и $n \leq 19$. Для $n = 1; 3$ и 5 имеем соответственно

$$s_1(t) = \frac{At}{\sigma} \exp\left(-\frac{t^2}{4\sigma^2}\right); \quad (6)$$

$$s_3(t) = A \left(\frac{t^3}{\sigma^3} - 3 \frac{t}{\sigma} \right) \exp\left(-\frac{t^2}{4\sigma^2}\right); \quad (7)$$

$$s_5(t) = A \left(\frac{t^5}{\sigma^5} - 10 \frac{t^3}{\sigma^3} + 15 \frac{t}{\sigma} \right) \exp\left(-\frac{t^2}{4\sigma^2}\right). \quad (8)$$

Временные зависимости МЭИ показаны на рис. 2, их СПМ – на рис. 3.

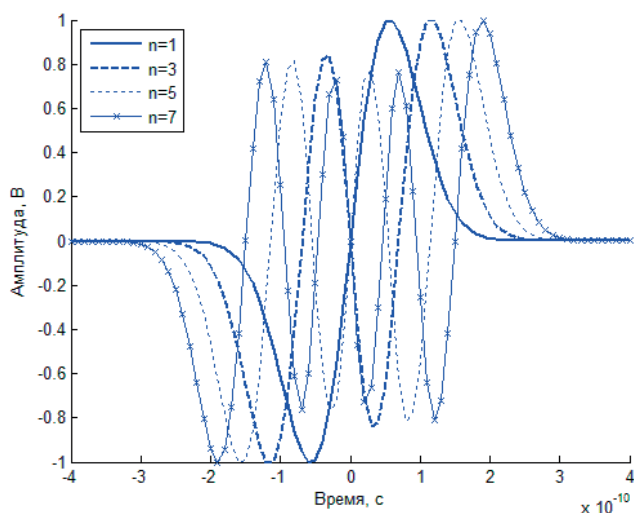
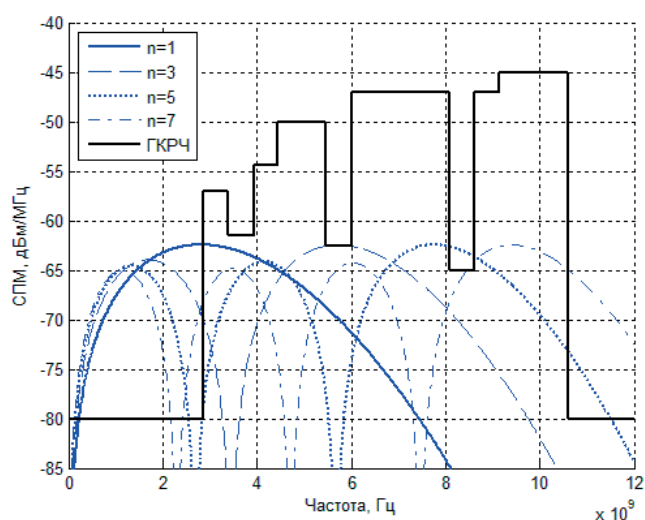


Рис. 2. Временные формы МЭИ при $n = 1; 3; 5$ и 7

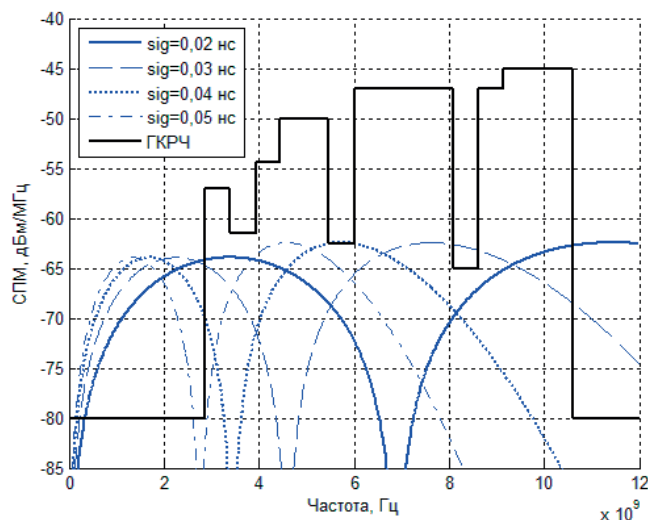
С ростом порядка импульса увеличивается число пересечений временной оси и происходит увеличение числа лепестков СПМ в частотной области (см. рис. 3) в соотношении:

$$N = (n+1)/2. \quad (9)$$

Рис. 3. СПМ МЭИ при $n = 1; 3$ и 5

При этом увеличивается и число провалов в кривой функции, что уменьшает общий спектральный охват. Каждый следующий лепесток отличается более высоким максимумом.

На рис. 4 показано влияние коэффициента формы импульса σ на СПМ МЭИ: с ростом σ ширина лепестков сужается, следовательно, спектральный охват уменьшается.

Рис. 4. СПМ МЭИ при $n = 3$ с различными значениями σ

В результате численных экспериментов по моделированию импульсов в среде MATLAB было выявлено, что отсутствие ярко выраженного главного лепестка не позволяет добиться соответствия ограничениям маски даже для производных низких порядков (первого и третьего), где невозможно подавить НЧ-составляющую.

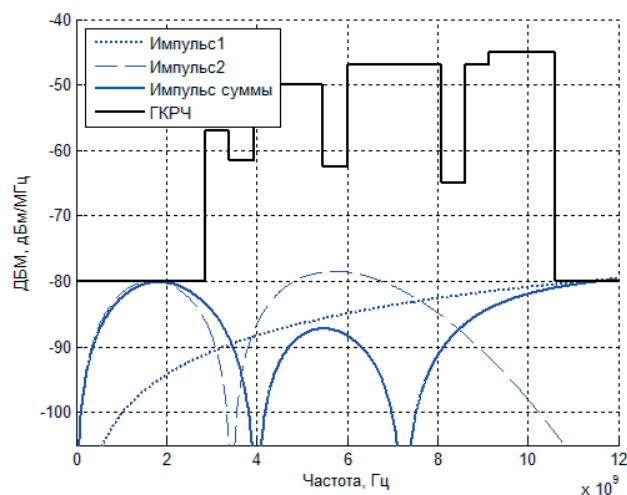
Такой инструмент, как сложение нескольких импульсов, в данном случае не применяется

ввиду того, что эффективность использования спектра уменьшается и увеличивается число провалов в кривой функции (на рис. 5 представлено сложение МЭИ первого и третьего порядков).

С учетом вышесказанного сделан вывод о неприемлемости МЭИ для моделирования СШП-импульсов под требования маски ГКРЧ. В случае умножения полиномов Эрмита на функцию косинуса [7] получаем МдЭИ:

$$s_n(t) = \sqrt{2}h_{e_n}(t)\cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (10)$$

где ω_0 – угловая частота; φ_0 – фаза.

Рис. 5. СПМ суммарного импульса: импульс 1 ($n = 1$, $\sigma_1 = 4$ пс, $w_1 = 40$), импульс 2 ($n = 3$, $\sigma_2 = 0,04$ нс, $w_2 = 1$)

Здесь рассматриваются также функции четных порядков. Тогда для $n = 1 \dots 3$ имеем

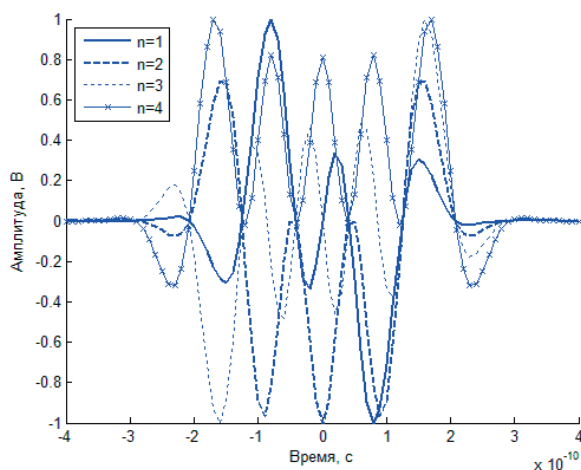
$$s_1(t) = \frac{\sqrt{2}At}{\sigma} \exp\left(-\frac{t^2}{4\sigma^2}\right) \cos(\omega_0 t + \varphi_0); \quad (11)$$

$$s_2(t) = \sqrt{2}A \left(\frac{t^2}{\sigma^2} - 1 \right) \exp\left(-\frac{t^2}{4\sigma^2}\right) \cos(\omega_0 t + \varphi_0); \quad (12)$$

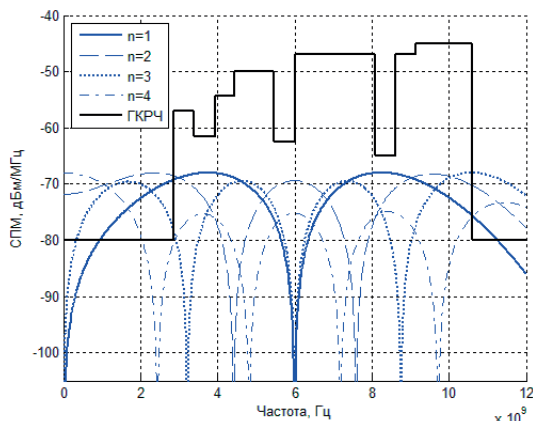
$$s_3(t) = \sqrt{2}A \left(\frac{t^3}{\sigma^3} - 3\frac{t}{\sigma} \right) \exp\left(-\frac{t^2}{4\sigma^2}\right) \cos(\omega_0 t + \varphi_0). \quad (13)$$

Временные зависимости МдЭИ показаны на рис. 6, СПМ – на рис. 7. Изменяя величину ω_0 , можно варьировать показатель широкополосности. В случае МдЭИ зависимость числа лепестков от порядка производной определяется соотношением

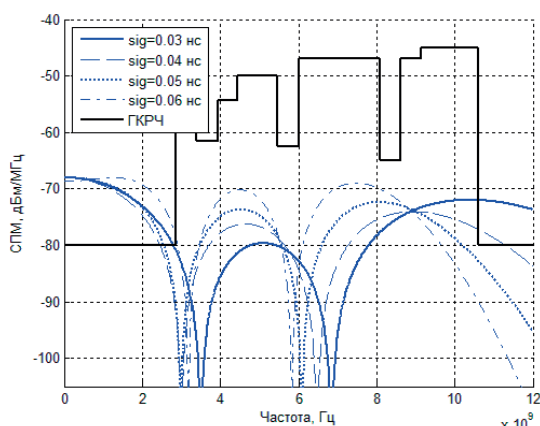
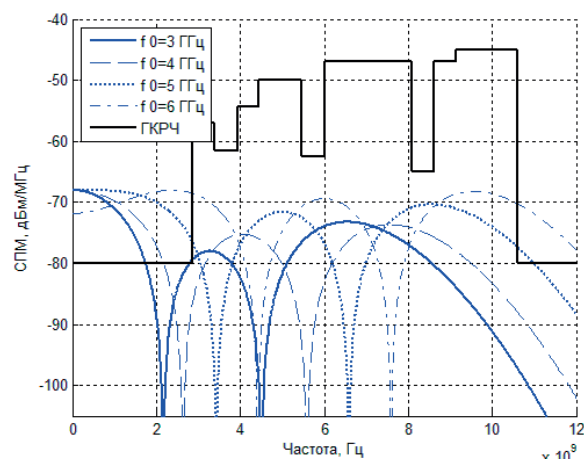
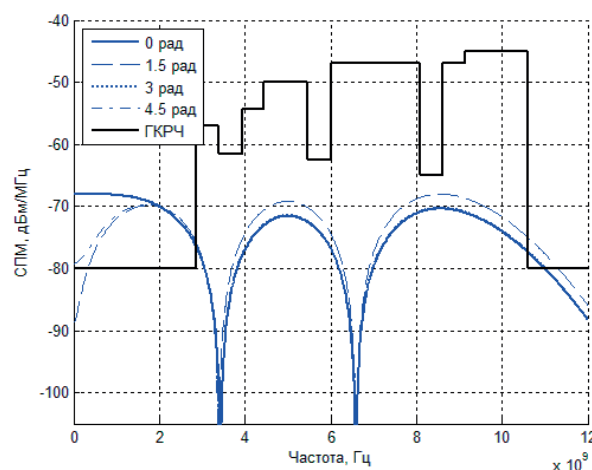
$$N = n + 1. \quad (14)$$

Рис. 6. Временные формы МдЭИ при $n = 1 \dots 4$

Поскольку рост порядка функции сопровождается увеличением числ лепестков, то суммирование для увеличения спектрального охвата нецелесообразно.

Рис. 7. СПМ МдЭИ при $n = 1 \dots 4$

В связи с этим установлено, что наиболее приемлемым для маски ГКРЧ является МдЭИ первого порядка. Изменение его формы регулируется посредством трех параметров: σ , ω_0 , φ_0 (см. рис. 8-10).

Рис. 8. Динамика СПМ МдЭИ в зависимости от σ ($n = 2, f_0 = 4,5$ ГГц, $\varphi_0 = 0$)Рис. 9. Динамика СПМ МдЭИ в зависимости от f_0 (при $n = 2, \sigma = 0,05$ нс, $\varphi_0 = 0$)Рис. 10. Динамика СПМ МдЭИ в зависимости от φ_0 (при $n = 2, \sigma = 0,05$ нс, $f_0 = 5$ ГГц)

По результатам предварительного моделирования был сделан вывод, что наиболее соответствует маске ГКРЧ МдЭИ первого порядка, СПМ которого представлена на рис. 11, а параметры – в таблице 1.

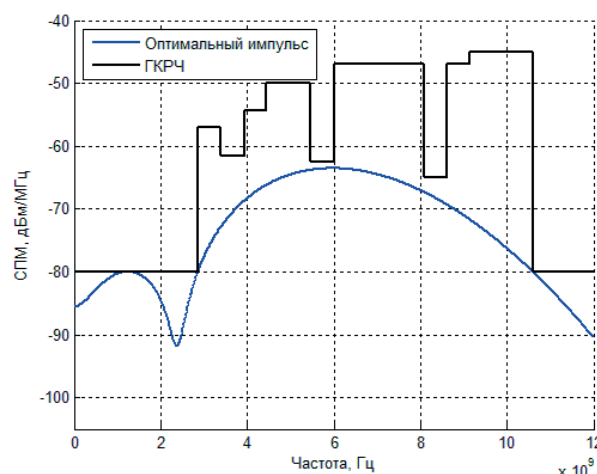


Рис. 11. СПМ оптимального импульса на основе МдЭИ

СПМ сформированного импульса максимально охватывает разрешенный диапазон частот спектральной маски ГКРЧ, ограничиваясь областью маски, не превышающей значения $-62,5$ дБм/МГц.

Таблица 1. Параметры оптимального импульса на основе МдЭИ

Импульс 1	
Вид моделей	МдЭИ
Порядок	1
σ , нс	0,0393
f_0 , ГГц	3,23
φ , рад	3,1

Модели СШП-импульсов на основе вейвлетов

подавляющее большинство вейвлетов является приемлемым для описания СШП-сигналов [7], однако, как правило, при этом у них отсутствует аналитическая форма записи. В данной работе рассмотрены комплекснозначные аналитические вейвлеты, построенные на частотном В-сплайновом вейвлете (ЧБСВ).

Выражение для временной формы ЧБСВ импульса, представленной на рис. 12:

$$s(t) = \text{Im} \left[\sqrt{\mu f_0} \left(\text{sinc} \left(\frac{\mu f_0 t}{m} \right) \right)^m \exp(i 2 \pi f_0 t) \right], \quad (15)$$

где f_0 – центральная частота; m – коэффициент формы, μ – показатель широкополосности.

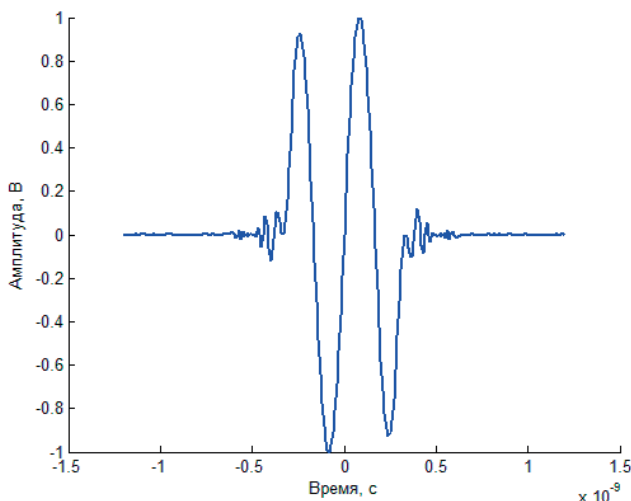


Рис. 12. Временная форма ЧБСВ

Посредством изменения параметров μ , f_0 , m можно варьировать широкополосность и, таким образом, добиться соответствия маске ГКРЧ. Динамика изменения СПМ-импульса на основе ЧБСВ в зависимости от этих параметров показана на рис. 13-15.

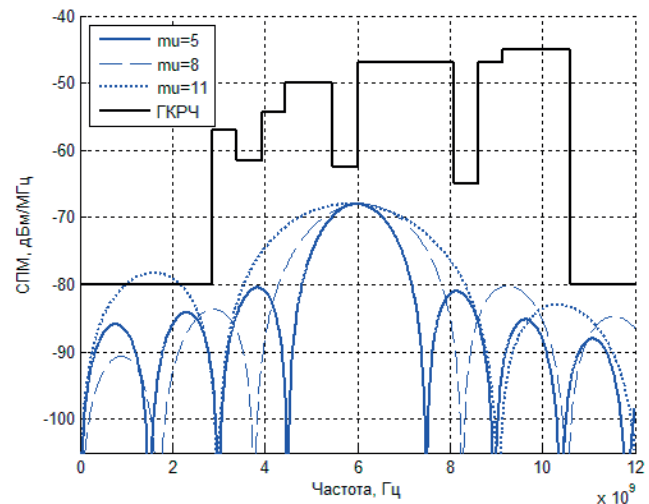


Рис. 13. Динамика СПМ ЧБСВ в зависимости от μ (при $f_0 = 6$ ГГц, $m = 11$)

Как видно из рис. 13 при увеличении μ число лепестков уменьшается, а их ширина увеличивается. При этом максимум функции, приходящийся на 6 ГГц, не смещается.

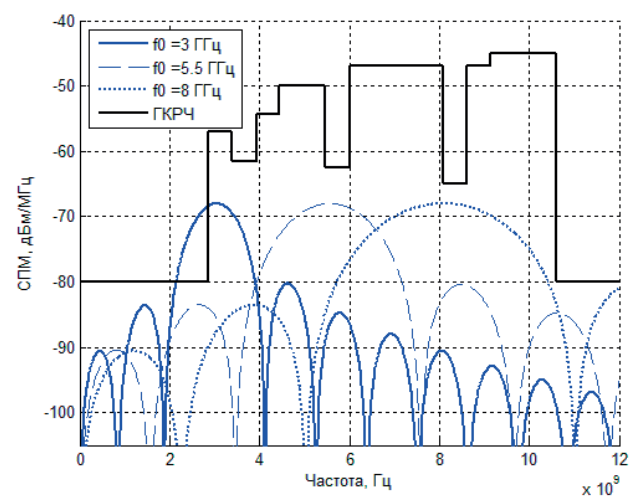


Рис. 14. Динамика СПМ ЧБСВ в зависимости от f_0 (при $\mu = 8$, $m = 11$)

Очевидно, что СПМ ЧБСВ в отличие от МЭИ имеет ярко выраженный центральный максимум (см. рис. 13-15), положение которого управляется параметром f_0 : при его уменьшении максимум СПМ смещается в НЧ-область, ширина лепестков также уменьшается, а их число увеличивается.

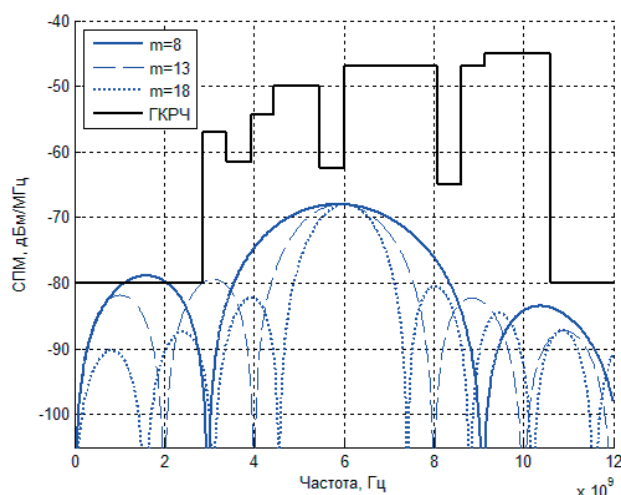


Рис. 15. Динамика СПМ ЧБСВ в зависимости от m (при $\mu = 8, f_0 = 6$ ГГц)

Параметр m является в некотором смысле обратной величиной к μ , поскольку его действие на СПМ состоит в уменьшении ширины лепестков и увеличении их количества при росте m (см. рис. 15). В результате моделирования оптимальный СШП-импульс на основе ЧБСВ был сформирован как сумма двух импульсов с различными коэффициентами веса w . СПМ данных импульсов представлены на рис. 16, а их параметры – в таблице 2.

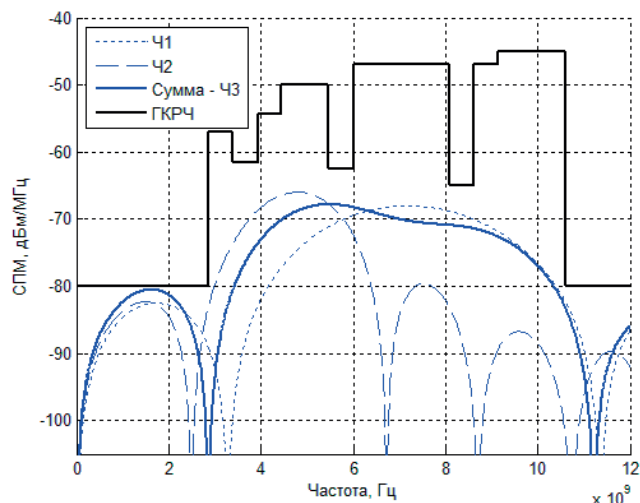


Рис. 16. СПМ: импульс 2, импульс 3, суммарный импульс – импульс 4

Согласно рис. 16, несмотря на небольшой «провал» кривой СПМ оптимального импульса в районе 7 ГГц, он наиболее полно охватывает рабочий диапазон частот, ограничиваясь, как и в случае МдЭИ, областью маски, ограниченной значением $-62,5$ дБм/МГц.

Таблица 2. Параметры сформированных импульсов на основе ЧБСВ

Вид модели	Импульс 2	Импульс 3
	ЧБСВ	ЧБСВ
μ	5,3	3
f_0 , ГГц	4,7	7,175
m	5	4
w	1	0,5

Сравнительная оценка параметров

Для оценки эффективности предложенных импульсов введем параметр – коэффициент использования маски (КИМ), определяемый выражением:

$$\text{КИМ} = \frac{S_{\text{опт}}}{S_{\text{ГКРЧ}}} \cdot 100\%, \quad (16)$$

где $S_{\text{опт}}$ – площадь оптимального импульса по уровню -100 дБм/МГц; $S_{\text{ГКРЧ}}$ – площади маски ГКРЧ по уровню -100 дБм/МГц. Рассчитанные значения КИМ для предложенных импульсов на основе МдЭИ и ЧБСВ представлены в таблице 3.

Учитывая, что максимальное значение эффективной излучаемой мощности (ЭИМ), соответствующее маске ГКРЧ, равно $0,112$ мВт ($-9,5$ дБм), в таблице 3 приведены расчетные значения, демонстрирующие увеличение мощности передаваемого сигнала P_1 в сравнении с ранее предложенными импульсами для маски ГКРЧ.

Таблица 3. Значения рассчитанных параметров для оптимальных импульсов

Название импульса	КИМ, %	P_1 , мВт	P_1 , дБм
Маска ГКРЧ	100	0,112	-9,5
Импульс 1	67,57	0,0756	-11,21
Импульс 4	54,43	0,0609	-12,15
Импульс Г1 [4]	61,16	0,0685	-11,64
Импульс Г2 [4]	30,74	0,0344	-14,63
Импульс Р1 [4]	61,17	0,0685	-11,64

В результате произведенных расчетов численные результаты позволяют подтвердить вывод, сделанный в предыдущем разделе: лучше остальных спектральную маску ГКРЧ РФ охватывает импульс на основе МдЭИ (импульс 1).

Заключение

В статье предлагается использовать функции Эрмита и вейвлеты для моделирования импульсов, СПМ которых соответствует ограничениям маски ГКРЧ. Касательно МдЭИ основная идея состоит в том, что суммирование данных видов функций не приводит к увеличению КИМ, и, следовательно, нецелесообразно. Основным преимуществом предложенных видов функций является возможность использования производных только первого и третьего порядков, что значительно упрощает физическую реализацию и потому является значительным преимуществом перед импульсами на основе производных импульсов Гаусса и Рэлея, где используются производные более высоких порядков.

Результаты моделирования и расчеты показывают хорошее соответствие маске ГКРЧ и высокий КИМ, что, в сравнении с ранее предложенными моделями [4], делает данные импульсы более приемлемыми для СШП систем связи.

Исследование выполнено при поддержке гранта Министерства образования и науки РФ, соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0058. Уникальный идентификатор проекта – RFMEFI57414X0058.

Литература

1. Решения Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ). № 09-05 от 15.12.2009 // URL: http://minsvyaz.ru/uploaded/files/prot_09-05_1.pdf (д.о. 16.08.2010).

2. Абдрахманова Г.И., Багманов В.Х. Моделирование СШП-импульса на основе производных Рэлея и генетического алгоритма // ИКТ. Т.11, №3, 2013. – С. 84-88.
3. Калинин В.О., Носов В.И. Оценка параметров короткоимпульсной сверхширокополосной системы связи // Вестник СибГУТИ. №3, 2011. – С. 73-85.
4. Грахова Е.П., Мешков И.К., Багманов В.Х., Виноградова И.Л. Моделирование СШП-радиоимпульсов на основе производных Гаусса и Рэлея с учетом спектральной маски ГКРЧ // Электротехнические и информационные комплексы и системы. №3, 2014. – С. 62-69.
5. Michael L.B., Ghavami M., Kohno R. Multiple pulse generator for Ultra-wideband communication using Hermite polynomial based orthogonal pulses // Proc. IEEE Conf. on Ultra Wideband Systems and Technologies, 2002. – P. 47-51. doi: 10.1109/UWBST.2002.1006316
6. Hedayati H., Fotowat-Ahmady A. A novel Tunable UWB Pulse Design for Narrowband Interference Suppression Implemented in BiCMOS Technology // Proc. IEEE Conf., 2009. – P. 405-408. doi: 10.1109/ISCAS.2009.5117771
7. Лазоренко О.В., Черногор Л.Ф. Сверхширокополосные сигналы и физические процессы. Основные понятия, модели и методы описания // Радиофизика и радиоастрономия. Т.13, №2, 2008. – С. 166-194.

Получено 19.03.2015

Кислинский Владислав Сергеевич, студент Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ). Тел. 937-169-53-41. E-mail: be.me@bk.ru

Грахова Елизавета Павловна, ассистент Кафедры телекоммуникационных систем (ТКС) УГАТУ. Тел. 917-35-22-353. E-mail: eorlingsbest@mail.ru

Абдрахманова Гузель Идрисовна, к.т.н., старший преподаватель Кафедры ТКС УГАТУ. Тел. 987-473-90-42. E-mail: tekasesochka@yandex.ru

APPLICATION OF WAVELETS AND HERMITEANS FOR SIMULATION OF ULTRA-WIDEBAND PULSES SATISFYING TO REQUIREMENTS OF STATE COMMITTEE OF RADIO FREQUENCIES

*Kislinskiy V.S., Grakhova E.P., Abdrakhmanova G.I.
Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation
E-mail: be.me@bk.ru*

This work is concerned on research of potentialities of Hermiteans and wavelets using for design of pulse with spectral density, which satisfies to spectral mask approved by State Committee of Radio Frequencies for indoor ultra-wideband device emission level. We defined a problem of pulse form optimization and researched two classes of functions. First, is based on Hermit polynomials, while the second is based on B-wavelet frequency spline. We researched pulse form dependence on parameters, function order, and performed pulse simulation. The mask utilization coefficient was used as criterion for comparison of simulated and known pulse forms proposed in

other publications listed in reference. We propose to apply these pulse forms for ultra-wideband communication systems due to simple generation and high value of mask utilization coefficient.

Keywords: *optimization, spectral mask, ultra-wideband communication, wavelet, Hermite polynomials*

DOI: 10.18469/ikt.2015.13.4.05

Kislinskiy Vladislav Sergeevich, student, Department of Telecommunication systems, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation. Tel. +79371695341. E-mail: be.me@bk.ru

Grakhova Elizaveta Pavlovna, PhD-student, Assistant of the Department of Telecommunication systems, Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation. Tel.: +79173522353. E-mail: eorlingsbest@mail.ru

Abdrakhmanova Guzel Idrisovna, PhD in Technical Science, Senior Lecturer of the Department of Telecommunication systems, Ufa State Aviation Technical University. Tel.: +79874739042. E-mail: tekasesochka@yandex.ru

References

1. *Resheniya Gosudarstvennoi komissii po radiochastotam (GKRCh)* [Decisions of State Radio Frequencies Commission (SRFC)]. Approved on 15 Dec., prot. № 09-05. Available at: http://minsvyaz.ru/uploaded/files/prot_09-05_1.pdf (accessed 16.08.2010).
2. Abdrakhmanova G.I., Bagmanov V.Kh. Modelirovanie SShP impulsa na osnove proizvodnikov Releya i geneticheskogo algoritma [UWB pulse shaping on the basis of Rayleigh derivatives and genetic algorithm]. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2013, vol. 11, no. 3, pp. 84-88.
3. Kalinin V.O., Nosov V.I. Otsenka parametrov korotkoimpulsnoi sverkhshirokopolosnoi sistemi svyazi [Short pulse ultra wideband communication system parameters assessment]. *Vestnik SibGUTI*, 2011, no. 11, pp. 73-85.
4. Grakhova E.P., Meshkov I.K., Bagmanov V. Kh., Vinogradova I.L. Modelirovanie SShP radioimpulsov na osnove proizvodnikov Gaussa i Releya s uchjetom spektralnoi maski GKRCh [UWB radiopulses modeling on the basis of Gaussian and Rayleigh derivatives taking into account SRFC spectral mask] (In Russ.). *Elektrotel'nocheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy*, 2014, no. 3, vol.10, pp.62-69.
5. Michael, L.B., Ghavami, M., Kohno, R. Multiple pulse generator for Ultra-wideband communication using Hermite polynomial based orthogonal pulses. *Proc. IEEE Conf. on Ultra wideband systems and technologies*, 2002, pp. 47-51. doi: 10.1109/UWBST.2002.1006316
6. Hedayati H., Fotowat-Ahmady A. A novel tunable UWB pulse design for narrowband interference suppression implemented in BiCMOS technology. *Proc. IEEE Conf.*, 2009 pp. 405-408. doi: 10.1109/ISCAS.2009.5117771
7. Lazorenko O.V., Chernogor L.Ph. Sverkhshirokopolosniye signaly i fizicheskiye protsessy. 1. Osnovniye ponyatiya, modeli i metody opisaniya [Ultra wideband signals and physical processes. 1. The main concepts, models and description methods]. *Radiophysika i radioastronomiya*, 2008, vol.13, no. 2, pp. 166-194.

Received 19.03.2015

ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

УДК 004.41

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПОСТРОЕНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ИСХОДНЫХ ТЕКСТОВ ПРОГРАММ

Ковалевский А.А., Пустыгин А.Н.

Челябинский государственный университет, Челябинск, РФ

E-mail: morskoyzmey@gmail.com

В статье рассмотрен прототип программного инструмента статического анализа программных систем, основанный на специальном наборе данных, полученном из исходного текста программ с помощью компилятора с открытым исходным кодом. Прототип позволяет получать эквивалентные представления путем линейных и нелинейных преобразований этого набора данных. Пользовательский интерфейс построен на языке запросов, синтаксис которого позволяет задавать произвольные сочетания доступных преобразований с дополнительными параметрами, соответствующими целям анализа. Варианты преобразований определяются в конфигурационном файле, который представляет собой XML-документ. Прототип также позволяет выполнять анализы над полученными