

Міністерство освіти і науки України
Північно-Східний науковий центр НАН України та МОН України
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка

Тези

68-ої наукової конференції професорів,
викладачів, наукових працівників, аспірантів
та студентів університету
Том 3

19 квітня – 13 травня 2016 р.

Полтава 2016

УДК 043.2
ББК 448лО

*Розповсюдження та тиражування без офіційного дозволу
Полтавського національного технічного університету
імені Юрія Кондратюка заборонено*

Редакційна колегія:

- | | |
|-----------------|--|
| Онищенко В.О. | д.е.н., проф., ректор Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка |
| Муравльов В.В. | к.т.н., доц., в.о. проректора з науково-педагогічної та методичної роботи |
| Васюта В.В. | к.т.н., доц., декан факультету інформаційних та телекомунікаційних технологій і систем |
| Іваницька І.О. | к.х.н., доц., декан гуманітарного факультету |
| Комеліна О.В. | д.е.н., проф., декан факультету менеджменту і бізнесу |
| Нестеренко М.П. | д.т.н., проф., декан будівельного факультету |
| Нижник О.В. | д.т.н., с.н.с, декан електромеханічного факультету |
| Павленко А.М. | д.т.н., проф., декан факультету нафти і газу та природокористування |
| Усенко В.Г. | к.т.н., доц., декан архітектурного факультету |
| Шинкаренко Р.В. | к.е.н., доц., декан фінансово-економічного факультету |

Тези 68-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 3. (Полтава, 19 квітня – 13 травня 2016 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – 335 с.

У збірнику тез висвітлені результати наукових досліджень професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету.

©Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка,
2016

*Слюсарь І.І., канд. техн. наук., доцент, доцент кафедри,
Слюсар В.І., докт. техн. наук., професор, професор кафедри,
Ільченко О.П., Матько В.П., студенти гр. 501-ТМм,
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка*

СТРУКТУРА ПЕРЕДАВАЛЬНОГО СЕГМЕНТА ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ З N-OFDM

З метою реалізації концепції наступного покоління оптичного доступу (Next Generation Optical Access, NGOA) доцільно застосовувати конвергентні рішення «радіо поверх оптики». На даний час, вже існують проекти волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП) на основі мультиплексування з ортогональним частотним розподілом каналів (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM). Однак, OFDM має низку недоліків: залежність правильного декодування даних від зсуву за частотою, неоптимальне використання частотного діапазону, особливості використання швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) для формування частотних фільтрів. Для усунення зазначених обмежень в роботі пропонується використання неортогональної дискретної частотної модуляції (N-OFDM), при якій, на відміну від OFDM, рознесення частот не прив'язується до максимумів АЧХ фільтрів ШПФ. З цією метою розроблена експериментальна схема ВОСП N-OFDM з передавальним сегментом, структура якого наведена на рис. 1. Його відмінною ознакою є використання подвійного паралельного модулятора Маха-Цендера, що забезпечує безпосередню модуляцію оптичної несучої квадратурними складовими радіосигналу. Застосування схемотехніки програмної конфігурації обладнання дозволяє проводити дослідження не тільки N-OFDM, але й інших варіантів побудови на основі OFDM. В цілому, в запропонованій ВОСП забезпечується формування кількох оптичних сигналів C- і L-діапазонів CWDM (DWDM), що промодульовані N-OFDM, OFDM, NRZ, а також їх узгодження з моделлю лінійного тракту лінії зв'язку. Такий підхід є досить актуальним через невизначеність питань стандартизації ВОСП на базі розглянутих конвергентних рішень.

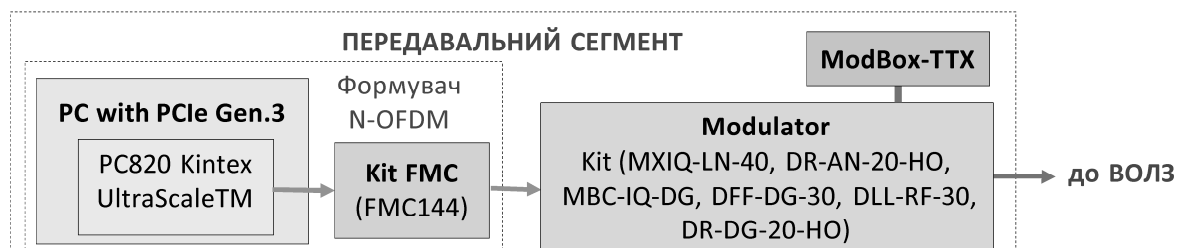


Рис. 1. Фрагмент структури передавального сегменту ВОСП з N-OFDM

*Слюсарь І.І., к.т.н., доцент, доцент кафедри,
Слюсар В.І., д.т.н., професор, професор кафедри,
Кулик Р.В., студент гр. 401-ТТ
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка*

СИНТЕЗ ІЄРАРХІЇ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ 5G

На даний час, поки що не існує стандартизованих вимог до систем 5G (IMT-2020). Це обумовлено тим, що, якщо раніше вимоги були в основному зосереджені навколо швидкості доступу, то зараз значна увага приділяється якості, особливо, питанням якості покриття на краях чарунок. Крім того, при розробці систем 5G передбачається зробити ставку на реалізацію фізичного рівня на неортогональних сигналах (Methodology for 5G Physical Layer Based on Non-orthogonal Waveforms). Такий підхід розробляється в рамках Європейського проекту по стандартизації обробки неортогональних сигналів для мереж 5G (5th Generation Non-Orthogonal Waveforms, 5GNOW). Як наслідок, обґрунтування характеристик і параметрів систем зв'язку 5G є багатокритеріальною слабоструктурованою задачею прийняття рішення.

Для її вирішення можливо застосувати метод аналізу ієрархій шляхом проведення попарного порівняння експертних оцінок для визначення вагових коефіцієнтів пріоритетності вимог до систем 5G. Це дозволить розробити систему критеріїв у вигляді ієрархічної структури; оцінити пріоритети (ваги) критеріїв з врахуванням їх місця в ієрархії відносної важливості; визначити кращі альтернативи за значеннями її характеристик і важливості критеріїв.

При цьому, ієрархічний опис має низку переваг, до яких слід віднести:

- ієрархічне представлення завдання прийняття рішення дозволяє описувати вплив елементів одного рівня на елементи іншого рівня;
- ієрархія стійка та гнучка в тому сенсі, що малі її зміни (видалення та додавання елементів) не руйнують характеристик ієрархії.

В роботі використані наступні етапи синтезу ієрархії характеристик систем зв'язку 5G:

- структуризація завдання прийняття рішення у вигляді ієрархії з кількома рівнями: цілі-критерії-альтернативи;
- проведення попарного порівняння елементів ієрархії, перетворення результатів порівняння в числа;
- обчислення коефіцієнтів важливості елементів кожного рівня. перевірка погодженості оцінок експертів;
- підрахунок кількісного індикатора якості альтернатив і визначення

найкращої альтернативи.

В свою чергу, операції попарного порівняння елементів ієрархії мають кілька відомих особливостей:

- елементи порівнюються попарно стосовно їхнього впливу на загальну для них характеристику;
- результати парного порівняння представляються у вигляді квадратної матриці парних порівнянь;
- зазначена матриця є зворотно симетричною, а її головна діагональ складається з одиниць;
- елементи матриці парних порівнянь – числа, що характеризують відносну важливість елементів стосовно загальної для них характеристики;
- матриці парних порівнянь заповнюються експертом;
- матриці парних порівнянь будуються для критеріїв (по ступеню їх впливу на досягнення мети) і для альтернатив (по ступеню їх впливу на критерій).

В ході проведених досліджень виконана систематизація результатів існуючих прогнозів щодо подальших напрямків розвитку систем 5G. Це дає можливість визначити в якості базових характеристик наступні положення.

1. Завадозахищеність.
2. Висока швидкість передачі даних.
3. Криптозахищеність даних.
4. Адаптивне формування діаграм спрямованості антен базових станцій з метою орієнтації максимумів на кореспондентів.
5. Реалізація технології MIMO.
6. Впровадження неортогональних сигналів, наприклад N-OFDM.
7. Режим MANET.
8. Режим VANET, у тому числі для безпілотних літальних апаратів (БПЛА).
9. Адаптивний вибір і використання IP та ін. мережних протоколів.
10. Вбудований перекладач (мультимовність), розширене голосове меню керування смартфоном.
11. Наявність режиму радіолокації повітряних об'єктів (БПЛА та ін.) за допомогою базових станцій.
12. Багатодіапазонність і мультистандартність.

З метою підтвердження можливості практичної реалізації запропонованого підходу, в роботі виконано моделювання синтезу ієрархії характеристик системи 5G. Для цього імітувалось 12 експертних оцінок з визначенням ваг характеристик. Надалі виконувалась обробка заповнених матриць попарних порівнянь з формуванням зазначеної ієрархії.

Запропонована модель може бути масштабована на більше коло експертів та/або поширена на інші напрямки досліджень інфокомунікаційних систем і мереж.

*Слюсарь І.І., к.т.н., доцент, доцент кафедри,
Слюсар В.І., д.т.н., професор, професор кафедри,
Миронов О.В., студент гр. 401-ТТ
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка*

ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ В КВАДРАТУРНИХ КАНАЛАХ АЦП ТКСП З ЦДУ В УМОВАХ НЕІДЕНТИЧНОСТІ ДЖІТЕРА

Як відомо, технологія цифрового діаграмоутворення (ЦДУ) на основі цифрових антенних решіток (ЦАР) не тільки реалізує спрямовані прийом і передачу сигналів, але й забезпечує можливість адаптивного формування багатопроменевої діаграми спрямованості (ДС). Це дозволяє підняти відношення сигнал/шум (ВСШ) у радіоканалі; зменшити рівні потужності передавачів; використовувати програмну конфігурацію обладнання; підвищити заводо захищеність і живучість, а також виконувати цифрову обробку сигналів на основі методів надрозрізнення.

В свою чергу, підвищити ВСШ можливо за рахунок зменшення кількості проміжних частотних перетворень між антенним елементом ЦАР і аналогово-цифровим/цифро-аналоговим перетворювачем (АЦП/ЦАП). При цьому, головним чинником, який визначає якість функціонування телекомунікаційних систем передачі (ТкСП) з ЦАР в умовах підвищення частоти складових спектру сигналів, що підлягають перетворенню, є джітер АЦП/ЦАП.

На практиці часто використовується квадратурна схема побудови приймальних каналів ТкСП з аналого-цифровим перетворенням \cos - і \sin -складових сигнальної суміші. Така схема потребує високої ідентичності характеристик передачі квадратурних каналів. Відмінності в комплексних коефіцієнтах передачі зазначених підканалів призводять до виникнення комплексно-сполучених компонентів (КСК) сигнальних відгуків, ефект від впливу яких аналогічний впливу активних завод. В ідеальній ТкСП з ЦАР КСК має нульове значення, що відповідає повній ідентичності їхніх коефіцієнтів передачі та однаковим дисперсіям джітера у квадратурах.

Як наслідок, для дослідження якості функціонування ТкСП з ЦДУ в роботі проведений аналіз оцінки ступеня впливу неідентичності джітера у квадратурних каналах АЦП на величину відношення амплітуд основної та комплексно-сполученої складових для різних вихідних даних при зміні частоти вхідного сигналу в межах основної «пелюстки» амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) цифрового фазового детектора.

З цією метою виконувалось моделювання в пакеті Mathcad з дотриманням вимоги про неможливість досягнення ідентичної величини джітера у квадратурних каналах схеми аналого-цифрового перетворення сигналів. У процесі розрахунків фіксувалася сума дисперсій джітерів

квадратурних складових сигналу. Для цього досить було варіювати величиною дисперсії джітера лише в одній із квадратурних складових сигналу, тоді як значення для дисперсії в іншій квадратурі розраховувалося за теоремою Піфагора. Дані обчислень наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Залежність втрат у відношенні рівнів основної компоненти та КСК сигналів від СКВ джітера порівняно з випадком ідентичних квадратурних каналів

| СКВ джітера однієї з квадратурних складових сигналів, пс | Неідентичність СКВ джітера в квадратурах, % | Втрати у відношенні рівнів основної та комплексно-сполученої складових сигналів, дБ |
|--|---|---|
| 0,7030 | 1,165 | 31,676 |
| 0,7040 | 0,8807 | 29,258 |
| 0,7050 | 0,597 | 25,89 |
| 0,7060 | 0,3133 | 20,305 |
| 0,7061 | 0,285 | 19,483 |
| 0,7062 | 0,2566 | 18,575 |
| 0,7063 | 0,2283 | 17,561 |
| 0,7064 | 0,2 | 16,412 |
| 0,7065 | 0,1717 | 15,088 |
| 0,7066 | 0,1434 | 13,524 |
| 0,7067 | 0,116 | 11,615 |
| 0,7068 | 0,087 | 9,165 |
| 0,7069 | 0,0585 | 5,74 |
| 0,70695 | 0,04435 | 3,336 |

Під час досліджень встановлено, що відношення рівнів основної та комплексно-сполученої складових зменшується зі збільшенням неідентичності джітера у квадратурах АЦП, однак це зниження обмежується деяким рівнем. Результати розрахунків визначають допустимий рівень величини КСК на виході цифрового фазового детектора у визначеній смузі частот. В свою чергу, вони дозволяють сформулювати вимоги до відносної величини неідентичностей дисперсій джітера квадратурних каналів АЦП. Серед них слід виділити наступні:

- ефективне число бітів АЦП;
- середньоквадратичний рівень бічних променів ДС;
- дисперсія та максимальний зсув оцінки напрямку приходу сигналу;
- максимально припустимий розкид дисперсій джітера АЦП у квадратурних каналах.

Чисельні показники вимог до джітеру АЦП і ЦАП в ТкСП з ЦДУ на базі ЦАР можуть бути отримані на підставі значення сигнал/шум на виході АЦП при формуванні за допомогою ЦАП сигналу з відомими параметрами при заданому значенні потужності адитивного шуму.

Слюсарь І.І., к.т.н., доцент, доцент кафедри,
 Слюсар В.І., д.т.н., професор, професор кафедри,
 Яковенко І.І., студент гр. 501-ТМм
 Полтавський національний технічний університет
 імені Юрія Кондратюка

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЕЦИМАЦІЇ В ОПТИЧНИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ З N-OFDM.

На даний час, існує кілька напрямів подальшого розвитку пасивних оптичних мереж (Passive Optical Network, PON), серед яких слід виділити NG PON2 (використання нових технологій для роботи не тільки по вже існуючих оптичних розподільчих мережах (ODN), але й перспективних їх варіантах). В даному контексті, особлива увага приділяється використанню технології ортогонального частотного ущільнення (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM), в т.ч. з можливістю динамічного розподілу несучих підканалів користувачам (OFDMA).

Однак, найбільш доцільним слід вважати застосування замість OFDM(A) неортогональних сигналів за прикладом IMT-2020 (5G). Для цього пропонується реалізація N-OFDM, що дозволяє усунути недоліки OFDM. З цією метою, в роботі розроблений варіант (рис. 1) центрального вузла (Central Office, CO) перспективної PON-X-N-OFDM (X – позначення іншої комбінації технологій), що забезпечує поєднання хвильового ущільнення (Wavelength Division Multiplex, WDM), часового мультиплексування (Time Division Multiplexing, TDM) і N-OFDM.

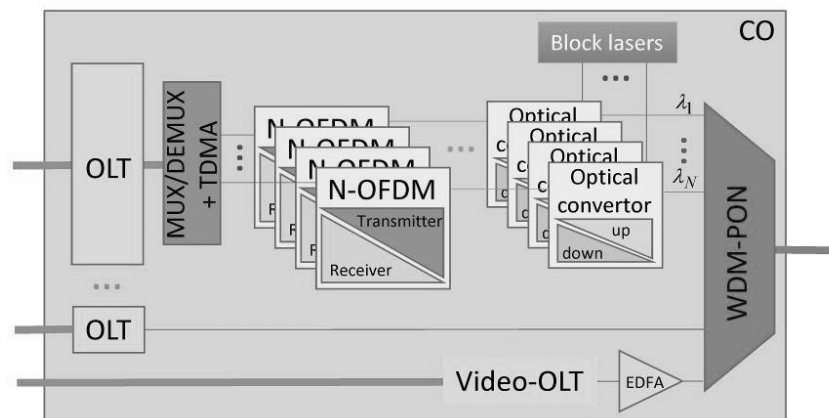


Рис. 1. Центральний вузол PON-X-N-OFDM

В свою чергу, можливість оперативної зміни сигналу між OFDM, OFDMA або N-OFDM може призвести до зростання вартості обладнання. Особливо гостро це стосується абонентського сегменту апаратного забезпечення. Найбільш пріоритетним рішенням цього питання є розробка приймального сегменту волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП) з розподіленою цифровою обробкою сигналів (ЦОС) N-OFDM (OFDM),

програмною конфігурацією обладнання та використання елементів схемотехніки, що орієнтовані на невисокі темпи оцифровки сигналів.

Як наслідок, надалі доцільно орієнтуватись на виконання на приймальній стороні операції децимації на основі цифрових фільтрів (ЦФ), що проріджують інформаційний потік. На рис. 2 наведений приймальний сегмент експериментальної ВОСП, що відповідає зазначеним критеріям і дозволяє працювати з сигналами N-OFDM, OFDM, QAM, NRZ. В запропонованій схемі операція децимації може бути відділена від кінцевих етапів ЦОС.

Сутність виконання операції децимації зводиться до формування квадратурних складових сигналу N-OFDM за виразом:

$$U_{cfrk_y}^c = \sum_{s=0}^{T-1} \left\{ U_s^c \cos\left(\frac{\pi s}{2}\right) + U_s^s \sin\left(\frac{\pi s}{2}\right) \right\}, U_{cfrk_y}^s = \sum_{s=0}^{T-1} \left\{ U_s^s \cos\left(\frac{\pi s}{2}\right) - U_s^c \sin\left(\frac{\pi s}{2}\right) \right\},$$

де $U_s^{c(s)}$ – квадратурні складові сигналу на вході ЦФ, $y = \overline{0, Y-1}$ – порядковий номер строка ЦФ, T – кількість накопичуваних відліків АЦП в одному стробі ЦФ.

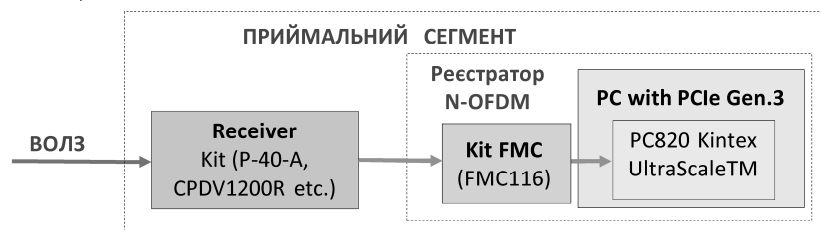


Рис. 2. Фрагмент структури приймального сегменту ВОСП з N-OFDM

В роботі запропоновано кілька модифікацій N-OFDM, які відрізняються наявністю або відсутністю процедури швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). При цьому, загальна кількість утворених стробів повинна бути не меншою, ніж розмірність процедури ШПФ. У випадку частотного рознесення підканалів на величину ширини синтезованого фільтру ШПФ, N-OFDM-сигнал перетворюється в OFDM. При цьому необхідно враховувати, що для правильного декодування сигналів необхідно проводити компенсацію паразитних фазових викривлень комплексних амплітуд сигналів, що виникають в наслідок ШПФ.

Під час досліджень встановлено, що з точки зору одержання максимуму продуктивності кращими є модифікації ЦОС без проведення операції ШПФ. Якщо є необхідність застосування існуючих методів компенсації завад, уніфікації ЦОС, наприклад, для режиму роботи з оптичними несучими, що мають лінійну поляризацію (Polarization Division Multiplexing, PDM), або впровадження конвергентних рішень на основі методів просторово-часового кодування за прикладом систем МІМО, доцільним є використання сітки фільтрів ШПФ.

| | |
|--|-----------|
| <i>Петровський О.М., Задирака В.Г.</i> | |
| МОНІТОРИНГ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ СЕРЕДОВИЩ ТА МАТЕРІАЛІВ | 46 |
| <i>Петровський О.М., Івахнов Б.О., Кікоть В.В.</i> | |
| АНАЛІЗ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ МІКРОСКОПІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ | 48 |
| <i>Левчук В.М., Скрипник Б.В., Зіненко А.Ю.</i> | |
| РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ GSM СИГНАЛІЗАЦІЇ НА БАЗІ AVR МІКРОКОНТРОЛЕРУ АТМЕГА8А GSM | 49 |
| <i>Піддубний Б.Ю., Бариш К.О.</i> | |
| РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОБЛІКУ СПОЖИТОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ..... | 52 |
| <i>Ткачова О.А. Яковенко Т.П.</i> | |
| АЛГОРИТМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ГРАФІВ МЕРЕЖЕВИХ СТРУКТУР | 53 |
| <i>Одарущенко О.Б., Котова В.В.</i> | |
| РОЗРОБКА САЙТУ ДОВІДКОВОЇ СИСТЕМИ МАРШРУТІВ МІСТА ПОЛТАВА..... | 54 |
| <i>Одарущенко О.Б., Соболь О.А.</i> | |
| РОЗРОБКА УТИЛІТИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЖОРСТКИХ СИСТЕМ ДИФЕРЕНЦІЙНИХ РІВНЯНЬ ЕКСПОНЕНТНИМ МЕТОДОМ | 55 |
| <i>Левчук В.М.</i> | |
| ПРО ОДИН КЛАС НЕДИСИПАТИВНИХ ОПЕРАТОРІВ | 57 |
| СЕКЦІЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ | 59 |
| <i>Янко А.С., Галь І.В.</i> | |
| МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ АРИФМЕТИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ У СИСТЕМІ ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ | 59 |
| <i>Слюсарь І.І., Слюсар В.І., Ільченко О.П., Матько В.П.</i> | |
| СТРУКТУРА ПЕРЕДАВАЛЬНОГО СЕГМЕНТА ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ З N-OFDM | 61 |
| <i>Слюсарь І.І., Слюсар В.І., Кулик Р.В.</i> | |
| СИНТЕЗ ІЄРАРХІЇ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ 5G | 62 |
| <i>Слюсарь І.І., Слюсар В.І., Миронов О.В.</i> | |
| ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ В КВАДРАТУРНИХ КАНАЛАХ АЦПІ ТКСП З ЦДУ В УМОВАХ НЕІДЕНТИЧНОСТІ ДЖІТЕРА | 64 |
| <i>Слюсарь І.І., Слюсар В.І., Яковенко І.І.</i> | |
| ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЕЦИМАЦІЇ В ОПТИЧНИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ З N-OFDM | 66 |
| <i>Поночовний Ю.Л., Безугла К.Д.</i> | |
| ОБЧИСЛЕННЯ НАДІЙНОСТІ IT – СИСТЕМ З ПОСЛУГАМИ NAAS..... | 68 |
| <i>Поставний І.Л.</i> | |
| ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ IP- ТЕЛЕФОНІЇ | 69 |
| <i>Дегтярєва Л.М., Вишивцева К.С.</i> | |
| ВАРІАНТИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ХМАРНОГО СЕРЕДОВИЩА СИСТЕМ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ» | 70 |