

РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЇ PLC В СУЧАСНИХ УМОВАХ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ СПОЖИВАЧА

Холод Л.М., Сабурова С.О.

Регіональний центр ядра мережі, Харківська філія,
АТ «Укртелеком»,
Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії
ім. В.В. Поповського», ХНУРЕ, Україна

E-mail: leonid.kholod@nure.ua,
svitlana.saburova@nure.ua

Abstract

The article considers the directions of using PLC technology in modern conditions and issues of safety of human life during its use. The use of PLC technology in the market of automated energy metering systems has great prospects. PLC technology has opened the way to create automated information and measurement systems. The PLC technology is based on three key lines: for organizing a local system for a Narrowband and an office (BPL), organizing a system "Smart Dim" / "Smart Speeches" (Narrowband PLC and BPL) as well, as for securing automatic collection of information from electric power lines (Narrowband PLC).

Технологія Power line communication (PLC) базується на використанні силових електромереж для високошвидкісного інформаційного обміну. Новий поштовх для розвитку технологія PLC одержала у 2000 році, коли декілька значних лідерів ринку телекомунікацій, таких як Siemens, Nortel, Motorola та інші, об'єдналися в HomePlug Powerline Alliance для сумісного проведення наукових досліджень, практичних випробувань та прийняття єдиного стандарту на передачу даних по системам електроживлення. З появою стандартів HomePlug 1.0 (швидкість передачі даних до 14 Мб/с) та пізніше HomePlug AV (швидкість передачі даних до 200 Мб/с) PLC пристрої в режимі BPL (Broadband over Power Lines — широкополосна передача через лінії електромереж) одержали можливість обміну даними на цих швидкостях.

Технологія PLC буває двох класів: вузькополосна (Narrowband PLC) та широкополосна (Broadband over Power Lines BPL) [1].

Вузькополосна PLC відноситься до ліній зв'язку з низькою пропускнуою здатністю де використовується смуга частот нижче 500 КГц та надається швидкість в десятки Кбіт/сек, широкополосна PLC використовує більш широкий частотний діапазон та забезпечує швидкість в сотні Мбіт/сек, що дозволяє задіяти її для високошвидкісних додатків передачі даних, таких як Інтернет та телебачення високої чіткості.

Технологія PLC використовується у трьох ключових напрямках: для організації локальної мережі будинку та офісу (BPL), організації системи "Розумний дім" / "Розумні речі" (Narrowband PLC та BPL), а також для забезпечення автоматичного збору інформації з лічильників електричної енергії (Narrowband PLC).

Стосовно напрямку організації систем "Розумний дім" або "Розумні речі", то на даний момент цей напрямок у використанні технології PLC досить інтенсивно розвивається, особливо в країнах західного світу. Можна навести декілька прикладів: «розумні» лампи електроосвітлення фірми Philips Philips Hue lights (ціна в Україні 1 295 грн), що можуть відтворювати всі відтінки білого кольору, від теплого до холодного та повний спектр кольорів, споживаючи на 80% менше за лампи розжарювання [2].

Philips Hue lights можна об'єднувати в мережі та управляти через додаток у «Андроїд». Samsung випускає розумний холодильник T9000 (ціна близько 4500\$) з вбудованим планшетом, в якому встановлені не тільки такі традиційні додатки, як Epicurious і Evernote, а й унікальні програми для контролю за станом та витратою продуктів. Фірма iRobot випускає роботів-прибиральників Mint (530\$), що можуть прибирати в квартирі навіть вночі, без участі людини. Цей список можна продовжувати доволі довго: «розумні» замки, вікна, каструлі, кавоварки, бойлери, системи опалення та інші.

Найбільш вагомими перевагами технології PLC – це легка масштабованість мережі, простота використання (не потребує додаткової прокладки та монтажу кабелів зв'язку – використовується діюча мережа електропроводки) та, як сказано вище, можливість реалізації системи "розумний дім", проте, в реаліях сьогоденної України, з прийняттям нового Кодексу комерційного обліку електричної енергії (ККОЕЕ) у 2018р. зі змінами від 20.03.2020 року, розвиток PLC напрямку автоматичного збору інформації з лічильників електричної енергії отримав, фактично, законодавчу основу.

Мається на увазі впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ), розробкою та інсталяцією яких, зокрема, активно займається ДП НДІ «Система», м. Львів. Окрім того, в цьому ж сегменті економічної діяльності активно використовуються й системи локального обладнання збору та обробки даних (ЛОЗОД), збір та передача даних в яких також основана на технології PLC [3].

Основа технології PLC – це використання частотного розділення сигналу, при якому високошвидкісний потік даних розбивається на декілька відносно низькошвидкісних потоків, кожний з яких передається на окремій піднесучій частоті з послідовним їх об'єднанням в один сигнал.

При використанні звичайного частотного мультиплексування (FDM - Frequency-Division Multiplexing) захисні інтервали (Guard Band) між піднесучими, необхідні для запобігання взаємному впливу сигналів, досить великі, тому доступний спектр використовується не досить ефективно. В разі використання ортогонального частотно-роздільного мультиплексування (OFDM), центри піднесучих частот розміщені так, що пік кожного послідовного сигналу співпадає з нульовим значенням попередніх (рис.1). Таке розміщення дозволяє більш ефективно використовувати доступну смугу частот.

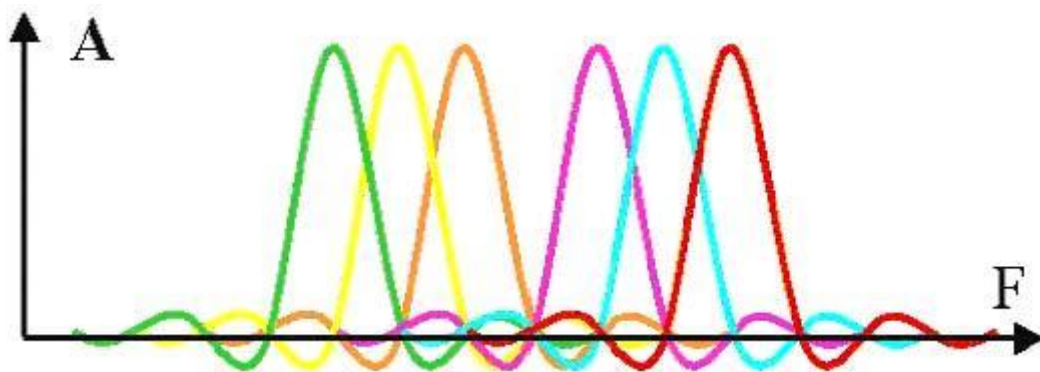


Рис.1 OFDM

Перед тим як окремі піднесучі частоти будуть об'єднані в один сигнал, вони зазнають фазової модуляції, кожна – зі своєю послідовністю біт.

Після цього всі вони проходять через банк фільтрів (PowerPacket engine) та збираються в єдиний інформаційний пакет, який ще називають OFDM-symbol. На рис. 2 наведено приклад відносної

квадратурної фазової модуляції (DQPSK - Differential Quadrature Phase Shift Keying) на кожній з 4-х піднесучих частот в діапазоні 4-5 МГц.

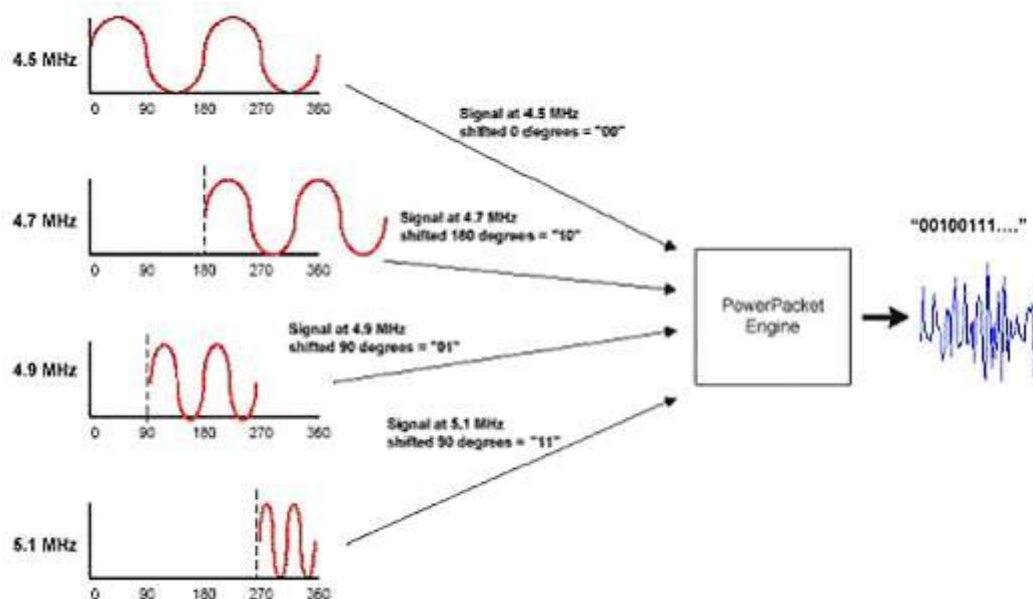


Рис. 2 DQPSK модуляція

На практиці в технології PLC використовується 1536 піднесучих частот з виділенням 84 найліпших в діапазоні від 2 до 34 МГц, що відповідає довжині хвилі від 150 до 8,82 м.

При впровадженні технології PLC, яка використовує короткохвильовий піддіапазон радіочастотного діапазону можуть бути випадки негативного впливу на організм людини в умовах дії електромагнітного випромінювання. Джерелом випромінювання можуть бути будь-які елементи, які включені в електричну інфраструктуру. В даному випадку джерелом випромінювання в першу чергу є: електропроводка будинку, квартири або офісу, електричні кабелі виступають в ролі антен, які випромінюють високочастотний сигнал, а зважаючи на топологію електропроводки будинку, квартири чи офісу, можна вважати, що людина знаходиться практично всередині «клітки» з високочастотним випромінюванням. При цьому рівень потужності передавача сягає 75 мВт, що для низьковольтних електричних мереж є великою потужністю навіть стосовно рівня електромагнітних завад згідно вимог норм ДСТУ ІЕС 61000-3-8:2010 [3].

Електромагнітне поле (ЕМП) характеризується довжиною хвилі λ , м або частотою коливань:

$$\lambda = cT = \frac{c}{f}, \quad (1)$$

де $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – швидкість розповсюдження радіохвиль;

f – частота коливань, Гц;

T – період коливань, с.

Розрізняють зони впливу ЕМП – ближню, проміжну та дальню, в залежності від частот електромагнітного поля, параметрів і типу випромінюючої системи, відстані від джерела випромінювання.

При всеспрямованому (ізотропному) випромінюванні ближня зона поширюється на відстань, м:

$$r_{бл.з} \leq \frac{\lambda}{2\pi}, \quad (2)$$

отже, ближня зона впливу ЕМП для PLC нормативно складе від 23,88 до 1,4 м і вплив електромагнітного випромінювання на людину буде постійним. В результаті тривалого перебування в зоні дії електромагнітних полів настає передчасна стомлюваність, сонливість, головний біль, розлади нервової системи та інші.

Можлива інтенсивність електромагнітного поля при ізотропному випромінюванні в ближній зоні визначається за формулами:

$$E = \frac{I_{np} l}{2\pi\epsilon\omega r^2}, \quad (3)$$

$$H = \frac{I_{np} l}{4\pi r^2}. \quad (4)$$

де r - відстань від джерела випромінювання, м;

I_{np} - струм в провіднику (антені), А;

l - довжина провідника (антени), м;

ϵ - діелектрична проникність середовища, Ф/м;

$\omega = 2\pi f$ – циклічна (кругова) частота поля, c^{-1} .

Електромагнітні випромінювання з частотою до 300 МГц розбиті на діапазони, для яких встановлені граничнодопустимі рівні напруженості електричної (В/м) та магнітної (А/м) складової поля. Згідно ГОСТ 12.1.006-84: «Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях та вимоги до проведення контролю», ці складові для діапазону частот $3 \cdot 10^6$ - $3 \cdot 10^7$ Гц не повинні перевищувати 20 В/м і 0,3 А/м [4].

На основі приведених розрахунків (1-4), інтенсивність напруженості електричної складової електромагнітного поля в ближній зоні становить в середньому 0,44 В/м, що відповідає нормам (ГОСТ 12.1.006-84: «Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях та вимоги до проведення контролю») [4].

Висновки

Технологія PLC використовує короткохвильовий піддіапазон радіочастотного діапазону, одна з характеристик якого – електромагнітне випромінювання, здатне негативно впливати на організм людини.

На прикладі результатів проведених розрахунків реалізовано забезпечення вимог стандарту ГОСТ 12.1.006-84: «Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях та вимоги до проведення контролю», щодо системи безпеки споживачів та підтверджує правочинність впровадження і розвитку технології PLC в Україні та світі.

Література:

1. Тебуев, М.-Б. И., Тебуев, Т.-Б. И. Технология Power line communication: Расчет эффективности линии передачи данных. Международный научно-исследовательский журнал №4, Екатеринбург, - 2016, - С.С.199-201

2. Борченко Е.А. PLC-технология передачи данных в современных системах учета электроэнергии. М. – журнал «ИСУП», № 5(29).-2010.- С.С.18-21.

3. ДСТУ 7092:2009 Совместимость технических средств электромагнитная. Передача сигналов по низковольтным электрическим сетям. Уровни сигналов, полосы частот и нормы электромагнитных помех (ГОСТ 30804.3.8-2002 (МЭК 61000-3-8:1997), MOD; IEC 61000-3-8:1997, NEQ). [Электронный ресурс]. - 2021.- Доступ до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/?option=com_searchonline.

4. ГОСТ 12.1.006-84 Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля, [Электронный ресурс].- 2021- Доступ до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/?option=com_searchonline.