

Голові спеціалізованої вченої ради

Д 41.816.01

65029, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1

ВІДГУК

· офіційного опонента

на дисертаційну роботу Яневича Олександра Костянтиновича

«Моделі та методи розрахунку характеристик систем передачі мережами електропроводки»,

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Розвиток і впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в економіці, в соціальній сфері призводить до того, що ІКТ відіграють все більш важливе значення у житті світового суспільства, перетворившись на одну з головних рушійних сил розвитку .

Зростаючі потреби людської цивілізації в збільшенні інформаційного обміну викликають стрімке зростання обсягів передаваної телекомунікаційними каналами інформації та необхідність збільшення пропускнуої здатності телекомунікаційних мереж.

Тенденцією останніх років розвитку ІКТ є невпинне збільшення кількості так званих «розумних» пристроїв, основне призначення яких полягає у підвищенні рівня комфорту кожної окремої людини та суспільства в цілому. «Розумні» пристрої (різноманітні датчики, прилади обліку спожитих ресурсів, відеокамери тощо) можуть застосовуватись як окремо, так і утворюючи певну систему взаємодії. На сьогодні такими системами часто виступають взаємопов'язані між собою концепції – «розумний будинок», «розумне місто», а також Інтернет речей (ІоТ), який об'єднує перші два поняття.

При розгортанні концепції «розумний будинок» часто застосовується технологія Broadband over Power Lines (BPL) – різновид Power Line Communication (PLC). Дана технологія дозволяє організувати передавання інформації по існуючій мережі будинкової електропроводки (МБЕ). Популярність технології PLC/BPL пояснюється швидкістю і простотою її розгортання у приміщеннях, де вже є МБЕ, низькими початковими капіталовкладеннями на етапі розгортання мережі, а також здатністю працювати з високою ефективністю по каналах зв'язку, що характеризуються швидкозмінними в часі та ненормованими частотними характеристиками.

ОНАЗ Ір.О.С. Попова
01. 01-33-196
19 06 2019

За прогнозами компанії Markets and Markets ринок обладнання PLC, що на 2017 рік оцінювався на рівні 5,47 млрд. доларів, до 2023 року досягне 9,45 млрд. доларів, тобто зросте майже вдвічі. Такі тенденції пояснюються збільшенням кількості «розумних» пристроїв, в тому числі M2M, зростанням ринку рішень для «розумних будинків» та «розумних міст».

Обсяги постачання PLC-обладнання, як очікується, зростуть з 41,2 млн. одиниць в 2011 році до 68,0 млн. в 2020 році – в середньому на 60,7 %.

З огляду на швидкий розвиток ІКТ в Україні, очевидно, що задачі дослідження ефективних технологій передавання інформації внутрішньобудинковими мережами доступу (ВМД), зокрема, технологій передавання PLC/BPL вітчизняними електромережами, є актуальними.

Для ефективного впровадження технологій PLC/BPL на ВМД України необхідно розробити моделі та методи розрахунку характеристик систем передачі BPL та на основі наукових досліджень надати науково обґрунтовані рекомендації з проектування та експлуатації обладнання і мереж PLC-доступу з урахуванням специфіки вітчизняних мереж будинкової електропроводки, оскільки будь-які нормативні і експлуатаційні стандарти і документи з проектування, побудови і експлуатації мереж доступу за технологіями PLC/BPL на сьогодні в державі відсутні.

2. Загальна характеристика роботи

Дисертація виконана в Одеській національній академії зв'язку ім. О.С. Попова, на кафедрі «Телекомунікаційних систем».

Робота присвячена розробці моделей і методів розрахунку характеристик систем передачі (СП) широкосмугового доступу мережами будинкової електропроводки за технологією PLC/BPL з урахуванням специфіки вітчизняних мереж.

У **вступі** розкрито зміст і стан задач дослідження. Наведено базові положення дисертаційної роботи, обґрунтовано актуальність та доцільність завдань і задач дослідження, відображено її зв'язок з науковими програмами, визначено мету роботи й коло вирішених завдань, показано її наукову новизну й практичну значимість для галузі зв'язку і виробництва засобів зв'язку, наведено інформацію про особистий внесок здобувача, апробацію та впровадження результатів роботи.

У **першому розділі** – «Сучасні технології широкосмугового доступу. Мережі доступу на основі мереж електроживлення» – виконано аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку технологій передавання інформації, що застосовуються при побудові мереж широкосмугового доступу. Визначено роль технологій PLC/BPL у цьому процесі. Розглянуто особливості технологій PLC, переваги та недоліки, варіанти реалізації та архітектуру мереж, сфери застосування, основні специфікації та стандарти. Обґрунтовано узагальнену модель СП мережами МБЕ за технологією PLC/BPL. Сформульовано основні переваги та недоліки СП ортогональними гармонічними сигналами (ОГС).

У **другому розділі** – «Метод розрахунку параметрів передачі мережі будинкової електропроводки» – розроблено метод розрахунку параметрів

передачі між двома довільними полюсами МБЕ, в основі якого лежить метод декомпозиції ланцюгів внутрішньобудинкової електропроводки та складання еквівалентної схеми МБЕ у вигляді каскадного з'єднання чотириполюсників і побудова матриці передачі, що дозволило спростити визначення значень параметрів передачі між двома полюсами МБЕ і відмовитись від розрахунку матриці розсіювання. З використанням розробленого методу проведено дослідження залежності робочих загасання та фази від частоти між двома довільними полюсами МБЕ за різних типів навантаження на відгалуженні, що входить до складу фрагменту МБЕ, побудованої із застосуванням проводу ППВ у діапазоні 0 – 30 МГц. Виконано аналіз отриманих результатів, в результаті якого встановлено залежність параметрів передачі МБЕ від діапазону значень реактивних навантажень. Розроблений метод може використовуватися під час моделювання, проектування та побудови ВМД із застосуванням технології PLC/VPL. Результати розрахунку та аналізу параметрів передачі можуть бути використані для корекції частотної характеристики загасання між двома полюсами МБЕ шляхом впливу на комплексні загасання навантажень інших відгалужень.

У **третьому розділі** – «Дослідження характеристик СП VPL за різних типів навантаження на відгалуженні МБЕ» – розроблено моделі СП VPL на основі Рекомендацій МСЕ-Т G.9960, G.9964 та виконано оцінку впливу реактивного навантаження відгалуження, що входить до складу МБЕ, утвореної з використанням вітчизняного електричного проводу типу ППВ, на швидкість передавання в СП VPL із застосуванням традиційних ОГС з урахуванням інтерференційних та зовнішніх адитивних завад. Результати моделювання показали, що максимальна досяжна швидкість передавання має місце у випадку рівності опору навантаження відгалуження та хвильового опору проводу відгалуження, до якого підключено навантаження, а реактивний опір навантаження на відгалуженні МБЕ призводить до зменшення швидкості передавання. На основі аналізу отриманих результатів моделювання розроблено рекомендації щодо побудови ВМД по МБЕ з використанням СП VPL в Україні.

У **четвертому розділі** – «Дослідження ефективності застосування ОГС узагальненого класу в СП VPL при роботі по МБЕ» – виконано дослідження ефективності застосування ОГС узагальненого класу (ОГС УК) в СП VPL при роботі по МБЕ в Україні. Для цього розроблено моделі СП VPL з використанням ОГС УК на основі Рекомендацій МСЕ-Т G.9960, G.9964. Здійснено моделювання інтерференційних завад та досяжної швидкості передавання у СП VPL із застосуванням ОГС УК при роботі по МБЕ, утвореної з використанням вітчизняного електричного проводу типу ППВ, за реактивного характеру навантаження на відгалуженні, що входить до складу МБЕ. За результатами моделювання виконано оцінку ефективності СП VPL з ОГС УК шляхом порівняння отриманих результатів для різних варіантів СП VPL та запропоновано рішення, на основі якого може бути розроблено алгоритм адаптації, який передбачатиме адаптивний, у залежності від змінних характеристик середовища поширення сигналів, вибір коефіцієнта розширення сигналу ОГС УК, що дозволить СП VPL працювати більш ефективно за рахунок визначення

оптимального коефіцієнта розширення сигналу за критерієм максимізації досяжної швидкості передавання інформації.

Дисертаційна робота написана сучасною науково-технічною мовою з логічним і послідовним викладенням матеріалу.

Автореферат містить загальну характеристику і короткий виклад основного змісту дисертації. Автореферат достатньо повно розкриває основний зміст дисертаційної роботи.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, рекомендацій, наданих в дисертації, їхня достовірність

Сформульовані у дисертаційній роботі нові наукові положення, висновки і рекомендації ґрунтуються на фундаментальних фізичних та загальнонаукових принципах, викладених у класичних монографіях та наукових публікаціях, на які є відповідні посилання.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, впливають із наступного:

- теоретичні дослідження базуються на фундаментальних положеннях і не суперечать відомим науковим фактам;
- теоретичні результати обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, теорії електричного зв'язку та теорії потенційної завадостійкості;
- достовірність отриманих автором прикладних результатів дослідження підтверджується результатами експериментів і комп'ютерного моделювання;
- отримані в дисертації наукові результати добре узгоджуються з відомими;
- матеріали дисертації доповідалися на шести міжнародних науково-технічних і науково-практичних конференціях та форумах.

4. Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі

Тематика дисертаційних досліджень відповідає напрямкам розвитку телекомунікацій, сформульованим у «Концепції розвитку телекомунікацій в Україні» Концепція розвитку телекомунікацій в Україні, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р., N 316-р (із змінами, внесеними згідно з Розпорядженням КМ N 1612-р (1612-2008-р) від 27.12.2008).

Результати досліджень дисертаційної роботи використані в госпдоговірній науково-дослідній роботі ДП «Одеський науково-дослідний інститут зв'язку» «Дослідження технології VDSL2 на мережі широкосмугового доступу ПАТ «Укртелеком», реєстраційний номер – 0116U008197. Робота виконана на замовлення ПАТ «Укртелеком». Результати досліджень дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес кафедри «Телекомунікаційні системи». Є акти впровадження.

Наукову новизну дисертаційної роботи визначають наступні результати:

1. Розвинуто модель і методику моделювання СП за технологією PLC/BPL мережами МБЕ, що дозволяють розрахувати основні характеристики СП:

потужність інтерференційних завад і швидкості передавання в залежності від характеристик МБЕ.

2. Запропоновано метод розрахунку параметрів передачі МБЕ, заснований на складанні еквівалентної схеми МБЕ у вигляді каскадного з'єднання чотириполюсників, що дозволяє розраховувати параметри передачі між двома довільними полюсами МБЕ без розрахунку матриці розсіювання.

3. Встановлено залежність параметрів передачі МБЕ від діапазону значень реактивних навантажень. Виявлено, що частотні спотворення характеристик каналу передачі є мінімальними, коли комплексний опір навантаження дорівнює хвильовому опору $Z_{xв}$ проводу відгалуження, до якого підключено навантаження.

4. Досліджено залежності інтерференційних завад та швидкості передавання інформації в СП ВРЛ із застосуванням традиційних ОГС від типу реактивного навантаження відгалуження, що входить до складу МБЕ, утвореної з використанням вітчизняного електричного проводу типу ППВ.

5. *Вперше* досліджено ефективність застосування ОГС УК в СП ВРЛ при роботі по МБЕ, утвореній з використанням вітчизняного електричного проводу типу ППВ, отримано оцінки швидкості передавання інформації у ВМД з урахуванням інтерференційних та адитивних завад.

5. Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

1. Метод розрахунку параметрів передачі МБЕ дозволяє визначити параметри передачі між двома довільними полюсами МБЕ. Метод можна використовувати під час проектування та побудови ВМД із застосуванням технології PLC/BPL.

2. Параметри передачі між двома довільними полюсами МБЕ за різних типів навантаження відгалужень, що входять до складу МБЕ, утвореної з використанням вітчизняного електричного проводу типу ППВ, у діапазоні частот від 0 до 30 МГц необхідні для проведення моделювання ВМД із застосуванням технології PLC/BPL.

3. Результати розрахунку та аналізу параметрів передачі можуть бути використані для корекції частотної характеристики загасання між двома полюсами МБЕ шляхом впливу на комплексні загасання навантажень інших відгалужень.

4. Оптимізація параметрів СП ВРЛ (кількості несучих ОГС за умови незмінної ширини спектру, довжини захисного інтервалу, коефіцієнту розширення сигналу) дозволяє збільшити досяжну швидкість передавання інформації, що може бути використано при розробці новітніх СП ВРЛ.

5. Залежності досяжної швидкості передавання інформації СП ВРЛ з урахуванням завад (інтерференційних та зовнішніх адитивних) від типу навантаження відгалуження, що входить до складу МБЕ, утвореної за допомогою проводу типу ППВ, є важливими у процесі побудови ВМД із застосуванням СП ВРЛ з урахуванням специфіки вітчизняних МБЕ.

6. Рекомендації щодо проектування та побудови ВМД з використанням технологій PLC/BPL доцільно застосовувати при проектуванні і плануванні розширення ВМД з урахуванням специфіки вітчизняних МБЕ.

7. Результати дослідження характеристик СП ВРЛ в залежності від коефіцієнта розширення сигналів ОГС УК можуть бути використані в алгоритмах оптимізації швидкості передавання інформації при розробці новітніх СП ВРЛ.

6. Повнота викладу результатів дисертації в наукових виданнях

Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно викладені у 8 друкованих працях, 6 з яких опубліковано в спеціалізованих виданнях, з яких чотири індексуються в наукометричній базі Index Copernicus, у патенті України та трьох монографіях (у співавторстві). Результати роботи доповідались і обговорювались на шести міжнародних науково-практичних та науково-технічних конференціях.

7. Зауваження до дисертаційної роботи

1. У дисертаційній роботі не обґрунтовано, чому дослідження проведено тільки на моделях, що оснований на Рекомендаціях МСЕ-Т G.9960 та G.9964.

2. У дисертаційній роботі запропоновано метод розрахунку параметрів передачі МБЕ, заснований на складанні еквівалентної схеми МБЕ, який виключає необхідність розрахунку матриці розсіювання. Слід було навести кількісні оцінки виграшу часу, який забезпечується при використанні запропонованого методу, а також точності отриманих результатів у порівнянні із існуючими методами.

3. При дослідженні залежності інтерференційних завад та швидкості передавання в СП ВРЛ від типу навантаження відгалуження МБЕ не розглянуто питання впливу навантаження у вигляді приладів з імпульсними блоками живлення.

4. У дисертаційній роботі не приділено достатньо уваги питанням побудови МБЕ: архітектурі МБЕ, взаємодії ВРЛ-модемів у мережі. В той же час слід визначити, що розділ 1 дисертації перевантажений описом відомих технологій передавання інформації, що застосовуються при побудові мереж широкосмугового доступу.

5. Слід було би більш обґрунтовано в якості оцінки ефективності СП ВРЛ використовувати коефіцієнт використання каналу за пропускнуою здатністю (інформаційна ефективність).

6. В розділі 4 дисертаційної роботи запропоновано підвищення ефективності СП ВРЛ здійснювати на основі коефіцієнта розширення сигналу α , що вибирається на підставі результатів розрахунків досяжної швидкості передавання з урахуванням інтерференційних завад, здійснюваних вбудованими в обладнання СП ВРЛ засобами. Слід було би не тільки сказати про адаптивний алгоритм підвищення ефективності, але й навести його сутність.

7. Розділи 3 та 4 перевантажені даними розрахунків, які зведені в таблиці та надані на рисунках. Бажано було би навести найбільш значні отримані результати, а низку інших звести у додатки.

8. Теоретичні напрацювання дисертаційного дослідження не підтверджені експериментально чи на підставі імітаційного моделювання.

8. Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні висновки

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, у якій послідовно і змістовно виконані теоретичні дослідження нової перспективної технології передачі для побудови внутрішньобудинкових мереж широкосмугового доступу і одержані практично важливі нові результати – розвинуто моделі та методику моделювання систем передачі і визначено характеристики систем передачі по вітчизняних мережах будинкової електропроводки в залежності від типу та величини реактивного навантаження на відгалуженні, що входить до складу мережі будинкової електропроводки.

1. Дисертація відповідає спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

2. Автореферат дисертації об'єктивно і достатньо повно відображає зміст, а також основні положення та висновки дисертації.

3. Матеріали дисертації апробовані на шести міжнародних науково-практичних та науково-технічних конференціях, а також опубліковані в наукових статтях (6 – в спеціалізованих виданнях, 4 – у виданнях, що входять до наукометричної бази Index Copernicus).

4. Незважаючи на вищезазначені недоліки та зауваження, можна зробити висновок про те, що дисертаційна робота Яневича Олександра Костянтиновича на тему «Моделі та методи розрахунку характеристик систем передачі мережами електропроводки» є завершеним дослідженням, в якому отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну науково-технічну задачу розробки і удосконалення моделей та методів оцінки характеристик систем передачі мережами електропроводки. Результати дисертаційного дослідження в сукупності є суттєвими для розвитку теорії та практики використання ефективних технологій передавання інформації внутрішньобудинковими мережами доступу. Розглянута дисертаційна робота відповідає вимогам п. 9, пп. 11 – 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 656 від 19.08.2015. що ставляться до кандидатських дисертацій, а її автор – Яневич Олександр Костянтинович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент

Професор кафедри «Комп'ютерної інженерії»
Одеської національної академії харчових технологій
Міністерства освіти і науки України,
д. т. н., професор

Н. О. Князєва

ПІДПИС
ЗА СВІДЧЕННЯ
ВЧЕНИЙ
СЕКРЕТАР

