

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі описано особливості передачі цифрових даних через електричні мережі та проаналізовано фактори, що впливають на якість і швидкість таких систем. Визначено сучасні методи оптимізації сигналу та мережевої архітектури, що дозволяють підвищити надійність і ефективність електричних комунікаційних систем.

Ключові слова: Електричні комунікаційні системи, передача даних, завадостійкість, оптимізація мережі, модуляція, адаптивні методи, OFDM.

Abstract

The paper investigates the features of digital data transmission over electrical networks and analyzes the factors affecting the quality and speed of such systems. Modern methods of signal optimization and network architecture are identified, which can increase the reliability and efficiency of electrical communication systems.

Keywords: Electrical communication systems, data transmission, noise immunity, network optimization, modulation, adaptive methods, OFDM.

Вступ

Використання електричних мереж для передачі цифрових даних привертає увагу завдяки можливості швидкого впровадження та низькій вартості розгортання. Сучасні електромережі можуть виконувати роль каналу зв'язку за умови застосування спеціальних методів модуляції, фільтрації та корекції сигналу. Проте фізична структура електромереж робить їх несприятливими для високошвидкісної комунікації, що зумовлює потребу в оптимізації. [1]

Результати дослідження

Аналіз фізичних властивостей електричних проводів показує, що вони створюють складне середовище для передавання даних. У таких мережах часто виникають різні види шумів, імпульсні перешкоди, а також нерівномірне загасання сигналу вздовж лінії [2]. Це пов'язано з тим, що електричні мережі спочатку не проєктувалися для передачі інформації, тому їхні параметри змінюються залежно від навантаження, стану проводки та підключених пристроїв.

Крім шумів, складність створює й топологія електромережі, рисунок 1. У реальних умовах вона може бути дуже розгалуженою, з великою кількістю відгалужень і різних типів споживачів. Такі фактори значно змінюють спектральні характеристики каналу та впливають на якість передачі даних.

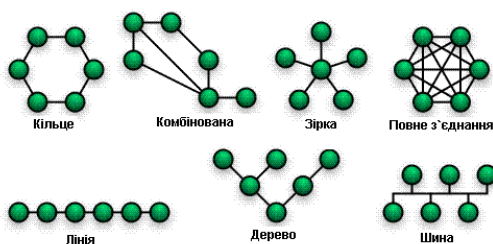


Рис. 1. Основні типи топологій мереж

У технічній документації Cisco також підкреслюється, що однією з головних проблем є зміна комплексного опору електричного кола змінного струму в реальному часі. Цей опір складається з активної частини (звичайний опір провідника) та реактивної, яка залежить від індуктивності й ємності мережі. Оскільки цей параметр нестабільний, сигнал може спотворюватися або послаблюватися непередбачуваним чином.

Щоб зменшити вплив завад і нестабільності електромережі на передачу даних, у сучасних системах використовують багаточастотні методи модуляції, зокрема OFDM. Ця технологія розділяє сигнал на багато вузьких частотних каналів, що дозволяє компенсувати спотворення та перешкоди. Якщо в певному діапазоні виникає сильний шум, система може просто не використовувати ці піднесучі частоти, перенісши дані на інші частоти з кращою якістю. Завдяки цьому підвищується надійність зв'язку та збільшується ефективна швидкість передачі [2], [3].

Дослідження різних мережевих архітектур — лінійних, розгалужених, змішаних, а також моделей «точка–точка» і «точка–багатоточка» — демонструють, що структура мережі суттєво впливає на якість зв'язку. Використання повторювачів та спеціальних фільтрів-розв'язок може збільшити дальність передавання сигналу на 30–50 %. Крім того, оптимізована топологія знижує вплив відбиттів сигналу, які зазвичай виникають у розгалужених мережах.

Підкреслюється також важливість комбінованих мереж, де електропроводка використовується разом із Wi-Fi або Ethernet. Як зазначено в дослідженнях IEEE Communications Society [3], подібні рішення дозволяють формувати більш гнучку інфраструктуру, де електромережа виступає одним із транспортних каналів, а бездротові технології забезпечують зручність підключення кінцевих пристроїв.

Основні методи покращення роботи таких систем:

- використання адаптивних алгоритмів модуляції, які підлаштовують параметри сигналу під умови каналу;
- компенсація спектральних викривлень і фільтрація імпульсних шумів;
- застосування повторювачів сигналу та «розумних» розподільчих пристроїв;
- оптимальне формування структури мережі та зменшення кількості зайвих відгалужень;
- інтеграція з бездротовими технологіями для підвищення гнучкості системи.

Усі ці підходи показують, що за умови правильного проєктування та оптимізації електричні мережі можуть ефективно використовуватися для передачі даних. Це робить їх придатними не лише для побутових потреб, а й для комунального та промислового застосування.

Висновки

Отже, електричні мережі можуть ефективно використовуватися як середовище передачі даних, якщо застосовувати оптимізовані сигнальні методи та адаптивні мережеві алгоритми. Використання комбінованих мереж підвищує стабільність і пропускну здатність, що робить такі системи перспективними для різних сфер застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Cisco Systems. Data Transmission over Electrical Networks. Cisco Open Technical Library, 2021.
2. Hanzo L., Keller T. OFDM and MC-CDMA for Broadband Multi-User Communications. Open Access Edition, Wiley, 2019.
3. IEEE Communications Society. Advances in Hybrid Networking Technologies, Open Access Papers, 2020.
4. Xu Y., Li Z. Interference Reduction Methods in Electrical Communication Channels. Journal of Communication Systems (Open Access), 2018.

Базалицька Марина Романівна— студентка групи ТСМ-24м, факультет інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mssbazalitska@gmail.com

Макогон Віталій Іванович - кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, makogon.v.i@vntu.edu.ua.

Bazalytska Maryna Romanivna— student of the TSM-24m group, Faculty of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mssbazalitska@gmail.com

Vitaly Ivanovich Makogon – candidate of technical sciences, senior lecturer of the department of information communication systems and technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: makogon.v.i@vntu.edu.ua.