

МІНІСТЕРСТВО ПРОМИСЛОВОЇ
ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ

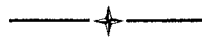
ЦЕНТРАЛЬНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

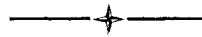
Наукове
періодичне
видання

ВИПУСК 2(6)

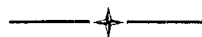
НАВІГАЦІЯ



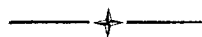
РАДІОЛОКАЦІЯ І РАДІОТЕХНІКА



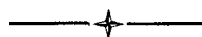
УПРАВЛІННЯ



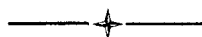
ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ В ЗБРОЙНИХ СИЛАХ



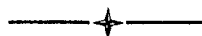
УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ,
ПРОГРАМАМИ І ПРОЕКТАМИ



ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ ТА МЕРЕЖІ



ЗВ'ЯЗОК



Київ
2008

Видання призначено для наукових працівників, викладачів, докторантів, аспірантів, а також студентів старших курсів відповідних спеціальностей.

Редакційна колегія

Голова: Козелков Сергій Вікторович – д.т.н., проф.

Заступник голови: Баранов Георгій Леонідович – д.т.н., проф.

Члени: Василенко Олександр Васильович – к.т.н., с.н.с.
Ільїн Олег Юрійович – д.т.н., проф.;
Краснобаєв Віктор Анатолійович – д.т.н., проф.;
Левченко Олександр Віталійович – к.військ.н., проф.;
Леонець Олександр Адамович – д.т.н., проф.;
Луханін Михайло Іванович – д.т.н., доц.;
Машков Олег Альбертович – д.т.н., проф.;
Медведев Валерій Павлович – д.т.н., проф.;
Мітрахович Михайло Михайлович – д.т.н., проф.;
Пашков Дмитро Павлович – к.т.н., доц.;
Скорик Євген Тимофійович – д.т.н., проф.;
Стасєв Юрій Володимирович – д.т.н., проф.;
Тищук Сергій Олександрович – к.т.н., доц.;
Толубко Володимир Борисович – д.т.н., проф.;
Тупкало Віталій Миколайович – д.т.н., проф.;
Черепков Сергій Тимофійович – к.т.н., доц.;
Явтушенко Анатолій Миколайович – к.військ.н., проф.

Відповідальний секретар: Кучук Георгій Анатолійович – к.т.н., с.н.с.

Секретар: Козелкова Катерина Сергіївна – к.т.н., с.н.с.

Адреса редакційної колегії: Україна, 03150, Київ, вул. Димитрова, 5,
Центральний НДІ навігації і управління.

Телефон редакційної колегії: (044) 284-3971 (консультації, прийом статей).

E-mail редакційної колегії: office.nav.u@nbi.com.ua.

Реферативна інформація зберігається у загальнодержавній реферативній базі даних „Україніка наукова” та публікується у відповідних тематичних серіях УРЖ „Джерело”.

Рекомендовано до друку Вченою радою Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління (протокол № 4 від 5.06.2008 р.)

Занесений до “Переліку № 20 наукових фахових видань України”, затвердженого постановою президії ВАК України від 14 червня 2007 р., № 2/05-1 (технічні науки – № 4)

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 12154-1038Р від 28.12.2006 р.

УДК.621.39

В.І. Слюсар¹, І.В. Тітов², І.І. Слюсар³¹Центральний НДІ озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ²Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків³Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації НТУ України «КПІ», Полтава

ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ СИСТЕМ РУХОМОГО ЗВ'ЯЗКУ З ЦИФРОВИМ ДІАГРАМОУТВОРЕННЯМ

В статті викладені можливі шляхи підвищення пропускної здатності каналів зв'язку сучасних цифрових систем рухомого зв'язку, які побудовані із застосуванням технології цифрового діаграмоутворення в антенних решітках. Пропонується проводити корегування напруг первинних каналів цифрових антенних решіток по множині джерел пілотних сигналів, що дозволяє підвищити пропускну здатність системи зв'язку в 2-3 рази. Наведені результати оцінки ефективності запропонованих методів корекції.

Ключові слова: цифрова антенна решітка, цифрове діаграмоутворення, корекція, коефіцієнти корекції, QAM (Quadrature Amplitude Modulation), пілот-сигнал, пропускну здатність.

Вступ

Постановка проблеми. Стрімкий ріст рівня інформатизації сучасного суспільства веде до збільшення обсягів різнопланової інформації, що циркулює в різних інформаційно-телекомунікаційних системах [1]. Таке явище загострює проблему відповідності можливостей таких систем щодо передачі інформації сучасним вимогам. Як відомо, суттєвого виграшу ефективності роботи сучасних систем рухомого зв'язку можливо досягнути при застосуванні цифрових антенних решіток (ЦАР) [2]. Однак, для досягнення максимальної якості їх функціонування необхідно боротися з такими небажаними явищами, як взаємний вплив антенних елементів [3], паразитні фазові перекручування, обумовлені використанням перетворення Фур'є [4] та інші. Окремої уваги заслуговують питання підтримання ідентичності каналів та квадратурних підканалів ЦАР, що суттєво впливають на якість зв'язку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [5 – 7] були розглянуті можливі варіанти підвищення пропускної здатності систем мобільного зв'язку за рахунок окремого використання методів корекції характеристик каналів ЦАР, при цьому варіант комплексного їх використання залишився невисвітленим.

Формулювання цілей статті. Метою статті є викладення можливих шляхів підвищення пропускної здатності каналів зв'язку сучасних цифрових систем рухомого зв'язку, які побудовані із застосуванням технології цифрового діаграмоутворення (ЦДУ) в антенних решітках.

Виклад основного матеріалу

Застосування в системах зв'язку цифрових технологій суттєво підвищує їх ефективність, але потребує при цьому врахування ряду факторів, що впливають на процеси обробки сигналів. Так, при застосуванні в системах радіозв'язку технології

ЦДУ, відкривається можливість застосування більш ефективних в спектральному відношенні методів модуляції, що дає змогу істотно підвищити завадозахищеність та пропускну здатність. Але досягнення максимальної ефективності можливе лише за умов ідентичності приймальних та передавальних каналів і квадратурних підканалів ЦАР. Оскільки на етапі виготовлення та в процесі експлуатації ідентичність характеристик каналів ЦАР порушується під впливом різних негативних факторів, то виникає потреба в проведенні їх корегування.

Для проведення корекції характеристик приймальних і передавальних каналів ЦАР можливо використання як внутрішнього, так і зовнішнього джерела пілот-сигналу (ПС). Найбільш доцільним є використання певної сукупності зовнішніх джерел ПС, адже при цьому з'являється можливість враховувати певні умови розповсюдження радіохвиль.

При проведенні корекції приймальних каналів, ПС можуть випромінюватися по чергово або одночасно, на однаковій або різних частотах [8]. В загальному випадку скореговані квадратурні складові вихідних напруг приймальних каналів ЦАР можна записати так [8]:

$$U_{\text{kor}}^c = U_{\xi}^c \xi_{lgz}^c - U_{\xi}^s \xi_{lgz}^s; \quad (1)$$

$$U_{\text{kor}}^s = U_{\xi}^c \xi_{lgz}^s + U_{\xi}^s \xi_{lgz}^c, \quad (2)$$

де $U^{c(s)}$ – квадратурні складові відгуків приймальних каналів ЦАР; $\xi_{lgz}^{c(s)}$ – квадратурні складові коефіцієнтів корекції (КК) для lg -го каналу ЦАР в z -му напрямку на джерело ПС.

Оскільки джерело ПС може знаходитись на довільному напрямку відносно нормалі до антенної решітки, при розрахунку КК слід враховувати закономірність зміни напруг сигналів по розкритті ЦАР залежно від кутової координати джерела ПС. Визначення КК проводиться за виразами:

$$\xi_{lg_z}^c = \sum_{n=1}^N \left\{ U_{lg_n}^c Q_{lg_z,n}^c + U_{lg_n}^s Q_{lg_z,n}^s \right\} / \sqrt{\sum_{n=1}^N \left(U_{lg_n}^c{}^2 + U_{lg_n}^s{}^2 \right)}; \quad (3)$$

$$\xi_{lg_z}^s = \sum_{n=1}^N \left\{ U_{lg_n}^c Q_{lg_z,n}^s - U_{lg_n}^s Q_{lg_z,n}^c \right\} / \sqrt{\sum_{n=1}^N \left(U_{lg_n}^c{}^2 + U_{lg_n}^s{}^2 \right)}, \quad (4)$$

де $Q_{lg_z,n}^{c(s)}$ – еталонні квадратурні складові амплітуди сигналу lg -го каналу ЦАР в z -му напрямку на джерело ПС.

Окрім корекції міжканальних неідентичностей необхідно корегувати характеристики квадратурних підканалів, наприклад за виразом:

$$C_{ikor} = C_1 / (\Delta Y \cdot \cos(\Delta)) + D_1 \operatorname{tg}(\Delta),$$

де C_{ikor} , C_1 – скорегований та не скорегований в i -й момент часу відліки аналого-цифрового перетворювача (АЦП) одного з квадратурних підканалів; ΔY , Δ – амплітудне та фазове викривлення каналу, що підлягає коригуванню; D_1 – відлік АЦП іншого квадратурного підканалу в i -й момент часу.

Такий метод корекції відрізняється достатньою простотою, що дозволяє досить легко реалізувати його апаратними методами при високих частотах дискретизації [6].

Корекція характеристик каналів ЦАР необхідна не тільки при роботі на прийом, а і на передачу [7]. Для виконання процедури корекції пропонується проводити зважування квадратурних складових напруг сигналів, що надходять на цифро-аналоговий перетворювач, за допомогою комплексних коефіцієнтів корекції (1), (2). Для розрахунку коефіцієнтів корекції, що входять у (1), (2), можливе використання оцінки амплітудних складових сигналів, що випромінюються передавальною активною ЦАР, зфазованою в напрямку її нормалі. Для вимірювання амплітуд сигналів, що випромінюються доцільно використовувати принцип, закладений в основу систем зв'язку типу MIMO (Multiple-Input - Multiple-Output), коли кожний парціальний канал передавальної ЦАР при їх сумісному випромінюванні розглядається в якості окремого, незалежного джерела повідомлень [7].

Для розділення за кутовими координатами джерел ПС на приймальній стороні при їх рівних потужностях та досить близькому взаємному знаходженні можливе застосування модифікованого методу надрозділення Кейпона [9]. На рис. 1 наведені оцінки за удосконаленим методом Кейпона при відсутності процедур корекції (2), при застосуванні процедур корекції (3), за умови відсутності корекції та застосуванні неудоконаленого методу Кейпона (1). Повертикалі відкладений відгук лінійної ЦАР на два рівнопотужних сигнали, що надходять з напрямків -38° та -31° , з відношенням сигнал-шум на вході приймального каналів, рівним 12 дБ за потужністю.

Застосування наведених способів корекції міжканальних та внутрішньоканальних неідентичностей каналів ЦАР дозволяє знизити помилки визначення амплітуд сигналів, що дозволяє переходити до

більш ефективних в спектральному відношенні алгоритмів QAM (Qadrature Amplitude Modulation), та суттєво збільшує пропускну здатність системи зв'язку. Граничні можливості використання того чи іншого QAM-алгоритму можливо описувати допустимими областями їх застосування, які визначають вид модуляції для різних рівнів середньоквадратичних помилок (СКП) визначення амплітуд сигналів.

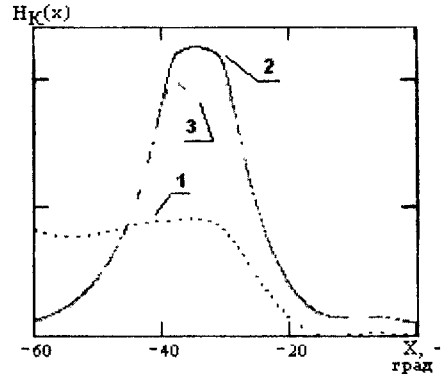


Рис. 1. Оцінки за методом Кейпона

Збільшення допустимих областей застосування різних QAM-алгоритмів для випадку, коли значення фазової неідентичності (D) дорівнює 5° , кількість каналів ЦАР (N) – 8, а ВСШ (q) у разях дорівнює 10, досягає значень 6 – 13% (рис. 2).

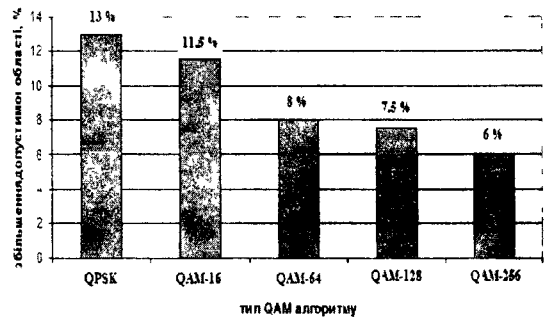


Рис. 2. Приріст допустимих областей застосування різних QAM-алгоритмів

Застосування додатково до корекції міжканальних неідентичностей корекції квадратурного розбалансу дає додатковий вигравш в залежності від значень неідентичностей квадратурних підканалів та інших умов ще 2-4%.

Наприклад, збільшення в результаті корекції допустимої області застосування алгоритму QAM-64 на 8% (рис. 2) означає, що діапазон СКП визначення амплітуд сигналів, при яких ще можливе використання QAM-64 (а не перехід до QAM-32), теж зростає на 8%, а значить з'являється можливість підвищення пропускну здатності системи зв'язку в даному випадку в півтора рази, оскільки в стільки разів спектральна ефективність QAM-64 більша від спектральної ефективності QAM-32 [1].

Результати аналогічних розрахунків розширення допустимих областей застосування QAM-алгоритмів для інших умов представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Розширення допустимих областей застосування QAM-алгоритмів

Умови розрахунку (Δ фазова неідентичність каналів)	Розширення допустимих областей застосування QAM-алгоритмів, %				
	QPSK	QAM-16	QAM-64	QAM-128	QAM-256
$D=5^\circ, N=8, q=10$	13	11,5	8	7,5	6
$D=7^\circ, N=8, q=10$	12,5	10	7,5	6	5
$D=10^\circ, N=8, q=10$	11	8,5	5,5	4	3
$D=5^\circ, N=10, q=10$	16	13,5	12	10	9,5
$D=7^\circ, N=10, q=10$	14	11	9	8,5	8
$D=10^\circ, N=10, q=10$	13,5	10,5	7,5	7	6
$D=5^\circ, N=12, q=10$	19,5	15	13	12,5	11
$D=7^\circ, N=12, q=10$	17,5	13	11	10,5	10
$D=10^\circ, N=12, q=10$	15	12,5	8	7,5	7

Підтвердження працездатності та ефективності запропонованих методів корекції характеристик приймальних та передавальних каналів ЦАР і доказ достовірності основних положень про їхні властивості, було отримано в результаті проведення напівнаатурного експерименту. В ході його досліджувалися можливості застосування методів корекції у системах рухомого радіозв'язку ЦДУ шляхом моделювання приймального та передавального сегменту лінійної еквідистантної ЦАР і процедур цифрової обробки сигналів (ЦОС) [10]. При цьому використовувалися персональна електронна обчислювальна машина з модулем ЦОС ADC100AS2 фірми "Пулсар-ЛТД" (м. Дніпропетровськ, Україна).

Висновки

Для систем зв'язку із ЦДУ, одним із можливих шляхів підвищення їх пропускної здатності є застосування корекції характеристик каналів ЦАР, в результаті чого знижуються помилки визначення амплитуд сигналів, розширюються допустимі області застосування QAM-алгоритмів і з'являється можливість у більшості випадків переходити до QAM-алгоритмів із більшою спектральною ефективністю.

Комплексне застосування процедур міжканальної та внутрішньоканальної корекції характеристик каналів ЦАР по множині зовнішніх джерел ПС

дозволяє, в залежності від різних умов, збільшити пропускну здатність системи зв'язку в 2–3 рази.

Подальшу роботу слід спрямувати на вибір оптимальної кількості джерел ПС для різних випадків, дослідження процедур корекції характеристик каналів ЦАР конформної форми.

Список літератури

- 1 Шахнович И Современные технологии беспроводной связи – М Техносфера, 2004 – 432 с
- 2 Слюсар В И Цифровое формирование луча в системах связи будущее рождается сегодня // Электроника НТБ – 2002 – № 1 – С 6-12
- 3 Слюсар И И Врахування взаємного впливу каналів в системах зв'язку з адаптивними антенними решітками // Вісник ЖІПІ – Житомир ЖІПІ, 2001 – Вип № 18 – С 72-75
- 4 Компенсация фазовых перекручиваний швидкого перетворення Фур'є при цифровій обробці багаточастотних сигналів / ІІ Слюсар, В І Слюсар, Ю В Уткін, І В Титов // Збірник наук праць – К НАОУ, 2006 – № 66 – С 161-165
- 5 Слюсар В І, Солощев О М, Титов І В Спосіб корекції характеристик приймальних каналів цифрової антенної решітки // Збірник наукових праць – К ВІПІ НТУУ "КПІ" – 2003 – № 3 – С 124-132
- 6 Слюсар В И, Солощев О Н, Титов И В Метод корекції квадратного розбаланса приемных каналов цифровой антенной решетки // Радиоэлектроника (Изв высш учеб заведений) – 2004 – № 2 – С 42-50
- 7 Слюсар В И, Титов И В Метод корекції характеристик передаючих каналів активної ЦАР // Радиоэлектроника (Изв высш учеб заведений) – 2004 – № 8 – С 14-20
- 8 Slyusar V I, Titov I V Correction of smart antennas receiving channels characteristics for 4G mobil communications // Proc ICATT, 2003 - VOL 1 – Sevastopol, 9-12 September 2003 – P 374-375
- 9 Патент України № 56921 А, МПК⁷ G01S13/02 Спосіб надреєвського розрізнення сигналів // В І Слюсар І В Титов, І М Сацук – № 2002119017, заявлено 12 11 2002, опубл 15 05 2003, Бюл № 5, 2003
- 10 Експериментальна перевірка методів корекції характеристик передавальних каналів цифрової антенної решітки / В І Слюсар, І В Титов, І І Слюсар, Ю В Уткін // Радиоэлектроника и компьютерные системы (Наукотехнический журнал) – 2006 – № 5 – С 217-220

Надійшла до редколеги 15 05 2008

Рецензент: д-р техн наук, с н с В В Баранник, Харківський університет Повітряних Сил ім І Кожедуба, Харків.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ С ЦИФРОВЫМ ДИАГРАМООБРАЗОВАНИЕМ

В И Слюсар, И В Титов, И И Слюсарь

В статье изложены возможные пути повышения пропускной способности каналов связи современных цифровых систем подвижной связи, построенных с применением технологии цифрового диаграммообразования в антенных решетках. Предлагается проводить коррекцию напряжений первичных каналов цифровых антенных решеток по множеству источников пилотных сигналов, что позволяет повысить пропускную способность системы связи в 2-3 раза. Приведены результаты оценки эффективности предложенных методов коррекции.

Ключевые слова: цифровая антенная решетка, цифровое диаграммообразование, коррекция, коэффициенты коррекции, QAM (Quadrature Amplitude Modulation), пилот-сигнал, пропускная способность

THE INCREASE OF MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS WITH DIGITAL BEAMFORMING

V I Slyusar, I V Titov, I I Slyusar

In article the description of the possible ways to increase capacity of mobile communication systems, built with the technology of digital beamforming in antenna arrays. It is offered to carry on corrective action of voltages of initial channels digital antenna array on set of sources of pilot signals that allows to boost transmission capacity of a system consecrate in 2-3 times. Results of an estimation of efficiency of the offered methods of corrective action are resulted.

Keywords: digital antenna array, digital beamforming, correction, correction coefficients, QAM (Quadrature Amplitude Modulation), of pilot signal, capacity

СМОЛЯР	Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України «КПІ», Полтава, кандидат технічних наук, доцент кафедри
Віктор Григорович	
СОКОЛОВА	Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Харків, доктор технічних наук, професор, завідувача кафедрою
Надія Олександрівна	
СТАРЕЦЬ	Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Харків, кандидат фізико-математичних наук, доцент
Георгій Олександрович	
СТРУКОВА	Харківський національний університет внутрішніх справ, Харків, викладач
Олександра Володимирівна	
ТИШКО	Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України «КПІ», Полтава, кандидат технічних наук, доцент кафедри
Сергій Олександрович	
ТІТОВ	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, науковий співробітник
Ігор Володимирович	
ТКАЧЕНКО	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, кандидат військових наук, професор, начальник університету
Віктор Іванович	
ТУЛУЗОВА	Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, студентка
Катерина Ігорівна	
ТУРУТА	Харківський національний університет внутрішніх справ, Харків, викладач
Олексій Петрович	
ТЮРІН	Національний технічний університет «ХПІ», Харків, аспірант
Олексій Олексійович	
ФІЩУКОВА	Національний технічний університет «ХПІ», Харків, асистентка
Наталія Валеріївна	
ХАРЛАНОВ	Севастопольський військово-морський ордена Червоної Зірки інститут ім. П.С. Нахімова, Севастополь, кандидат технічних наук, викладач
Олексій Іванович	
ХАХАНОВА	Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, викладач
Ганна Володимирівна	
ЧЕЛПАНОВ	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, ад'юнкт
Артем Володимирович	
ЧУМАК	Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник НДВ Наукового Центру
Борис Олександрович	
ШМАТКО	Університет цивільного захисту України, Харків, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри
Олександр Віталійович	
ЯКОВЕНКО	НДІ МВС України, начальник центра спецтехніки
Олександр Васильович	
ЯРОВА	Національний технічний університет «ХПІ», Харків, студентка
Анастасія Василенівна	

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Агафонов Ю.М.	29	Коваль В.В.	87	Петрушенко М.М.	10
Алексєєв С.В.	153	Коломійцев О.В.	84	Поліщов О.В.	48
Асапов Е.Е.	177	Королук Н.О.	71	Поляков В.П.	159
Баранник В.В.	145	Костановський	3	Поночовний	156
Бархударян М.В.	55	Кривенко С.І.	159	Порошин С.М.	25
Бахвалов В.Б.	25	Кузнецов О.О.	162	Прибильнов Д.В.	44
Бейлін М.В.	60	Кулаїн К.К.	55	Привезенцев Ю.І.	128
Берднік П.Г.	44	Кучер Д.Б.	167	Рябуха Ю.М.	153
Бердочник А.Д.	120	Кучук Г.А.	120	Семенов С.І.	134
Бурковський С.І.	60	Ланецький Б.М.	15	Сидоренко І.І.	175
Васильєв К.О.	145	Лемешко Т.А.	89	Сіра О.В.	138
Віткін Л.М.	89	Лисенко Д.Е.	96	Слюсар В.І.	172
Гаврилов А.Б.	67	Литвиненко Л.В.	167	Слюсар І.І.	172
Дацик М.О.	117	Лукашук О.В.	10	Смірнов С.Б.	79
Демидов Б.О.	71	Лук'янчук В.В.	15	Смоляр В.Г.	38
Дуденко С.В.	153	Магдаліна І.В.	51	Соколова Н.О.	96
Єгоров О.Б.	34	Медведь І.В.	167	Старець Г.О.	175
Єгорова О.Ю.	34	Міхєєв В.С.	41	Струкова О.В.	107
Єрохін А.Л.	107	Міхнов Д.К.	117	Тишко С.О.	38
Жолткевич Г.М.	112	Модісвський Є.О.	41	Тітов І.В.	172
	128	Науменко М.В.	71	Ткаченко В.І.	79
Журавльов О.О.	29	Некрасов О.Б.	96	Тулузова К.І.	112
Заболотний М.В.	117	Нєронов А.А.	51	Турута О.П.	107
Івасюк О.О.	156	Нєрубацький В.О.	79	Тюрін О.О.	21
Карлов В.Д.	10	Нєсчипорук П.А.	18	Фіщукова Н.В.	138
Карпенко В.І.	79	Обод І.І.	21	Харланов О.І.	167
Кагкова Т.І.	138	Осіпов Ю.М.	29	Хаханова Г.В.	141
Китайчук І.Є.	41	Павленко М.А.	44	Челпанов А.В.	10
Кір'янов Д.В.	38	Павленко Т.Ю.	102	Чумак Б.О.	55
Кобзєв В.В.	15	Пантелеєва І.В.	48	Шматко О.В.	51
Коваленко С.П.	84	Панінєв А.А.	120	Ярова А.В.	21

<i>Серая О В Каткова Т И Фицукова Н В</i> Оцінка ефективності використання адаптивних активаційних функцій в штучних нейронних мережах	138
<i>Хаханова А В</i> Методика обґрунтування кодування тестової інформації в системах цифрової діагностики	141
ЗВ'ЯЗОК	
<i>Баранник В В Яковенко А В</i> Методологічний підхід для формування поліадических чисел на основі апроксимації відеоданих дискретними базисами Уолша	145
<i>Васильев К А</i> Потенціальні межі частотної ущільнення сигналів N-OFDM на основі перетворення Хартлі з квадратурної амплітудної модуляції частотних несущих	149
<i>Дуденко С В Алексеев С В Рябуха Ю Н</i> Зміщене дискретне перетворення Хартлі в системах захисту інформації	153
<i>Івасюк О О Поночовниц Ю Л</i> Дослідження властивостей лінійних послідовностей розширення спектра, сформованих за допомогою реєстра звуку	156
<i>Кривенко С И Поляков В П</i> Кодування масивів апертурних координат на шкалі кольорності зображень	159
<i>Кузнецов О О</i> Дослідження циклічних властивостей шифру ADE	162
<i>Кучер Д Б Харланов А И Медведь И В Литвиненко Л В</i> Особливості впливу потужних електромагнітних випромінювань на зовнішні металічні оболонки підземних радіочастотних ліній зв'язку	167
<i>Слюсар В І Литов І В Слюсар П П</i> Підвищення пропускної здатності систем рухомого зв'язку з цифровим мультиплексуванням	172
<i>Старець Г О Сидоренко П П</i> Про атомарні функції $cr_m(x)$	175
<i>Асанов Е Е</i> Оптимізація енергетичних параметрів частотно-маніпульованого радіолокаційного сигналу	177
НАШІ АВТОРИ	180
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК	182

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ, НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск 2(6)

Відповідальний за випуск *Г А Кучук*

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 12154-1038Р від 28.12.2006 р

Комп'ютерна верстка *І А Лебедєва, В В Кірвас, В В Богдан*

Оформлення обкладинки *І В Ільина*

Генеральний редактор *І А Лебедєва*

Коректор *Р Ю Жермельова*

Підписано до друку 11.06.2008	Формат 60×84/8	Папір офсетний
Гарнітура «Times New Roman»	Друк: ризограф	Обл.-вид. арк. – 22/75
Ціна договірна	Ум.-друк. арк. 23,1)	Зам. 611-08
	Наклад 150 прим.	

Адреса редакції: Україна, 03150 Київ, вул. Димитрова, 5, тел. (044) 284-3971
Центральний науково-дослідний інститут навігації та управління

Відруковано у друкарні ФОП «АЗАМАЄВА В П»
61111, Харків – 111 вул. Познанська, 6, тел. 362-01-52

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції ХК № 134 від 23.02.05 р