



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **129783** (13) **U**
(51) МПК
G01R 31/08 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2018 05451	(72) Винахідник(и): Горященко Костянтин Леонідович (UA), Горященко Сергій Леонідович (UA)
(22) Дата подання заявки: 16.05.2018	(73) Власник(и): ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.11.2018	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.11.2018, Бюл.№ 21	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНЕЙ ДО ПОШКОДЖЕНЬ В ЛІНІЯХ ЗВ'ЯЗКУ

(57) Реферат:

Спосіб визначення відстаней до пошкоджень в лініях зв'язку включає формування вхідного гармонійного сигналу змінної частоти, постійного по амплітуді, визначення кутів зсувів фаз між вхідним сигналом та сигналом відбиття, що повертається з лінії зв'язку, який складається з суми гармонійних сигналів тієї ж частоти, що і вхідний сигнал, але різних за кутами зсуву фази, що визначаються відстанями до кожного з пошкоджень, на вхід лінії подається вхідний сигнал і на цьому ж вході виділяється сигнал відбиття. Вхідний сигнал подається в лінію на час, достатній для усунення перехідних процесів в лінії зв'язку, що виникають при зміні вхідної частоти $\omega(t_i)$ з одного значення на інше, вимірювання кута зсуву фази між вхідним та відбитим сигналами та вимірювання амплітуди сигналу відбиття виконуються після усунення перехідних процесів в цій лінії. Результати вимірювання кута зсуву фази та амплітуди фіксуються у пам'яті весь час проведення вимірювання. Після чого отриманий сигнал піддається спектральному аналізу. Отримані частоти зі спектра еквівалентні відповідним відстаням до пошкоджень в лінії зв'язку.

UA 129783 U

Корисна модель належить до області вимірювальної техніки та призначена для забезпечення оцінювання стану взагалі та визначення пошкоджень, зокрема при зміні стану лінії зв'язку під час експлуатації.

Імпульсний метод є найбільш простим методом в реалізації [1]. Полягає у формуванні коротких імпульсів та вимірюванні часу між тестовим сигналом та сигналами відбиття, що виникають послідовно в результаті відбиття в від пошкоджень. До недоліків імпульсного методу відносяться мертві зони, що спостерігаються в місцях введення імпульсу в кабельну мережу, а розміри мертвої зони залежать від ширини імпульсу; вибір тривалості імпульсу для оптимальної розрізняювальної здатності та оцінювання відстані може бути проблематичним, оскільки тривалість обмежується смугою пропускання лінії.

Існують фазові методи вимірювання, які базуються на визначенні різниці фаз між опорним і відбитим сигналами, яка обумовлена подвійною відстанню до об'єкта [2, 5]. Зазвичай ці методи використовують одно або декілька неперервних гармонійних коливань виду:

$$s_1(t) = U_{m1} \cos \varphi_1 = U_{m1} \cos(\Omega_m t + \varphi_{01}) .$$

де U_{m1} - амплітуда вхідного сигналу;

Ω_m - кутова частота сигналу масштабної частоти, в найпростішому випадку $\Omega_m = \omega_0$;

φ_{01} - кут зсуву фази на частоті ω_0 для об'єкта.

Відбитий сигнал має вигляд:

$$s_2(t) = U_{m2} \cos \varphi_2 = U_{m2} \cos(\Omega_m(t - t_R) + \varphi_{01} + \varphi_{an} + \varphi_{\delta i \delta \delta}) ,$$

де U_{m2} - амплітуда сигналу відбиття;

φ_{01} - початкова фаза;

φ_{an} - зсув фази в апаратурі вимірювача відстані;

$\varphi_{\delta i \delta \delta}$ - зсув фази при відбитті сигналу від об'єкту.

За допомогою вимірювача кута зсуву фази визначають різницю фаз φ_{Δ} між опорним вхідним і відбитим сигналами, яка обумовлена подвійною відстанню до об'єкта, а отже отримуємо відстань до об'єкта, як [2]:

$$l = \frac{v(\varphi_{\Delta} + \varphi_{an} + \varphi_{\delta i \delta \delta})}{2\omega_0} ,$$

де v - швидкість розповсюдження сигналу в просторі.

Недоліком класичних фазових методів вимірювання є можливість вимірювання відстані тільки до одного об'єкту. Причому приймається $\varphi_{\delta i \delta \delta} = 0$, тобто приймається умова виникнення відбиття без додаткового кута зсуву фази. Також вимагається, щоб довжина хвилі вимірювального сигналу хоча б на одній з частот має бути не менше подвійної відстані до об'єкту для усунення неоднозначності вимірювання кута зсуву фази, інакше має місце зсув фази більший за 2π .

За аналог взято класичний багаточастотний фазовий метод вимірювання відстаней [3, 4, 6]. Недоліком такого методу, аналогічно до одночастотного фазового методу, є складність однозначно визначення двох та більше пошкоджень, особливо при умові, якщо кут відбиття $\varphi_{\delta i \delta \delta} \neq 0$. Слід також відзначити, що відомі реалізації багаточастотного методу для визначення двох та більше об'єктів дозволяють визначати пошкодження тільки за умови, якщо лінійний розмір пошкодження практично близький до нуля.

В основу корисної моделі поставлена задача забезпечення вимірювання відстаней до пошкоджень в лінії зв'язку незалежно від їх кількості та розміру.

Поставлена задача вирішується тим, що в лінію подається послідовно n гармонійних коливань різної частоти $\omega(t_i)$, тривалістю Δt_i , яка достатня для усунення перехідних процесів в лінії зв'язку, що виникають при зміні вхідної частоти з одного значення $\omega(t_{i-1})$ на наступне $\omega(t_i)$, одночасного вимірювання кута зсуву фази між вхідним і відбитим сигналами $\Delta \varphi_i$ та вимірювання амплітуди сигналу відбиття U_i , що виконуються після усунення перехідних процесів в цій лінії до завершення інтервалу Δt_i , а результати вимірювання кута зсуву фази та амплітуди на кожній з частот $\omega(t_i)$ у вигляді $U_i \cos(\Delta \varphi_i)$ фіксуються послідовно при кожній зміні частоти вхідного сигналу, після чого отриманий сигнал, що являє собою сукупність сигналів $U_i \cos(\Delta \varphi_i)$, $i = 1..n$ піддається спектральному аналізу, а отримані частоти зі спектра цього

сигналу еквівалентні відповідним відстаням до пошкоджень в лінії зв'язку відповідно до виразу виду $\Omega_{i, [\omega(t_1), \omega(t_2)]} = 2 \frac{l_i}{v}$.

Сумарний сигнал відбиття буде формуватись згідно виразу:

$$S_{\text{вдб}}(\omega_n, t) = \sum_{i=1}^j \alpha_i \cos(\omega_n t + \varphi_i),$$

- 5 де ω_n - частота вимірювального сигналу;
 φ_i - кут зсуву фази для і-го пошкодження.

Оскільки відстань до кожного пошкодження в лінії є індивідуальна, то і кут зсуву також є індивідуальним. Виходячи з того, що $\varphi_n(\omega_0) = \frac{2l_n \cdot \omega_0}{v}$, де l_n - відстань до пошкодження в лінії, то при зростанні частоти ω_0 в n раз, кути зсувів також змінюються в n раз (Фіг. 1).

- 10 Зростання приросту кута зсуву фази в R_n раз веде до того, що й відповідний вектор кута зсуву фази також буде обертатись зі швидкістю пропорційній відстані R_n . А оскільки $R_i > R_j$ за умови $i > j$, то така швидкість обертання вектора кута зсуву фази і буде виступати особливою характеристикою.

- 15 Отже, якщо використовується генератор змінної опорної частоти $\omega(t_i)$ в період часу t_i , причому $t_i \in [t_{i1}, t_{i2}]$ відповідає певному інтервалу фізичного часу t_{i1} до t_{i2} де частота є незмінна, а тривалість інтервалу достатня для завершення перехідних процесів в лінії. В такому випадку має місце зміна кута положення вектора кута зсуву фази для і-го відбиття згідно виразу:

$$d\varphi_i = \varphi_i(\omega(t_2)) - \varphi_i(\omega(t_1)),$$

- 20 яке має місце при зміні вхідної частоти $d\omega_i = \omega(t_2) - \omega(t_1)$. Значення цієї різниці фаз і буде зафіксована в процесі накопичення результатів вимірювання.

Таким чином отримаємо значення $\Omega_{i, [\omega(t_1), \omega(t_2)]}$ як відношення зміни кута положення вектору від зміни вхідної частоти:

$$\Omega_{i, [\omega(t_1), \omega(t_2)]} = \frac{\varphi_i(\omega(t_2)) - \varphi_i(\omega(t_1))}{\omega(t_2) - \omega(t_1)} = \frac{d\varphi_i}{d\omega_{t_2-t_1}}.$$

- 25 Величина $\Omega_{i, [\omega(t_1), \omega(t_2)]}$ характеризує зміну кута зсуву фази від зміни частоти вхідного сигналу і визначається тільки відстанями від початку лінії до пошкодження та є індивідуальним для кожного з пошкоджень.

Кут зсуву фази для /-го пошкодження визначається як:

$$\varphi_i = \frac{2\pi \cdot 2l_i}{v} \cdot f_j = 2 \frac{l_i}{v} \cdot (2\pi \cdot f_j) = 2\omega_j \frac{l_i}{v}.$$

Тоді:

- 30
$$\Omega_{i, [\omega(t_1), \omega(t_2)]} = \frac{\left(2\omega_{j+1} \frac{l_i}{v}\right) - \left(2\omega_j \frac{l_i}{v}\right)}{\omega_{j+1} - \omega_j} = 2 \frac{l_i}{v} \cdot \frac{\omega_{j+1} - \omega_j}{\omega_{j+1} - \omega_j} = 2 \frac{l_i}{v}.$$

Отримане значення частоти зміни вектору відбиття для кожного відбиття є незалежним від частоти зонduючого сигналу, і прямо пропорційно залежить від відстані до об'єкту - пошкодження в лінії зв'язку. Для кожного об'єкта, що характеризується відбиттям від нього зонduючого сигналу, буде існувати власна частота обертання вектору відбиття $\Omega_{i, [\omega(t_1), \omega(t_2)]}$.

- 35 Враховуючи той факт, що пошкодження в лінії зв'язку знаходяться на різних відстанях, то це обумовлює цілком зрозумілий наслідок, що частота обертання вектору є індивідуальною властивістю кожного елементу лінії та відповідного пошкодження.

- 40 В результаті накопичення значень амплітуди та кута зсуву фази сигналу відбиття для кожної з частоти буде отримано графік залежності - амплітудно-фазова діаграма (Фіг. 2, де: а) фронтальна площина; б) загальний вигляд) або у вигляді залежності між частотою вхідного сигналу та амплітудою - Фіг. 3.

Далі отриманий результат підлягає спектральному аналізу для визначення складових $\Omega_{i, [\omega(t_1), \omega(t_2)]}$, які і відповідають відстаням до пошкоджень.

- 45 Таким чином, запропонований спосіб вимірювання відстаней до пошкоджень в лініях зв'язку дозволяє визначати відстані із застосуванням тільки багаточастотного фазового методу,

причому кількість пошкоджень та їх характер можуть бути довільні та виконувати вимірювання як в діапазоні низьких, так і високих частот.

Джерела інформації:

1. Глебович Г. В. Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов / Глебович Г. В., Андриянов А. В., Введенский Ю. В. и др.; Под ред. Г.В. Глебовича. - М.: Радио и связь, 1984. - 256 с, ил.
2. Маевский СМ. Применение методов фазометрии для прецизионного измерения расстояний / СМ. Маевский, В.Г. Баженов, Е.К. Батуревич, Ю.В. Куц. - К.: Вища школа. Изд-во при Киев, ун-те, 1983. 84 с.
3. Любчик В.Р. Вимірювання відстаней в радіолокації до трьох об'єктів / В.Р. Любчик, О.І. Гнатюк // Вісник Хмельницького національного університету. - 2005. - № 4. - Ч. 1. - Т. 1. - С. 239-242.
4. Любчик В.Р. Розробка фазового методу вимірювання відстаней до двох об'єктів // Вісник технологічного університету Поділля. - 2004. - № 2. - С 108-114.
5. А.с. 310191, СССР G01R 25/00. Цифровой фазометр/ А.А Богородицкий, А.Г. Рижевский, Т.Н. Рыжевская, Ю.А. Смагин, Э.К. Шахов, В.М. Шляндин (СССР). - № 1385175/18-10; заяв. 08.12.1969; опубл. 26.07.1971, Бюл. № 23.
6. Спосіб визначення довжини кабельної лінії передач до місця пошкодження. Патент 34710 / Скирута М.А., Кузнечов О.Ю., Скрипник Ю.О. - Бюл. № 2, 2001.

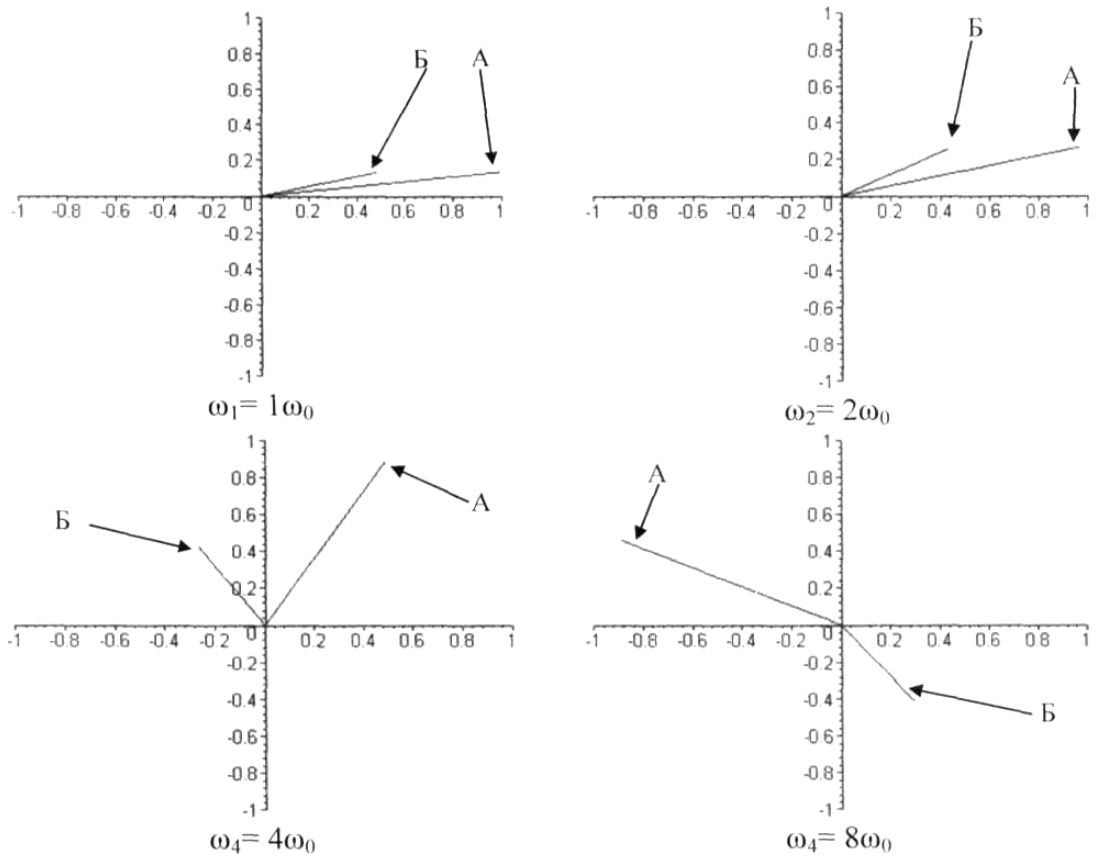
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення відстаней до пошкоджень в лініях зв'язку, який включає формування вхідного гармонійного сигналу змінної частоти, постійного по амплітуді, визначення кутів зсувів фаз між вхідним сигналом та сигналом відбиття, що повертається з лінії зв'язку, який складається з суми гармонійних сигналів тієї ж частоти, що і вхідний сигнал, але різних за кутами зсуву фази, що визначаються відстанями до кожного з пошкоджень, на вхід лінії подається вхідний сигнал і на цьому ж вході виділяється сигнал відбиття, який **відрізняється** тим, що вхідний сигнал подається в лінію на час, достатній для усунення перехідних процесів в лінії зв'язку, що виникають при зміні вхідної частоти $\omega(t_i)$ з одного значення на інше, вимірювання кута зсуву фази між вхідним та відбитим сигналами та вимірювання амплітуди сигналу відбиття виконуються після усунення перехідних процесів в цій лінії, а результати вимірювання кута зсуву фази та амплітуди фіксуються у пам'яті весь час проведення вимірювання, після чого отриманий сигнал піддається спектральному аналізу, а отримані

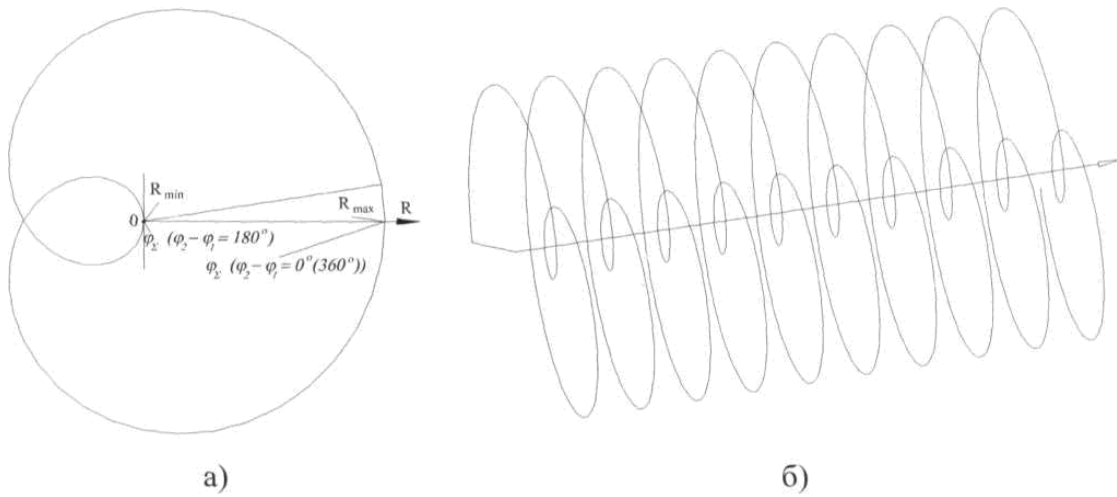
частоти виду $\Omega_{i, [\omega(t_1), \omega(t_2)]} = 2 \frac{l_i}{v}$ зі спектра еквівалентні відповідним відстаням до пошкоджень в лінії зв'язку відповідно до виразу, де

l_i - відстань до пошкоджень в лініях зв'язку;

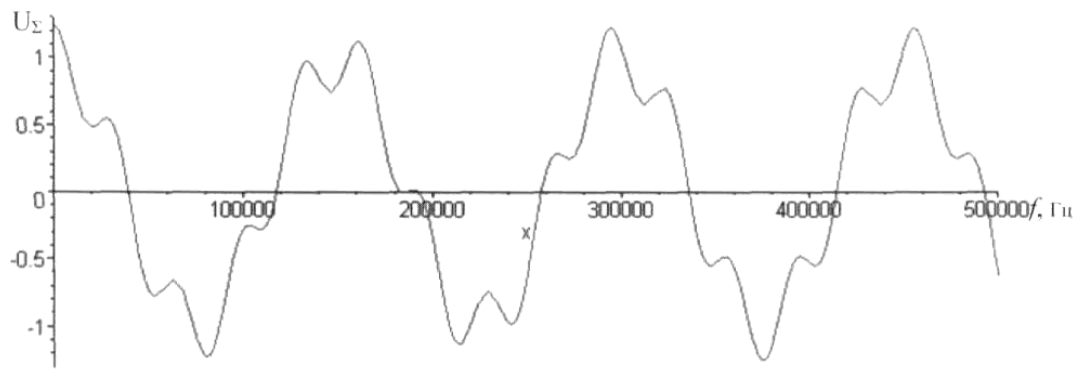
v - швидкість розповсюдження сигналу в просторі.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601