

ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕНЕРГЕТИКА

DOI 10.31891/2307-5732-2021-303-6-7-14

УДК 621.315.1

ЯРОШ Я. Д.

Поліський національний університет

ORCID: 0000-0001-6590-7058

e-mail: yaroslav.yarosh76@gmail.com**ГОНЧАРЕНКО Ю. П., ПОЛЕЩУК І. І.**

Поліський національний університет

ОНИСЬКО В. В.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

**ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО СТВОРЕННЯ ДИСТАНЦІЙНО ДІАГНОСТИЧНОГО ПРИСТРОЮ
ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РОЗГАЛУЖЕНИХ
ПОВІТРЯНИХ ЛЕП 6–35 КВ НА ОСНОВІ АКТИВНОГО ЗОНДУВАННЯ**

У статті запропоновано визначити місця пошкодження розгалуженої лінії електропередачі з декількома джерелами живлення, а саме запропоновано створити пристрій діагностування ліній електропередачі. Пристрій діагностування ліній електропередачі призначений для виділення пошкодженого відгалуження в розгалужених повітряних ліній електропередачі, і вимірювання відстані до місця пошкодження. Робота пристрою полягає у тому, що вимірювачами неоднорідності кабелів і ліній вимірюють час запізнення імпульсів зондування, відбитих від місця пошкодження розгалуженої лінії електропередачі, з початку основної лінії і з її кінця. Далі проводять порівняння сумарного часу запізнення імпульсів зондування, відбитих від місця пошкодження розгалуженої лінії електропередачі, з часом проходження імпульсів зондування по основній лінії електропередачі, якщо час запізнення рівний, то пошкодження знаходиться на основній лінії електропередачі, а якщо час запізнення нерівний, то пошкодження знаходиться на відгалуженні. Потім за даними отриманих вимірів обчислюють точне місце пошкодження на лінії електропередачі. Технічним результатом є підвищення точності визначення місць пошкоджень на розгалужених лініях електропередачі з багатостороннім живленням за рахунок залучення апріорної інформації (відомі всі неоднорідності справної лінії електропередачі) і про місця неоднорідності лінії електропередачі (розгалуження) та вимірюванням часу запізнення імпульсів, що зондують вимірювачами неоднорідності кабелів і ліній. Запропонований підхід не передбачає використання специфічних приладів виміру значень струмів та напруг, а базується лише на вимірюванні часу запізнення імпульсів зондування за допомогою вимірювачів неоднорідності ліній. Визначаючи важливість постійної діагностики технічного стану ліній електропередачі в статті показано один з реальних шляхів створення дистанційного діагностичного пристрою, який може бути реалізований на сучасній елементній базі та комп'ютерній техніці.

Ключові слова: лінії електропередачі, контроль, технічний стан, зондування, дистанційний пристрій.

YAROSLAV YAROSH, Y. GONCHARENKO, P. POLESCHUK

Polis National University

V. ONISKO

National Center for Space Management and Testing

**PROPOSALS FOR THE ESTABLISHMENT OF A REMOTE DIAGNOSTIC DEVICE FOR CONTROL
OF THE TECHNICAL CONDITION OF OVERHEAD TRANSMISSION LINES 6-35 KV**

Today, the main activity of Ukrainian electricity companies is to meet the ever-growing needs of Ukrainian consumers in quality and reliable electricity supply. For this purpose, constant work is carried out on the reconstruction of electrical networks and construction of new energy facilities on the basis of a new regulatory framework adapted to world standards. The article proposes to determine the location of damage to a branched power line with several power sources, namely, to create a device for diagnosing power lines. The device for diagnosing power lines is designed to isolate the damaged branch in the branched overhead power lines, and measure the distance to the place of damage. The operation of the device is that the meters of inhomogeneity of cables and lines measure the delay time of the probing pulses reflected from the place of damage of the branched power lines, from the beginning of the main line and from its end. Next, the total delay time of the probing pulses reflected from the place of damage of the branched transmission line is compared with the time of passage of the probing pulses on the main transmission line, if the delay time is equal, the damage is on the main transmission line. branch. Then, based on the obtained measurements, the exact location of the damage on the power line is calculated. The technical result is to increase the accuracy of determining the location of damage on branched transmission lines with multilateral power supply by attracting a priori information (known all the inhomogeneities of a good transmission line) and the location of the transmission line inhomogeneity (branching) and measuring. The proposed approach does not involve the use of specific instruments for measuring current and voltage values, but is based only on measuring the delay time of probing pulses using line inhomogeneity meters. Determining the importance of constant diagnostics of the technical condition of power lines in the article shows one of the real ways to create a remote diagnostic device that can be implemented on modern elements and computer technology.

Keywords: power lines, control, technical condition, sounding, remote device.

Постановка проблеми

На сьогодні головним напрямом діяльності електропідприємств України є забезпечення постійно зростаючих потреб споживачів України у якісному та надійному електропостачанні. Для цього проводиться постійна робота з реконструкції електричних мереж та спорудження нових енергетичних об'єктів на основі

нової нормативної бази, адаптованої до світових стандартів. Точне визначення місця пошкодження (ВМП) на лініях складне та актуальне завдання автоматики розподільних електричних мереж 6–35 кВ, вирішення якої дозволяє суттєво скоротити час знаходження ЛЕП у ремонті після її аварійного відключення. Існуючі методи та технічні засоби ВМП, що застосовуються в даний час у мережах 6–35 кВ, не завжди забезпечують селективність та необхідну точність визначення місця пошкодження, насамперед у мережах, що містять лінії з розгалуженнями. Крім цього необхідно дистанційно діагностувати технічний стан ЛЕП, а саме:

- температуру дротів ЛЕП;
- несанкціонований відбір електроенергії;
- якість ізоляторів;
- якість з'єднання дротів ЛЕП;
- вплив на передачу електроенергії довкілля (рослинність, знаходження об'єктів біля, або під ЛЕП та ін.).

Тому вдосконалення методів та технічних засобів діагностики у мережах 6–35 кВ, насамперед, що містять повітряних ліній (ПЛ), є актуальною завданням.

Аналіз останніх джерел

Нові методи та засоби ВМП, що розробляються, в тому числі з використанням методів активного зондування ПЛ, досліджено у роботах Г.М. Шалита, А.Л. Кулікова, Г.М. Лебедева, Є.В. Закамського, Д.М. Кудрявцева, але пропонувані технічні рішення орієнтовані переважно на магістральні лінії та не враховують:

- сильну розгалуженість Л 6–35 кВ та швидке згасання сигналів зондування за таких умов;
- неоднозначність ВМП повітряних ліній (ПЛ) 6–35 кВ за наявності розгалужень;
- помилки ЗМП при активному зондуванні складними широкосмуговими сигналами, які викликані дисперсійними властивості ліній;
- можливості по об'єднанню інформації, отриманими різними засобами при ЗМП ЛЕП;
- техніко-економічні особливості експлуатації ЛЕП 6–35 кВ, які визначають ефективність застосування методів активного зондування.

Докладніше показано в [1].

Методи (способи) визначення місць пошкоджень в розгалужених повітряних ЛЕП на основі активного зондування

На тепер розроблено багато способів ВМП для ліній, що мають розгалуження наприклад, способи які захищені авторськими правами [2–6].

На наш погляд, один із способів, який міг бути основою діагностичного пристрою ЛЕП – «Спосіб визначення місця пошкодження розгалуженої лінії електропередачі з декількома джерелами живлення» UA 121486 C2 10.06.2020 р.

Спосіб визначення місця пошкодження розгалуженої лінії електропередач з декількома джерелами живлення належить до електротехніки, а саме до діагностики ліній електропередач (ЛЕП) і призначений для виділення пошкодженого відгалуження в розгалужених повітряних ЛЕП, і вимірювання відстані до місця пошкодження. Спосіб полягає у тому, що вимірювачами неоднорідності кабелів і ліній вимірюють час запізнення імпульсів зондування (ІЗ), відбитих від місця пошкодження розгалуженої ЛЕП, з початку основної лінії і з її кінця. Далі проводять порівняння сумарного часу запізнення ІЗ, відбитих від місця пошкодження розгалуженої ЛЕП, з часом проходження ІЗ по основній ЛЕП, якщо час запізнення рівний, то пошкодження знаходиться на основній ЛЕП, а якщо час запізнення нерівний, то пошкодження знаходиться на відгалуженні. Потім за даними отриманих вимірів обчислюють точне місце пошкодження на ЛЕП. Технічним результатом є підвищення точності ВМП на розгалужених лініях електропередачі з багатостороннім живленням за рахунок залучення апріорної інформації (відомі всі неоднорідності справної ЛЕП) і про місця неоднорідності ЛЕП (розгалуження) та вимірюванням часу запізнення імпульсів, що зондують (ІЗ) вимірювачами неоднорідності кабелів і ліній.

Задачею винаходу, що заявляється, є підвищення точності ВМП на розгалужених лініях електропередачі з багатостороннім живленням за рахунок залучення апріорної інформації (відомі всі неоднорідності справної ЛЕП) і про місця неоднорідності ЛЕП (розгалуження) та вимірюванням часу запізнення імпульсів, що зондують (ІЗ) вимірювачами неоднорідності кабелів і ліній.

Поставлена технічна задача вирішується таким чином, що вимірювачами неоднорідності кабелів і ліній вимірюють час запізнення імпульсів зондування (ІЗ), відбитих від місця пошкодження розгалуженої ЛЕП, з початку основної лінії і з її кінця, далі проводять порівняння сумарного часу запізнення ІЗ відбитих від місця пошкодження розгалуженої ЛЕП з часом проходження ІЗ по всій основній ЛЕП, у випадку якщо час запізнення рівний, то пошкодження знаходиться на основній лінії ЛЕП, якщо нерівний, то пошкодження знаходиться на відгалуженні, потім за даними отриманих вимірів обчислюють точне місце пошкодження ЛЕП.

Заявлений спосіб здійснюється таким чином. Нехай ЛЕП, що наведена на рис. 1, складається з $N = 1, \dots, 3$ відгалужень. Тоді модель ділянки ЛЕП можна побудувати наступним чином:

L1 – відстань від початку лінії до 1-го відгалуження; L2 – відстань від 1-го відгалуження до 2-го; L3 – відстань від 2-го відгалуження до 3-го; L4 – відстань від 3-го відгалуження до кінця лінії; K1, K2, K3 –

довжина 1-го, 2-го, 3-го розгалужень, відповідно. Знаючи швидкість V поширення електричних ЗІ в лінії передачі, апіорно визначають час запізнювання ЗІ для кожної ділянки лінії:

$\Delta t_1 = 2 \cdot L_1/V$ – ділянка L1; $\Delta t_2 = 2 \cdot L_2/V$ – ділянка L2; $\Delta t_3 = 2 \cdot L_3/V$ – ділянка L3; $\Delta t_4 = 2 \cdot L_4/V$ – ділянка L4; $\Delta t_5 = 2 \cdot K_1/V$ – ділянка K1; $\Delta t_6 = 2 \cdot K_2/V$ – ділянка K2; $\Delta t_7 = 2 \cdot K_3/V$ – ділянка K3. Тоді час запізнювання ЗІ при розповсюдженні вздовж основної лінії без розгалужень визначається як $\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4$. Для визначення місця пошкодження на початку і в кінці ЛЕП підключають

вимірювачі неоднорідності кабелів і ліній P5-5 (P5-10, P5-15 та ін). На рис. 1 вони зазначені як **1** та **2**.

Розглянемо два випадки визначення місця пошкодження ЛЕП.

Випадок 1. Пошкодження знаходиться на основній лінії (рис. 2). Умовою знаходження пошкодження на основній ділянці лінії без розгалуження є те, що сума часів запізнювання ЗІ, яка виміряна приладами виміру неоднорідності кабелів і ліній P5-5, що підключені до початку Δt_{31} і кінця лінії Δt_{32} буде дорівнювати апіорному часу запізнювання ЗІ при розповсюдженні вздовж основної лінії без розгалужень, тобто:

$$\Delta t_{31} + \Delta t_{32} = \Delta t. \tag{1}$$

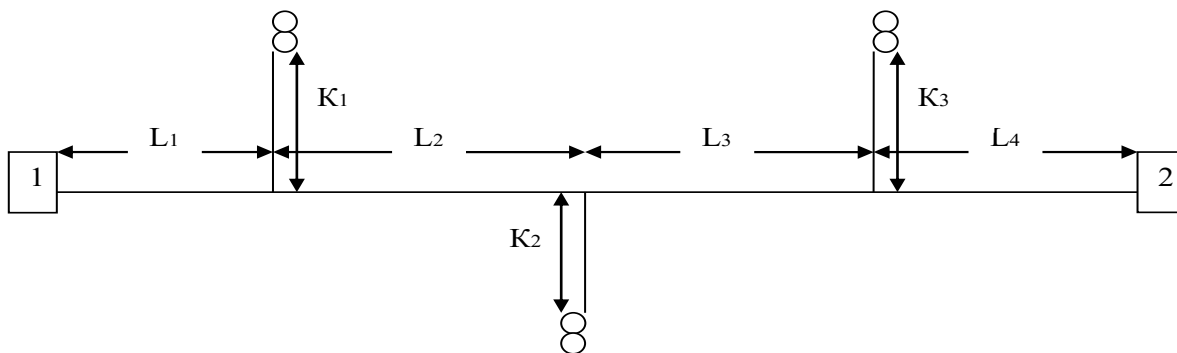


Рис. 1. Модель ділянки ЛЕП

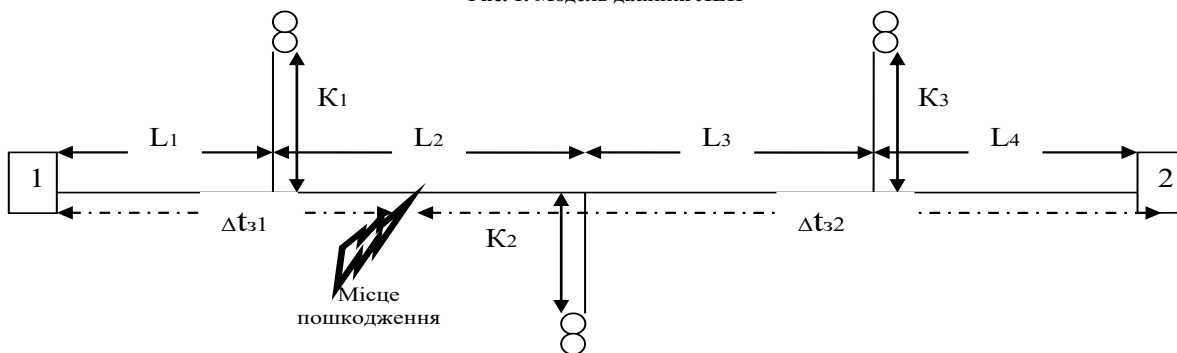


Рис. 2. Модель ділянки ЛЕП (пошкодження знаходиться на основній лінії)

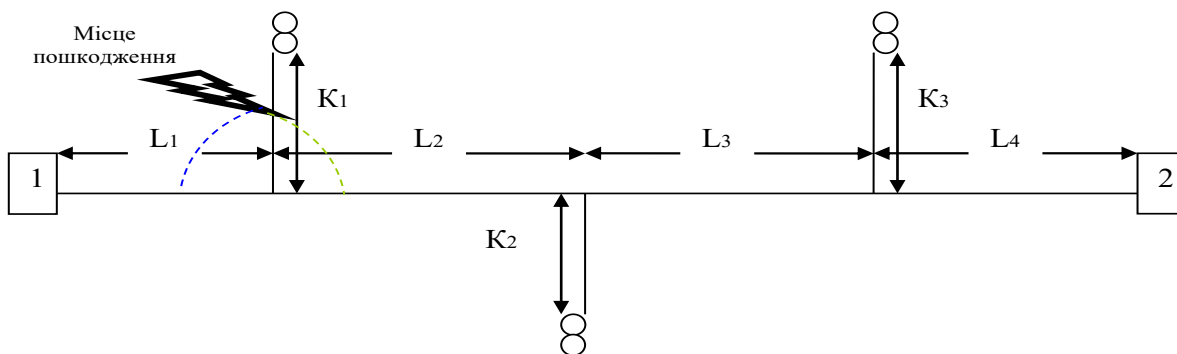


Рис. 3. Модель ділянки ЛЕП

Тоді відстань до пошкодженої ділянки від початку лінії електропередачі (L_p) дорівнює:

$$L_p = \Delta t_{31} V / 2. \tag{2}$$

Випадок 2. Пошкодження лінії електропередачі знаходиться на відгалуженні. Припустимо, що місце пошкодження знаходиться на першому відгалуженні K1, як показано на рис. 1. Час запізнювання ЗІ від місця пошкодження ΔT_{31} що виміряний приладом, який підключений до початку лінії, є сума часу запізнювання $\Delta t_{31} = \Delta t_1$ і часу запізнювання від першого відгалуження до місця пошкодження Δt_p :

$$\Delta T_{31} = (\Delta t_{31} + \Delta t_p). \tag{3}$$

Аналогічно, час запізнювання ЗІ від місця пошкодження ΔT_{32} , що виміряний приладом, який підключений до кінця лінії, являє суму часів запізнювання $\Delta t_{32} = \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4$ і часу запізнювання 15 від першого відгалуження до місця пошкодження $\Delta t_{п1}$:

$$\Delta T_{32} = (\Delta t_{32} + \Delta t_{п1}). \tag{4}$$

Таким чином, умовою знаходження місця пошкодження на відгалуженні основної лінії є те, що сума часів запізнювання ЗІ, що виміряна приладами на початку і в кінці лінії буде більше априорного часу запізнювання ЗІ всієї ділянки без розгалужень:

$$\Delta T_{31} + \Delta T_{32} > \Delta t. \tag{5}$$

З рівнянь (1), (3), (4) визначимо $\Delta t_{п1}$:

$$\Delta T_{31} + \Delta T_{32} - \Delta t = (\Delta T_{31} + \Delta t_{п1}) + (\Delta t_{32} + \Delta t_{п1}) - \Delta t = 2\Delta t_{п1}.$$

$$\Delta t_{п1} = (\Delta T_{31} + \Delta T_{32} - \Delta t) / 2.$$

Порівнюючи значення $(\Delta T_{31} - \Delta t_{п1})$ із сумою априорних значень Δt_N , де $N = 1, \dots, 3$, можливо однозначно визначити номер розгалуження N і відстань до місця пошкодження лінії електропередачі від її початку $L_{п1}$:

$$L_{п1} = \Delta T_{31} V / 2.$$

Переваги способу:

- дешевизна реалізації даного способу (використання покупних виробів та приладів, які знаходяться на зберіганні);
 - точність ВМП залежить від виду зонduючого сигналу та методу вимірювання;
 - можливість використання одного вимірювача неоднорідності кабелів і лінії, що підвищує надійність;
 - можливість подальшої модернізації даного способу;
 - визначена нових неоднорідності ЛЕП, які не критичні до передачі електроенергії.
- ЕП, як модель лінії з розподіленими параметрами.

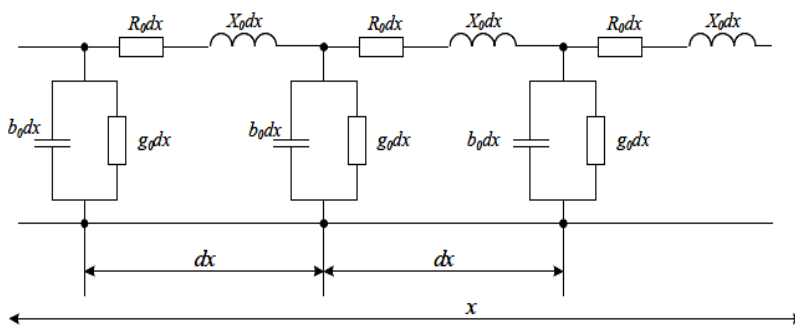


Рис. 4. Схема заміщення довгої лінії з розподіленими параметрами.

По схемі заміщення Рис. 4 можна пояснити, яким чином впливають негативні фактори на якість передачі електроенергії вказаних на початку даної статі. Температура дротів, якість з'єднання дротів – зміна величини $R_0 dx$, $X_0 dx$. Несанкціонований відбір електроенергії, якість ізоляторів вплив на передачу електроенергії довкілля (рослинність, знаходження об'ємних об'єктів біля, або під ЛЕП) – $g_0 dx$, $b_0 dx$. Виходячи із вказаного приходимо до висновку, що всі негативні фактори змінюють хвильових опір довгої лінії, створюючи неоднорідності в ЛЕП. А їх можна визначити за допомогою активного зондування. Проблема полягає в тому ці неоднорідності можуть бути малими за амплітудою і активне зондування не зможе виявити відбитий сигнал від однорідності так, як потужність завад можуть бути більшими.

Вирішення проблеми можливо наступними методами:

- підвищення потужності зонduючого сигналу;
- накопичення відбитих сигналів;
- використання широкосмугових сигналів (ЛЧМ, КФМ) та їх оптимальна обробка;
- використання широкосмугових сигналів (ЛЧМ, КФМ) та їх накопичення з подальшою оптимальною обробкою;
- використання спеціально сформованих сигналів та їх оптимальна обробка.

Всі вказані методи спрямовані на підвищення відношення сигнал-шум (С/Ш) (відношення енергії корисного сигналу до спектральної густини завади). Підвищення потужності зонduючого сигналу з метою підвищення відношення сигнал-шум (С/Ш) не доцільно так, як відбиті сигнали від неоднорідності можуть ввести перші каскади підсилювачів в режим насичення і ми не отримаємо бажаного результату. Накопичення відбитих сигналів. В наш час, час цифрової обробки сигналів, когерентно накопичення проходить в спец обчислювачах, що дозволяє добитися необхідного результатів, а саме виділити відбитий сигнал на фоні шумів див рис. 5 – рис. 9.

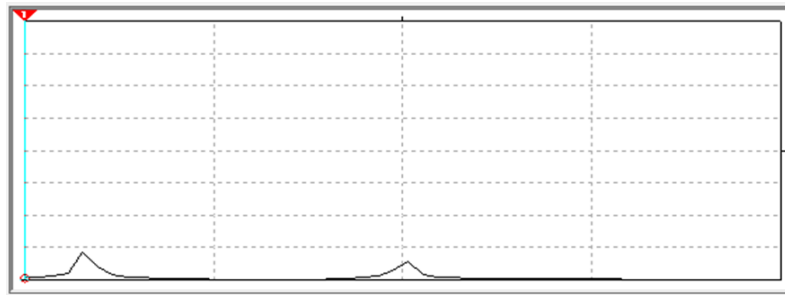


Рис. 5. Відбиті сигнали без шумів

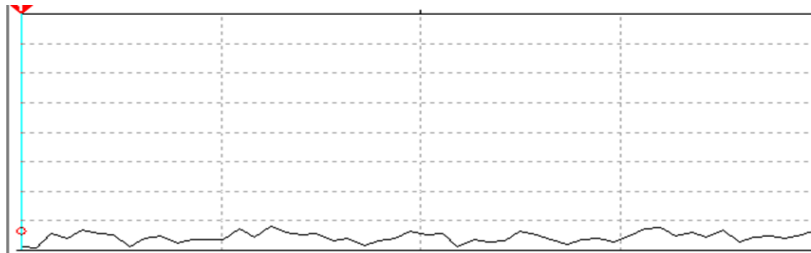


Рис. 6. Відбиті сигнали з шумами без накопичення

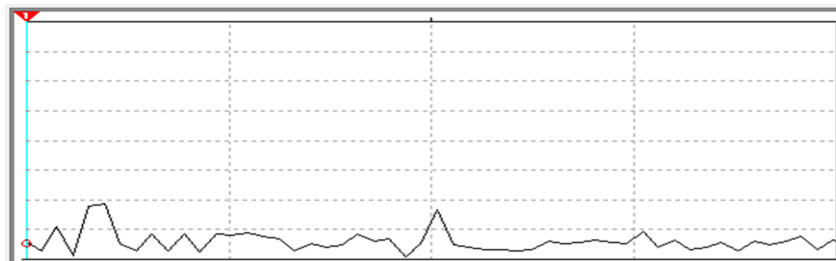


Рис. 7. Відбиті сигнали на фоні шумів при трьох циклах накопичення

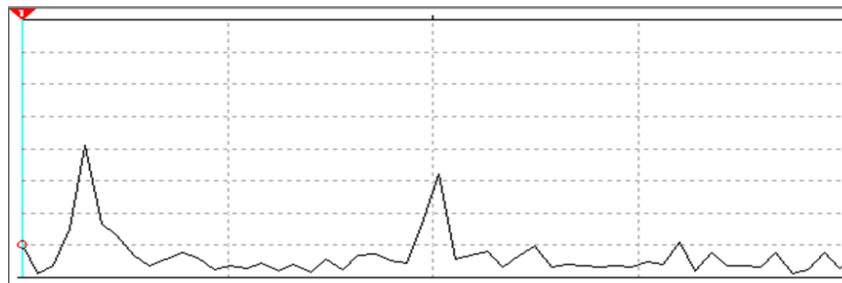


Рис. 8. Відбиті сигнали на фоні шумів при п'яти циклах накопичення.

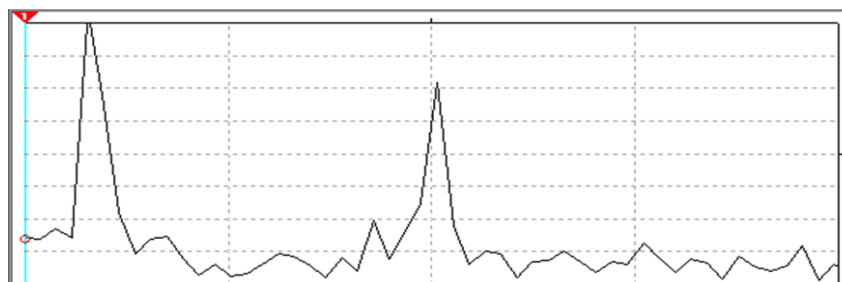


Рис. 9. Відбиті сигнали на фоні шумів при восьми циклах накопичення

Широкопasmові сигнали, спеціально сформовані широкопasmові сигнали використовуються в сучасних радіолокаційних станціях. При оптимальній обробці сигналів відношення С/Ш може бути більше ніж 10000 разів. Можна підвищити розподільну здатність по відстані (розпізнати близько розташовані сигнали) [7].

За розрахунками, якщо використати псевдо безперервного ЛЧМ сигнал, врахувати дисперсійні властивості ЛЕП то відношення С/Ш може досягнути майже 40000 раз. Це все одно що передавач з потужності 100 Вт замінити на передавач 4 МВт. На рис. 10. показано порядок формування псевдо безперервного ЛЧМ сигналу.

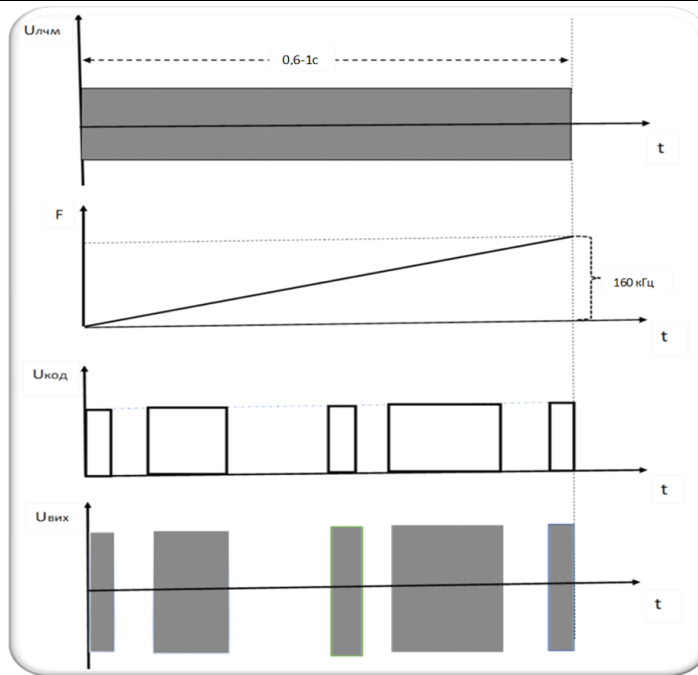


Рис. 10. Формування псевдо безперервного ЗС

Для створення дистанційного діагностичного пристрою, пропонуємо використання технологія програмно-конфігурованого радіо. В результаті розвитку нових технологій у обчислювальній техніці та мікроелектроніці та впровадження їх у радіотехніку активний розвиток отримав напрямок, названий програмно-конфігурованим (визначеним) радіо (SDR) [8]. Вважається, що SDR є новою технологією побудови радіосистем, за якої певна частина обробки сигналу відбувається у цифровому вигляді за допомогою програмних засобів. Перехід від аналогових сигналів до цифрових здійснюється за рахунок аналого-цифрових та цифро-аналогових перетворювачів (АЦП та ЦАП відповідно). У міру зростання швидкості роботи перетворювачів та мікропроцесорних обчислень поступово збільшувалися верхня межа частотного діапазону та смуга сигналу, доступна для цифрової обробки. Якщо в перших SDR системах сигнал, що приймався, оцифрувався на проміжній частоті, яка становила сотні кілогерців, то в сучасних SDR системах повністю цифрова обробка здійснюється для частот до 50 МГц, а зараз ще вище. В результаті в цьому частотному діапазоні на одній апаратній платформі може бути створено безліч РТС, що виконують різні функції, такі як: зв'язок, локація, зондування та ін. Отже, на сьогодні для РТС КВ і УКВ діапазону є можливість виконання над сигналом усіх операцій (синтез, модуляція, демодуляція та фільтрація) лише у цифровому вигляді.

Приймач та передавач, реалізують дані алгоритми модуляції та демодуляції у SDR технології схематично представлені на рис. 11).

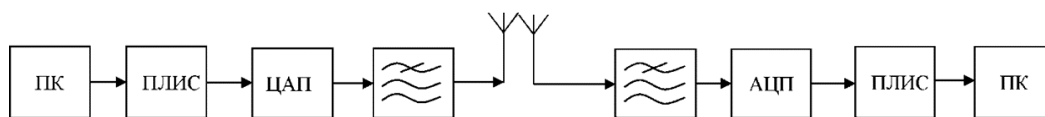


Рис. 11. Типова структурна схема повністю цифрової SDR:
а) радіопередавач; б) радіоприймач

Як приклад, розглянемо найвідоміші апаратні SDR системи з повністю цифровою обробкою сигналу:

- універсальна апаратна платформа USRP N210 компанії Ettus Research [9];
- цифровой приемник WR-G33DDC 'EXCALIBUR Pro' компании Winradio [10];
- радіоаматорський трансівер FLEX-6700 компанії FlexRadio Systems [11].

Основні параметри цих систем вказані у таблиці 1. Перевага платформи USRP перед іншими полягає у більш широкій смузі приймального каналу, гнучкішій апаратній платформі, побудованій за модульним принципом, ширшої підтримки програмного забезпечення для керування апаратурою та обробки сигналу, у тому числі з відкритим кодом. Для посилення сигналу передавача можна використовувати зовнішній підсилювач потужності. Завдяки змінним дочірнім платам, система може працювати у різних діапазонах до 6 ГГц. Для КВ діапазону підходять плати LFRX і LFTX для прийому та передачі відповідно. На рис. 12 наведено фотографію пристрою, яка свідчить про його невеликі габарити, що важливо для створення мобільної системи діагностики КВ радіоканалу. Функціональні можливості деяких систем зв'язку та радіолокації, реалізовані на платформі USRP, були досліджені [12] і довели свою перспективність.

Основні характеристики SDR систем

Параметр	USRP N210	WR-G33DDC 'EXCALIBUR Pro'	FLEX-6700
Частота дискретизації АЦП, МГц	100	100	245.76
Розрядність АЦП, біт	14	16	16
Смуга приймального IQ каналу, МГц	до 25	до 2	до 0,192
Рівень вихідної потужності передавача, Вт	до 0,01	ні	до 100
Синхронізація опорної частоти та часу за GPS	так	ні	так
Програмне забезпечення	GNU Radio, LabVIEW, Matlab	WiNRADiO Advanced Digital Suite	SmartSDR



Рис. 12. Пристрій USRP з материнською та дочірніми платами

Короткий алгоритм роботи

Визначення місця неоднорідності згідно способу вказаного вище. Сформований зондуєчий сигнал подається у ЛЕП, який доходить до неоднорідності, частково відбивається та приходить до приймача, а потім до цифрового пристрою де проводиться цифрова обробка та вимірюється час затримки відносно початку циклу та оцінюється амплітуда, визначається місце знаходження на лінії електропередачі і так від кожної неоднорідності. Діагностика технічного стану ЛЕП визначається з порівняння величини амплітуди відбитого сигналу на початку розгалуження з амплітудою відбитого сигналу в кінці розгалуження. При роботі ЛЕП в штатному режимі відношення амплітуди сигналів величина стала та має певне значення, в іншому випадку на розгалуженні змінився хвильовий опір, що говорить про несанкціоновані витрати електроенергії. Далі проходить визначення місця несанкціонованого місця витрати електроенергії. Також, цікаві дослідження по визначенню технічного стану мереж оперативного постійного струму та стану електричних мереж з ізольованою нейтраллю на основі розподіленої системи RC-фільтрів з обмежувачами перенапруг та телеметрією напруг представлені в роботах [13, 14]. При необхідності змінюють вид сигналу та його обробку для покращення відношення С/Ш. Таким чином проводиться діагностика всіх ділянок ЛЕП. Завдяки великій протяжності ЛЕП, її можна використовувати для управління польотом дронів для візуальної перевірки стану ЛЕП.

Висновки

Визначаючи важливість постійної діагностики технічного стану ЛЕП в статі показано один з реальних шляхів створення дистанційного діагностичного пристрою, який може бути реалізований на сучасній елементній базі та комп'ютерній техніці.

Література

- Петрухин А. А. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Совершенствование методов и технических средств определения мест поврежденных воздушных ЛЭП 6-35 кВ на основе активного зондирования» «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» 04.20 09.
- Авторське свідоцтво RU 434340, кл. G01R 31/08, 1974.
- Авторське свідоцтво RU 2386974, кл. G01R 31/08, 2008.
- Авторське свідоцтво RU 2368912, кл. G01R 31/08 2009.
- Авторське свідоцтво RU 2033622, кл. G01R 31/08, 1995.
- Авторське свідоцтво RU 2107304, кл. G01R 31/08, 1998.
- ЕЛСУКОВ А. А. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Поволжский государственный технологический университет Йошкар-Ола, 2015 г.
- Клюева Е. SDR – программно-конфигурируемое радио / Е. Клюева // Электронные компоненты. – 2008. – № 9. – С. 131–132.
- USRPN210 // Ettus Research: [сайт]. URL: <http://www.ettus.com/product/details/UN210-KIT>
- WR-G33DDC 'EXCALIBUR Pro' // Winradio:[сайт]. – URL: <http://www.winradio.com/home/g33ddc.htm>
- FLEX-6700 // FlexRadio Systems: URL: http://www.flexradio.com/amateur-products/flex-6000-signature-series/flex_6700/
- SDR-ионозонд с непрерывным ЛЧМ сигналом на платформе USRP / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова, А. А. Елсуков, М. И. Рябова, А. А. Чернов // Вестник Поволжского государственного

технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3. – С. 80–93.

13. O. Rubanenko, O. Rubanenko, and L. Gevorkov, "The method of monitoring of the state of insulation for operational DC grids in power plants and substations," in 2019 Electric Power Quality and Supply Reliability Conference and 2019 Symposium on Electrical Engineering and Mechatronics, PQ and SEEM 2019, 2019.

14. Моніторинг технічного стану електричних мереж з ізольованою нейтраллю на основі розподіленої системи RC-фільтрів з обмежувачами перенапруг та телеметрією напруг. Матвієнко С. В., Янович В. П., Рубаненко О. О., Явдик. В. В. Техніка, енергетика, транспорт АПК, 2018, № 2. С. 48 – 53.

References

1. Petruhin Andrej Alekseevich. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskix nauk "sovershenstvovanie metodov i tehniceskix sredstv opredeleniya mest povrezhdenij vozdušnyh LEP 6-35 kV na osnove aktivnogo zondirovaniya" «Ivanovskij gosudarstvennyj energetičeskij universitet imeni V.I. Lenina» 04.20 09.
2. Avtorske svidoctvo RU 434340, kl. G01R 31/08, 1974.
3. Avtorske svidoctvo RU 2386974, kl. G01R 31/08, 2008.
4. Avtorske svidoctvo RU 2368912, kl. G01R 31/08 2009.
5. Avtorske svidoctvo RU 2033622, kl. G01R 31/08, 1995.
6. Avtorske svidoctvo RU 2107304, kl. G01R 31/08, 1998.
7. ELSUKOV Aleksej Aleksandrovich Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskix nauk. Povolzhskij gosudarstvennyj tehnologičeskij universitet Joshkar-Ola, 2015g.
8. Klyueva, E. SDR – programmno-konfiguriroemoe radio / E. Klyueva // Elektronnye komponenty. – 2008. – № 9. – S. 131-132.
9. USRP N210 [Elektronnij resurs]// Ettus Research: [sajt]. - URL:<http://www.ettus.com/product/details/UN210-KIT>
10. WR-G33DDC 'EXCALIBUR Pro' [Elektronnij resurs] // Winradio:[Sajt]. – URL: <http://www.winradio.com/home/g33ddc.htm>
11. FLEX-6700 [Elektronnij resurs] / / FlexRadio Systems: [sajt]. URL: <http://www.flexradio.com/amateur-products/flex-6000-signature-series/flex-6700/>
12. SDR-ionozone s nepreryvnym LChM signalom na platforme USRP / D.V. Ivanov, V.A. Ivanov, N.V. Ryabova, A.A. Elsukov, M.I. Ryabova, A.A. Chernov // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologičeskogo universiteta. Seriya: Radiotehniceskije i infokommunikacionnye sistemy.. – 2013. – № 3. – S. 80-93.
13. O. Rubanenko, O. Rubanenko, and L. Gevorkov, "The method of monitoring of the state of insulation for operational DC grids in power plants and substations," in 2019 Electric Power Quality and Supply Reliability Conference and 2019 Symposium on Electrical Engineering and Mechatronics, PQ and SEEM 2019, 2019.
14. Monitorynh tekhnichnogo stanu elektryčnykh merezh z izolovanoju neutralliu na osnovi rozpodilenoj systemy RC-filtriv z obmezhuвачamy perenapruh ta telemetriєю napruh. Matviienko S. V., Yanovyč V. P., Rubanenko O. O., Yavdyk. V. V. Tekhnika, enerhetyka, transport APK, 2018, № 2. S. 48 – 53.

Рецензія/Peer review : 09.11.2021

Надрукована/Printed :30.12.2021