

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації
Національного технічного університету України
„Київський політехнічний інститут”

MINISTRY OF DEFENCE OF UKRAINE
Military Institute of Telecommunications and Informatization
National Technical University of Ukraine
"Kyiv Polytechnic Institute"



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
Випуск № 1

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS
ISSUE № 1

У збірнику викладені статті наукових та науково-педагогічних працівників, докторантів, ад'юнктів (аспірантів), курсантів (студентів), здобувачів інституту та інших установ (організацій) за наступними науковими напрямками:

- перспективи розвитку телекомунікаційних систем, комплексів та засобів спеціального призначення;
- захист інформації в спеціальних інформаційно-комунікаційних системах;
- стан і розвиток автоматизованих систем управління військами та зброєю;
- інформаційні системи та мережі, системи підтримки прийняття рішень спеціального призначення;
- бойове застосування систем зв'язку та автоматизації ЗС України;
- теорія і практика інформаційної боротьби в комп'ютеризованих системах і мережах.

Запрошуємо до співробітництва всі зацікавлені установи та організації, які проводять наукові дослідження та науково-технічні розробки за даними напрямками.

The book contained articles of scientific and teaching staff, students, adjuncts (graduates), institute applicants and other institutions (organizations) in the following directions:

- prospects of telecommunications systems development, facilities and means of special purpose;
- special information and communication systems protection;
- automated systems state and development for command and control and weapons;
- information systems and networks, decision support systems for special purposes;
- combat use of communications systems and automation of Armed Forces of Ukraine;
- theory and practice of information combating in computer systems and networks.

We invite to cooperation all interested institutions and organizations, who conduct research and development according to directions.

Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”. – Випуск № 1. – Київ: ВІТІ НТУУ „КПІ”, 2013. – 111 с.

Proceedings of the Military Institute of Telecommunications and Informatization National Technical University of Ukraine „Kyiv Polytechnic Institute”. – Issue number 1. – Kyiv: MITI NTUU „KPI”, 2013. – 111 p.

Редакційна колегія:

Головний редактор:

Полковник Романюк Валерій Антонович – заступник начальника ВІТІ НТУУ „КПІ” з навчальної та наукової роботи, д.т.н., професор, м. Київ, Україна.

Заступник головного редактора:

Креденцер Б.П. – п.н.с. НЦ зв'язку та інформатизації ВІТІ НТУУ „КПІ”, д.т.н., професор, м. Київ, Україна.

Відповідальний секретар:

Грищенко Н.О. – працівник ЗСУ відділення військово-технічної інформації ВІТІ НТУУ „КПІ”, м. Київ, Україна.

Члени редколегії:

Гостев В.І. – завідувач кафедрою ДУІКТ, д.т.н., професор; м. Київ, Україна;

Жердєв М.К. – п.н.с. НЦ ВІТІ НТУУ „КПІ”, д.т.н., професор, м. Київ, Україна;

Крижний А.В. – п.н.с. НЦ ВІТІ НТУУ „КПІ”, д.т.н., професор, м. Київ, Україна;

Кувшинов О.В. – заступник начальника ВІТІ НТУУ „КПІ”, д.т.н., професор, м. Київ, Україна;

Романов О.І. – п.н.с. НЦ ВІТІ НТУУ „КПІ”, д.т.н., професор, м. Київ, Україна;

Самохвалов Ю.Я. – професор кафедри ВІТІ НТУУ „КПІ”, д.т.н., професор, м. Київ, Україна;

Субач І.В. – начальник кафедри ВІТІ НТУУ „КПІ”, д.т.н., доцент, м. Київ, Україна;

Шворов С.А. – професор кафедри ВІТІ НТУУ „КПІ”, д.т.н., с.н.с., м. Київ, Україна;

Науменко М.І. – професор кафедри ВІТІ НТУУ „КПІ”, д.т.н., професор, м. Київ, Україна.

Всі наукові статті, включені до збірника, прорецензовані фахівцями по галузях та отримали позитивний відгук.

Збірник затверджено на засіданні вченої ради інституту. Протокол засідання вченої ради № 13 від 27.05.2013 року.

Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ” затверджено Постановою президії ВАК України від 08 липня 2009 року № 1-05/3 в якості фахового видання, у якому можуть публікуватися результати дисертаційних досліджень в галузі технічних наук.

При передрукуванні матеріалів посилання на збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут” обов'язкові.

Editor-in-Chief:

Colonel Valery Antonovych Romaniuk – Deputy Chief MITI NTU "KPI" for academic and scientific work, doctor of technical sciences, professor, Kyiv, Ukraine.

Deputy Chief Editor:

B. Kredentser – leading research associate of the Communications and Information Scientific Centre MITI NTUU "KPI", doctor of technical sciences, professor, Kyiv, Ukraine.

Executive Secretary:

N. Gryshenko – the employee of Armed Forces of Ukraine, military-technical information section, MITI NTUU "KPI", Kyiv, Ukraine.

Editorial Board Members:

V. Hostyev – Head of the Department SUICT, doctor of technical sciences, professor, Kyiv, Ukraine;

M. Zherdiev – senior research associate of Communications and Informatization Research Center MITI NTUU "KPI", professor, Kyiv, Ukraine;

A. Kryzhniy – senior research associate of Communications and Informatization Research Center MITI NTUU "KPI", professor, Kyiv, Ukraine;

O. Kuvshinov – Deputy Chief of MITI NTUU "KPI", doctor of technical sciences, professor, Kyiv, Ukraine;

A. Romanov – leading research associate of SC ITC MITI NTUU "KPI", doctor of technical sciences, professor, Kyiv, Ukraine;

U. Samokhvalov – doctor of technical sciences, professor MITI NTUU "KPI", Kyiv, Ukraine;

I. Subach – Chief of the Department of MITI NTUU "KPI", doctor of technical sciences, associate professor, Kyiv, Ukraine;

S. Shvorov – doctor of technical sciences, professor of MITI NTUU "KPI", senior research associate, Kyiv, Ukraine;

M. Naumenko – doctor of technical sciences, professor MITI NTUU "KPI", Kyiv, Ukraine.

All articles included in the collection, reviewed by experts and have positive feedback.

The Digest was approved at the Academic Council meeting of the Institute. Minutes of the Academic Council meeting № 4 from 24.11.2012 year.

Proceedings of MITI NTUU "KPI" approved by the Presidium of the Higher Attestation Commission of Ukraine on July 8, 2009 № 1-05/3 as a professional publication, which can publish the results of dissertation research in technical sciences.

In a case of recopy of the material re-reference to the collection of scientific works of the Military Institute of Telecommunications and Information National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" mandatory.

© Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”, 2013 р.

© Military Institute of Telecommunications and Informatization National Technical University of Ukraine „Kyiv Polytechnic Institute”, 2013.

З М І С Т

1.	Глухов С.І. Методичні рекомендації з розробки діагностичного забезпечення військової техніки зв'язку.....	6
2.	Гурський Т.Г. Аналіз методів кодування мови для використання в радіомережах з пакетною комутацією.....	13
3.	Копієвська В.С. Аналітичний розрахунок рівня комплексно - сполученого відгуку сигналу після додаткового стробування відліків аналого – цифрового перетворювача.....	24
4.	Любарський С.В. Місце та роль мережевої розвідки в моделях інформаційного протиборства.....	31
5.	Максимов В.В., Самойлюк А.О. Аналітична модель об'єму службової інформації протоколу OSPF.....	40
6.	Масесов М.О., Панченко І.В., Бондаренко Л.О., Малих В.В. Рекомендації щодо впровадження стандарту безпроводового зв'язку IEEE 802.22 у системах радіозв'язку спеціального призначення.....	47
7.	Ольшанський В.В. Оцінка просторово-часових можливостей станцій завод у відповідь по подавленню радіозасобів з ППРЧ.....	54
8.	Романюк А.В. Методика оцінки показників функціонування епізодичних радіомереж із телекомунікаційними аероплатформами.....	59
9.	Самойлов І.В. Застосування інтелектуальних технологій для видобування нечітких відношень з експериментальних даних.....	68
10.	Симоненко О.А., Уманець Я.Л., Романюк В.А., Сова О.Я. Аналіз можливостей використання інтелектуальних агентів для побудови системи управління вузлами радіомереж класу MANET.....	76
11.	Слюсар В.І., Сердюк П.Є. Багатокаскадна I/Q-демодуляція OFDM-сигналів при їх одноканальному аналого-цифровому перетворенні.....	85
12.	Субач І.Ю. Методологічні основи проектування системи підтримки прийняття рішень аналізу несправностей оператором інформаційної мережі.....	90
13.	Чевардін В.Є., Ізофатов Д.О., Сокіл Г.В. Реалізація генератора Dual_EC_DRBG на основі подвійного скалярного множення точок еліптичної кривої зі змінними параметрами.....	98
14.	Шинкарук О.М., Чесановський І.І., Іванов А.В. Підвищення роздільної здатності активних радіолокаційних засобів охорони кордону з використанням алгоритму кореляційного оцінювання сигналів в приймачі.....	104
15.	Автори номера	109
16.	Пам'ятка для автора	111

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Глухов С.И. Методические рекомендации по разработке диагностического обеспечения военной техники связи.....	6
2.	Гурский Т. Г. Анализ методов кодирования речи для использования в радиосетях с пакетной коммутацией.....	13
3.	Копиевская В.С. Аналитический расчет уровня комплексно – сопряженного отклика сигнала после дополнительного стробирования отсчетов аналого-цифрового преобразователя.....	24
4.	Любарский С.В. Место и роль сетевой разведки в моделях информационного противостояния.....	31
5.	Максимов В.В., Самойлюк А.А. Аналитическая модель объема служебной информации протокола OSPF.....	40
6.	Масесов Н.А., Панченко И.В., Бондаренко Л.А., Малых В.В. Рекомендации по внедрению стандарта беспроводной связи IEEE 802.22 в системах радиосвязи специального назначения.....	47
7.	Ольшанский В.В. Оценка пространственно-временных возможностей станций помех в ответ по подавлению радиосредств с ППРЧ.....	54
8.	Романюк А.В. Методика оценки показателей функционирования самоорганизующихся радиосетей с телекоммуникационными аэроплатформами.....	59
9.	Самойлов И.В. Использование интеллектуальных технологий для извлечения нечетких отношений из экспериментальных данных.....	68
10.	Симоненко А.А., Уманец Я.Л., Романюк В.А., Сова О.Я. Анализ возможностей использования интеллектуальных агентов для построения системы управления узла радиосети класса MANET.....	76
11.	Слюсар В.І., Сердюк П.Є. Многокаскадная I/Q-демодуляция OFDM сигналов – при их одноканальном аналого-цифровом преобразовании.....	85
12.	Субач И.Ю. Методологические основы проектирования системы поддержки принятия решений анализа неисправностей оператором информационной сети.....	90
13.	Чевардин В.Е., Изофатов Д.А., Сокол Г.В. Реализация генератора Dual_EC_DRBG на основе двойного скалярного умножения точек эллиптической кривой с переменными параметрами.....	98
14.	Шинкарук О.Н., Чесановский И.И., Иванов А.В. Повышение разделительной способности активных радиолокационных средств охраны границы с использованием алгоритма корреляционного оценивания сигналов в приемнике.....	104
15.	Авторы номера	109
16.	Пам’ятка для автора	111

CONTENTS

1.	S. Gluhov Methodical recommendations of diagnostic supply development of military communication technic.....	6
2.	T. Gursky The analyses of speech coding methods for packet switching radio network use.....	13
3.	V. Kopievska Analytical calculation of level of complex-conjugated response of signal after additional strobing of ADC samples.....	24
4.	S. Lubarskii The place and role of intelligence in the network model, the information counter.....	31
5.	V. Maksymov, A. Samoiliuk Analytical model of the amount of OSPF protocol service traffic.....	40
6.	N. Masesov, I. Panchenko, L. Bondarenko, V. Malyh Recommendations on introduction of the Wireless Communications Standard IEEE 802.22 in Radio Communication Systems of Special Purpose.....	47
7.	V. Olshanskiy Estimation of spatio-temporal possibilities of the stations of hindrances in reply on suppression of radiofacilities with PWFT.....	54
8.	A. Romaniuk Method of evaluation of the parameters of functioning mobile ad-hoc networks with unmanned aerial vehicle.....	59
9.	I. Samoylov Using of intelligent technologies for the extract of unclear relations from experimental information.....	68
10.	O. Symonenko, Y. Ymanets, V. Romanyuk, O. Sova. Opportunities analysis using intelligent agents for construction management system class MANET.....	76
11.	V. Slyusar, P. Serdjuk Multistage I/Q-demodulate OFDM signals at their one channel analog-digital transformation.....	85
12.	I. Subach Methodological bases of designing of decision support system of the analysis of alarms are offered by the operator of an information network.....	90
13.	V. Chevardin, D. Izofatov, G. Sokol The implementation of the Dual_EC_DRBG generator based on a double scalar multiplication of elliptic curve points with variable parameters.....	98
14.	O. Shinkaruk, I. Chesanovskiy, A. Ivanov Improving separation capability of active radar border protection using an algorithm estimating the correlation signals at the receiver.....	104
15.	About authors	109
16.	Requirements for the articles	111

**БАГАТОКАСКАДНА I/Q-ДЕМОДУЛЯЦІЯ OFDM СИГНАЛІВ ПРИ ЇХ
ОДНОКАНАЛЬНОМУ АНАЛОГО-ЦИФРОВОМУ ПЕРЕТВОРЕННІ**

В статті запропоновані багатокаскадні варіанти включення I/Q-демоделюляторів, що дозволяють забезпечити додаткову завадозахищеність каналу зв'язку.

Слюсар В.І., Сердюк П.Є. Многокаскадная I/Q-демодуляция OFDM сигналов при их одноканальном аналого-цифровом преобразовании. В статье предложены многокаскадные варианты включения I/Q-демодуляторов, позволяющие обеспечить помехозащищенность канала связи.

V.Slyusar, P.Serdjuk. Multistage I/Q-demodulation of OFDM signals at their one channel analog-digital transformation. Multistage versions of I/Q-demodulation of OFDM signals which allow to secure noise-immunity to the communication channel are considered in this article.

Ключові слова: I/Q-демодуляція, вагові коефіцієнти, багатокаскадна схема.

Актуальність досліджень. Потреба у застосуванні завадозахищених засобів зв'язку спонукає до пошуку відповідних за властивостями методів цифрової обробки сигналів. Особливо це стосується OFDM технології передачі даних, яка отримала широке поширення як у загальних, так і в спеціальних комунікаційних системах. Оскільки застосування OFDM сигналів спирається на їхню квадратурно-фазову або квадратурно-амплітудну модуляцію, важливим етапом обробки таких сигналів у приймальному сегменті каналу зв'язку є квадратурна демодуляція отриманих з ефіру сигнальних пакетів. В сучасних аналого-цифрових перетворювачах (АЦП) високі частоти дискретизації аналогових сигналів накладають жорсткі вимоги до апаратури цифрової обробки даних. Формування квадратурних складових OFDM сигналів в приймальному пристрої доцільно поєднувати з попередньою частотною селекцією, що дозволяє забезпечити додаткову завадозахищеність каналу зв'язку. Тому при пошуку завадозахищених методів обробки OFDM сигналів особливу увагу необхідно зосередити на синтезі квадратурних демодуляторів (I/Q-демоделюляторів), що мають покращені частотно-селективні властивості при обробці відліків аналого-цифрових перетворювачів (АЦП).

Аналіз останніх публікацій свідчить, що використання I/Q-демоделюляторів парного порядку, запропонованих в [1-5], дозволяє розширити смугу частот, в якій якість формування квадратурних складових сигналів задовольняє потребам, а також істотно збільшити пригнічення бічних пелюсток амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) цифрового тракту, що позитивно впливає на завадозахищеність приймального пристрою. Разом з тим, досягнення значних рівнів пригнічення позасмугової чутливості цифрових приймачів спонукає до використання I/Q-демоделюляторів великої розмірності, що мають значний динамічний діапазон вагових коефіцієнтів. Це ускладнює апаратну реалізацію відповідної цифрової обробки сигналів.

Метою статті є розробка багатокаскадного включення I/Q-демоделюляторів при їх одноканальному аналого-цифровому перетворенні, що дозволить зменшити розмірність I/Q-демоделюляторів, а також знизити динамічний діапазон вагових коефіцієнтів.

За основу запропонованого підходу до обробки сигналів взятий один з варіантів способу додаткового стробування (децимації) цифрових відліків АЦП, приведених в [3]. Принцип реалізації методу пояснений на рис. 1 для 2-каскадного варіанту I/Q-демоделюляції. При цьому використовуються наступні позначення:

U^t – відліки напруг сигналів по виходу АЦП; $U^{c(s)}$ – квадратурні складові напруг на виході першого каскаду I/Q-демоделюляції; $U1^{c(s)}$ – квадратурні складові напруг на виході першого підканалу другого каскаду I/Q-демоделюляції; $U2^{c(s)}$ – квадратурні складові напруг на

виході другого підканалу другого каскаду I/Q -демодуляції; C , S – косинусна і синусна складові вихідного відгуку пристрою.

На вхід другого каскаду подаються сформовані першим каскадом квадратурні складові напруг сигналів U^c , U^s . Вихідні сигнали другого каскаду формуються за формулами [3]:

$$C = U1^c + U2^s, S = U1^s - U2^c. \quad (1)$$

Отримані таким чином результати I/Q -демодуляції далі можуть використовуватися в якості вхідних відліків сигналів для наступного каскаду, який за схемою ідентичний структурі каскаду № 2.

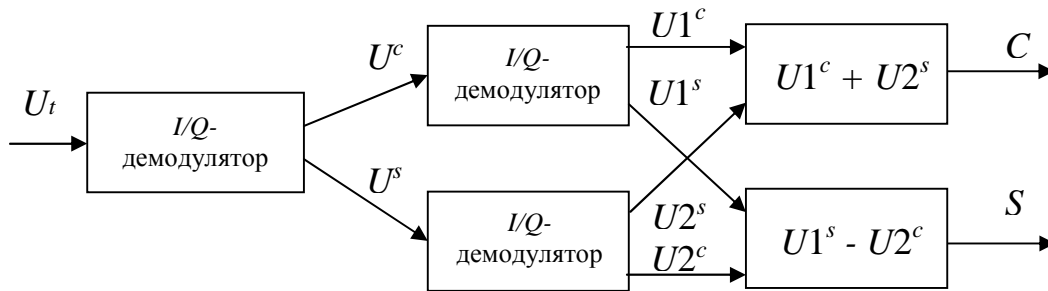


Рис. 1. 2-каскадний I/Q -демодулятор

Для ілюстрації ефекту, що досягається послідовним включенням двох каскадів I/Q -демодулятора, на рис. 2 суцільною лінією представлена АЧХ 2-каскадної схеми I/Q -демодуляції при 8-відліковому ковзному вікні в обох каскадах (пунктирна лінія відповідає однокаскадній схемі квадратурної обробки сигналів).

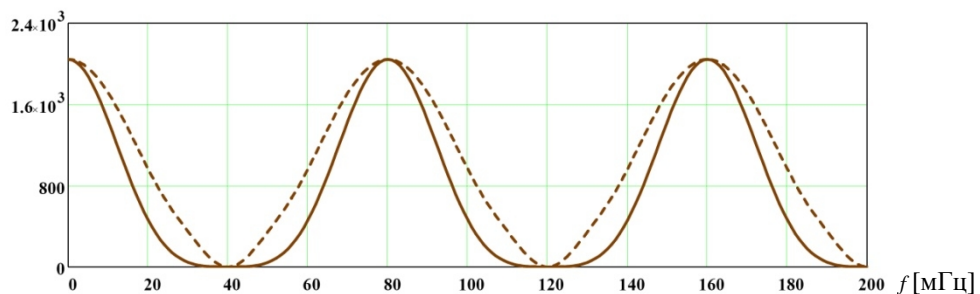


Рис. 2. АЧХ 2-каскадної схеми I/Q -демодуляції, наведеної на рис. 1

Як можемо побачити, даний варіант обробки не усуває дифракційний максимум в АЧХ, але збільшує крутизну її пелюсток і провал між ними завдяки подвійній фільтрації сигналів в I/Q -демодуляторі.

Для підвищення частотної вибіркової процедури I/Q -демодуляції слід використовувати багатокаскадні включення I/Q -демодуляторів з кількістю каскадів, більшою двох. Принцип формування структури багатокаскадних схем демодуляції сигналів з виходу одноканального приймача пояснений на рис. 3 на прикладі 4-каскадного включення I/Q -демодуляторів.

Для вибору конкретних варіантів реалізації I/Q -демодулятора для початку доцільно більш детально порівняти ефективність частотної селекції однокаскадної (рис. 4) і 2-каскадної структур (рис. 1) демодуляторів.

Основним завданням проведених досліджень став пошук відповіді на питання, чи ідентичні за формою амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) двох послідовно включених 8-відлікових каскадів I/Q -демодулятора за схемою рис. 1 та однокаскадного демодулятора (рис. 4) з 16-відліковим ковзним вікном I/Q -фільтрації сигналів. Зазначене

завдання вирішувалося шляхом математичного моделювання в пакеті *Mathcad*. Для розрахунку коефіцієнтів *I/Q*-демодуляції використовувалася методика, представлена в [5]. При цьому 8-відлікові *I/Q*-демодулятори, що входять до складу 2-каскадної схеми (рис. 1), функціонували з ваговими коефіцієнтами, вираженими через одну незалежну змінну у вигляді: $a = C$, $b = 11C$, $c = 15C$, $d = 5C$, де C – ціле число [1].

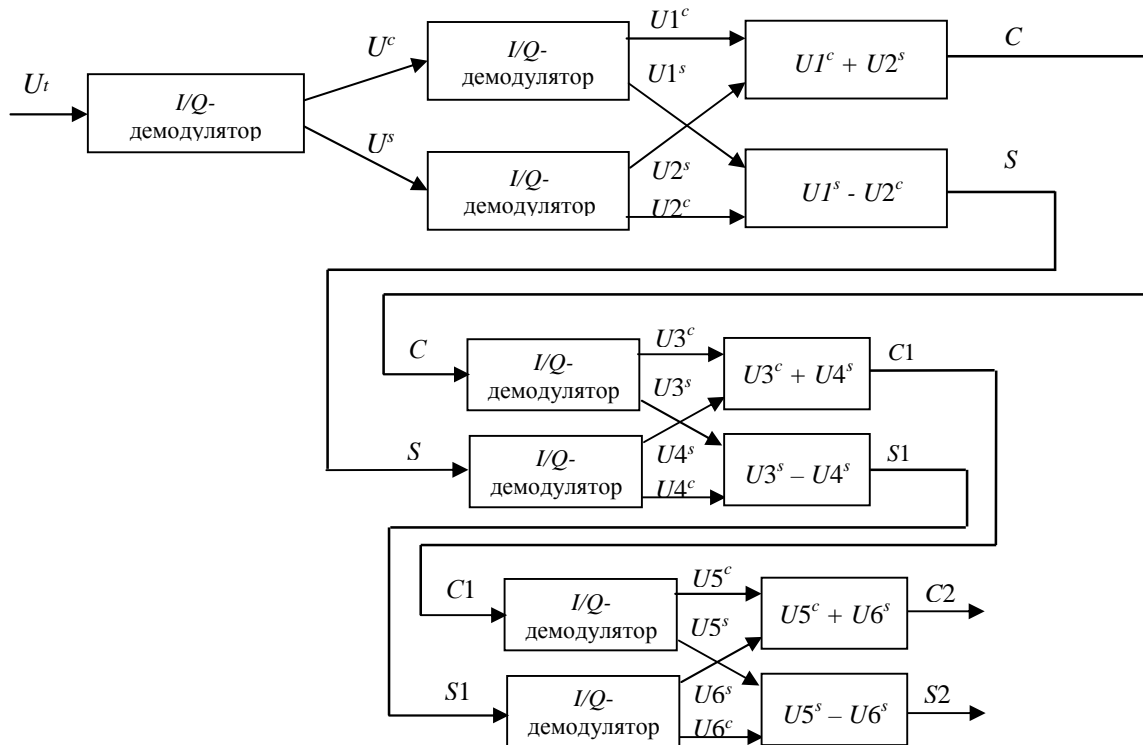


Рис. 3. 4-каскадний варіант *I/Q*-демодулятора, в якому вихідний сигнал визначається виразами: $C2 = U5^c + U6^s$ та $S2 = U5^s - U6^c$

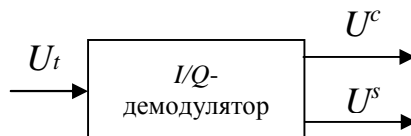


Рис. 4. Однокаскадний варіант *I/Q*-демодулятора

Аналогічно розраховувалися вагові множники i для 16-відлікового ковзного вікна однокаскадного *I/Q*-демодулятора, які в моделі були представлені послідовністю $a = C$, $b = 79C$, $c = 793C$, $d = 2431C$, $e = 3003C$, $f = 1573C$, $g = 299C$, $h = 13C$.

На рис. 5 представлений результат розрахунку АЧХ однокаскадного 8-відлікового *I/Q*-демодулятора (позиція „1”), однокаскадного 16-відлікового *I/Q*-демодулятора (позиція „2”) з зазначеним набором вагових коефіцієнтів, а також 2-каскадної схеми (рис. 1) з 8-відліковими *I/Q*-демодуляторами (позиція „3”). У всіх зазначених випадках незалежна змінна при розрахунку вагових коефіцієнтів $C = 1$. Аналогічний результат, виражений в логарифмічному масштабі, наведено на рис. 6.

Як показало моделювання, при використанні однакового принципу розрахунку вагових коефіцієнтів, виражених через незалежну змінну, форма АЧХ однокаскадного 16-відлікового *I/Q*-демодулятора (позиція „2”) і 2-каскадної схеми (рис. 1) з 8-відліковими *I/Q*-демодуляторами (позиція „3”) практично збігається. При цьому 2-каскадна схема має вигреш в глибині пригнічення позасмугових сигналів, що досягає від 2 до 3 [дБ] по краях смуги (див. рис. 6). Істотна перевага 2-каскадної схеми полягає у використанні більш ніж на 2 порядки

меншого динамічного діапазону вагових коефіцієнтів, що знижує вимоги до апаратної реалізації помножувачів та інших елементів демодулятора.

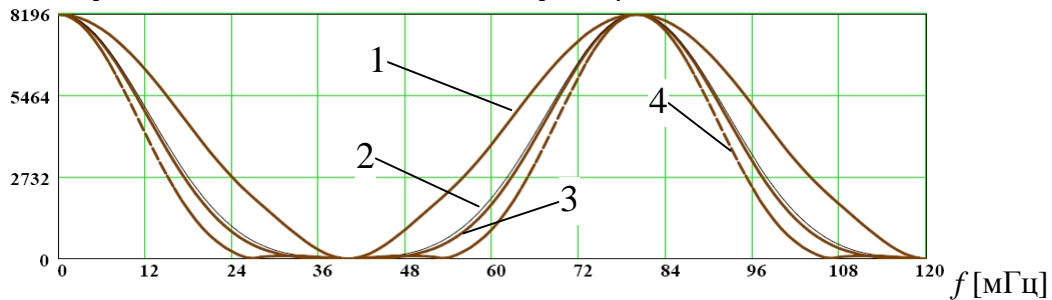


Рис. 5. АЧХ одно- та 2-каскадних I/Q-демодуляторів

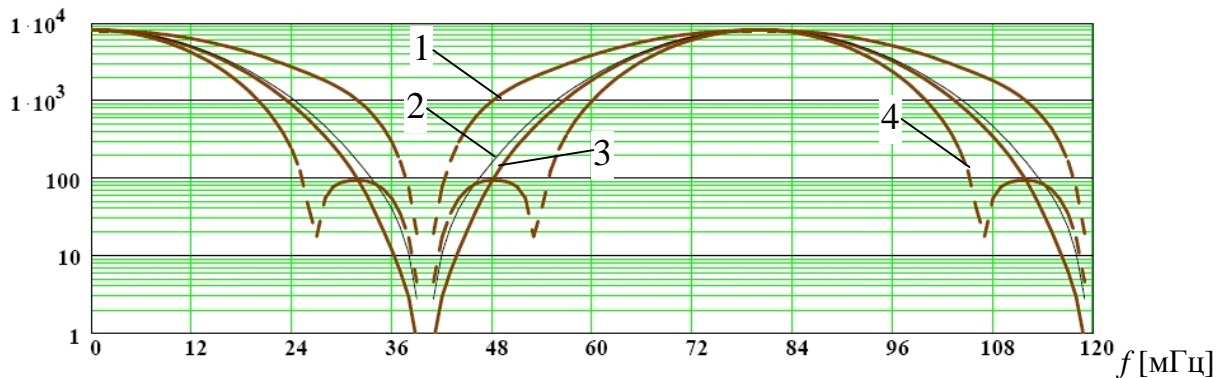


Рис. 6. АЧХ одно- та 2-каскадних I/Q-демодуляторів у логарифмічному масштабі

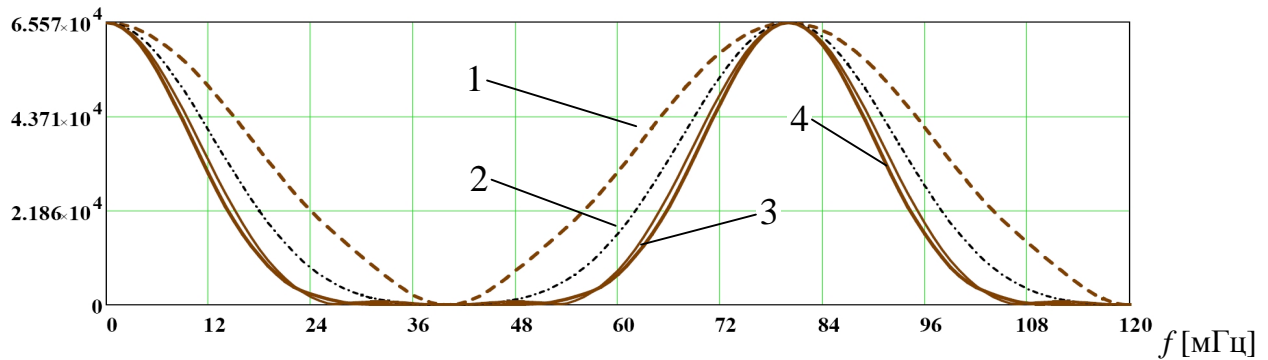
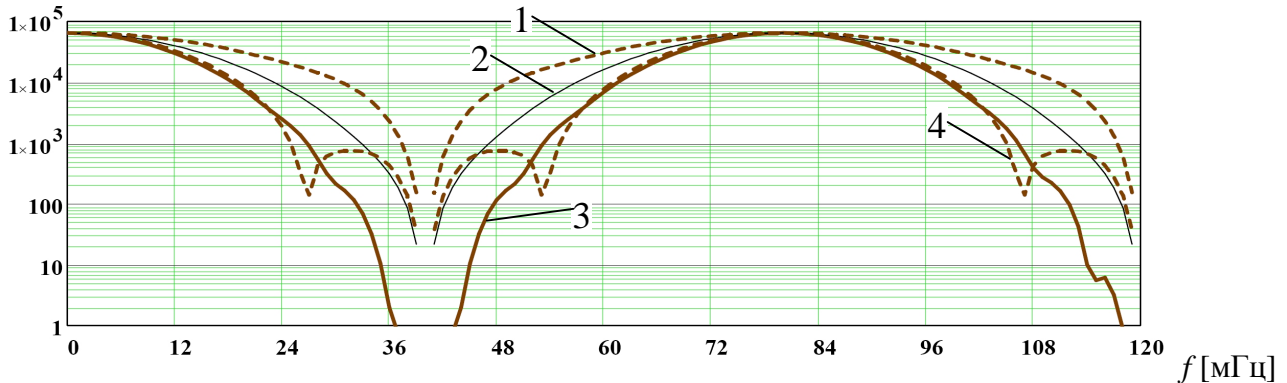
Слід також зазначити, що згідно [5] для однокаскадного 16-відлікового демодулятора на відміну від 8-відлікового може бути отриманий інший набір вагових коефіцієнтів, синтезованих на основі двох незалежних змінних, наприклад, $a = 1$, $b = 46$, $c = 265$, $d = 550$, $e = 627$, $f = 418$, $g = 131$, $h = 10$. АЧХ такого демодулятора, що представлена на рис. 5, 6 у позиції „4”, характеризується значним пригніченням позасмугових сигналів.

Отже, підібравши вдало коефіцієнти квадратурної демодуляції, можна замінити 2-каскадний I/Q-фільтр однокаскадним меншого порядку більш ефективно, ніж у випадку використання однотипного розрахунку вагових множників. У той же час цілком очевидно, що повинна існувати еквівалентна заміна і такого вирашного варіанту однокаскадної фільтрації на 2-каскадну схему меншого порядку. Проте в даному випадку питання можливості отримання цілочисельного набору коефіцієнтів фільтрації для 2-каскадного еквівалента однокаскадної схеми залишається відкритим. Наразі в результаті досліджень вдалося встановити, що АЧХ зазначеного 16 - відлікового I/Q - демодулятора з коефіцієнтами $a = 1$, $b = 46$, $c = 265$, $d = 550$, $e = 627$, $f = 418$, $g = 131$, $h = 10$ практично збігається з АЧХ 3-каскадної схеми включення розглянутих вище 8-відлікових демодуляторів.

Сказане ілюструють рис. 7, 8, де цифрами „3” позначена АЧХ трьох послідовно включених каскадів 8-відлікових I/Q-демодуляторів, а цифрою „4” – АЧХ зазначеного однокаскадного варіанта 16-відлікового демодулятора. При цьому лінії „1”, „2” в адаптованому масштабі відображення відповідають графікам, представленим на рис. 5, 6.

Неважко помітити, що АЧХ 3-каскадного I/Q-демодулятора в межах майже всієї головної пелюстки проходить на 1 – 2 [дБ] нижче АЧХ 16-відлікового демодулятора.

Висновки. У загальному випадку зроблені висновки будуть справедливі щодо зіставлення 2-каскадних М-відлікових і однокаскадних 2М-відлікових I/Q-демодуляторів з однаковим методом розрахунку коефіцієнтів. Це відкриває можливості для заміни багатокаскадної схеми квадратурної демодуляції еквівалентною однокаскадною.

Рис. 7. АЧХ одно- та 3-каскадних I/Q -демодуляторівРис. 8. АЧХ одно- та 3-каскадних I/Q -демодуляторів в логарифмічному масштабі

Отже, використання багатокаскадного включення дозволяє зменшити розмірність I/Q -демодуляторів для досягнення заданого рівня завадозахищеності, а також знизити динамічний діапазон вагових коефіцієнтів. В подальшому необхідно узагальнити запис відгуку I/Q -демодулятора парного порядку, що дозволить прогнозувати значення коефіцієнтів при довільній розмірності каскадів багатокаскадної схеми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jan-Erik Eklund and Ragnar Arvidsson. A Multiple Sampling, Single A/D Conversion Technique for Demodulation in CMOS.// IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 31, No. 12, December 1996. – pp 1987–1994. – http://iroi.seu.edu.cn/jssc9697/data/31_12_08.pdf.
2. Слюсар В.И., Малярчук М.В., Копієвська В.С. Исследование частотной избирательности тандемных децимирующих фильтров на основе I/Q -демодуляторов малого порядка.//Четвертая Международная конференция «Проблемы телекоммуникаций – 2010» (ПТ-10), посвященная Дню науки и Всемирному дню телекоммуникаций, Киев. - 20 - 23 апреля 2010 г. - С. 206.
3. Патент України на корисну модель № 66359. МПК G01S 7/36 (2006.01), H03D 13/00 (2006.01). Спосіб додаткового стробування цифрових відліків сигналів. /Слюсар В.І., Копієвська В.С., Живило Є.О. - Заявка на видачу патенту України на корисну модель № u201110521 від 30.08.2011. - Патент опубліковано 26.12.2011, бюл. № 24.
4. Патент України на корисну модель № 66358. МПК G01S 7/36 (2006.01), H03D 13/00 (2006.01). Спосіб додаткового стробування цифрових відліків сигналів. /Слюсар В.І., Копієвська В.С., Живило Є.О. - Заявка на видачу патенту України на корисну модель № u201110520 від 30.08.2011. - Патент опубліковано 26.12.2011, бюл. № 24.
5. Слюсар В.И., Методика синтеза I/Q -демодуляторов произвольной размерности. /Слюсар В.И., Малярчук М.В., Бондаренко М.В.// III-й Міжнародний науково-технічний симпозиум "Нові технології в телекомунікаціях"– (ДУКТ–КАРПАТИ '2010, с. Вишків). – Київ: Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій.– 2 – 5 лютого 2010. – С. 53 – 55.