

ПЕРЕВІДБИТТЯ В ПРОВІДНИКОВІЙ ЛІНІЇ ДЛЯ ВИПАДКУ ДВОХ ТА БІЛЬШЕ ПОШКОДЖЕНЬ

Показано, що при наявності в провідниковій лінії декількох пошкоджень виникає ситуація прямих та непрямих перевідбиттів. Причому, ймовірність того чи іншого типу перевідбиття може бути довільною, а отже і однозначне визначення шляху проходження сигналу в лінії та відбиття визначити неможливо. Встановлено, що одночасно з проходженням сигналу в лінії зростає шлях сигналу, що призводить до зростання кута зсуву фази відбиття від цього сигналу. В результаті дослідження визначено рівняння сигналу відбиття при довільній кількості проходжень та відбиттів.

Ключові слова: перевідбиття, відстань, фазовий зсув.

K.L. HORIASHCHENKO

Khmelnytsky National University, Khmelnytsky, Ukraine

REFLECTION IN TRANSMISSION LINE FOR THE CASE OF TWO OR MORE DAMAGES

It is known that in the wired lines may be several damages that allow the signal to pass through those damages. It is shown that at presence of several damages in conductor line there are a situation of direct and indirect signal reflections at its distribution in the line. Moreover, the probability of a reflection type can be arbitrary, and therefore unambiguous definition of the signal path in the line and reflection can not be determined. Found that simultaneously with the passing the signal in the line increases signal path, this leads to an increase in the angle of phase shift from the reflection of the signal. In the study determined the signal reflection equation at arbitrary number of passes and reflections.

Keywords: reflection, distance, phase shift.

Вступ

В роботі [1] було встановлено, що при зондуванні провідникової лінії виникають відбиття, обумовлені наявними в лінії пошкодженнями. Характер відбиття обумовлено характером пошкодження. Також відомо, що оскільки пошкодження не завжди є кінцевими, сигнал від пошкодження розповсюджується як у бік джерела сигналу – входу в лінію, так і частина енергії продовжує розповсюдження далі – в бік виходу лінії. Так, для першого пошкодження за порядком сигнал, що пройшов через пошкодження є прохідним, далі цей сигнал попадає в місце другого за порядком пошкодження і повертається назад. Тобто виникає сигнал відбиття, а сам сигнал, що повернувся може пройти далі, так і знову повернутися до другого пошкодження. Така ж ситуація продовжується в часі та просторі далі. І тільки затухання обмежують фактичне існування сигналів відбиття.

З вище вказаного слідує важливий висновок: в провідниковій лінії виникають сигнали відбиття, що обумовлені безпосередньо дійсними пошкодженнями, так і спричинені наявністю перевідбиттів. Під сигналами дійсних пошкоджень слід прийняти сигнали, що обумовлені розповсюдженням у напрямку "вхід лінії – пошкодження – вхід лінії". Сигнали перевідбиттів призводять до появи умовних пошкоджень. Важливим питанням є які значення мають відбиття і наскільки важливими є умовні пошкодження для процесу виявлення реальних пошкоджень. Також, чи можна з інформації про пошкодження виконати розділення реальних та умовних пошкоджень, оскільки для практичного застосування інформація про відстані до пошкодження обумовлює витрати на ремонтні роботи з усунення пошкоджень провідникової лінії.

Основна частина

Розглянемо формування сумарного сигналу фазової дальнометрії для провідникової лінії, з не менше двома пошкодженнями. Для спрощення процесу формулювання, приймемо, що кожне з пошкоджень є ідеалізованим – має фізичний розмір, що наближається до 0. Тому пошкодження будемо розцінювати як "точкові". Для точкового пошкодження характерно стрипкоподібна зміна властивості лінії.

В загальному, за ідеальних умов при відсутності затухання при проходженні отримаємо для сигналу виду $S_0(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$:

- відбиття від першого пошкодження визначиться як:

$$S_1(t) = U_0 \cos\left(\omega_0 t + \varphi_0 + \frac{2\pi \cdot 2l_1}{\lambda}\right) \cdot \Gamma_1, \quad (1)$$

де l_1 – відстань до першого пошкодження;

λ – довжина хвилі сигналу в середовищі;

Γ_1 – коефіцієнт відбиття, [1].

Дріб $\frac{2\pi \cdot 2l_1}{\lambda}$ показує на кут зсуву фази, що має місце між сигналом, що зондує лінію, та сигналом

відбиття. В імпульсній рефлектометрії, зазвичай, значення цього кута зсуву фази не використовується. Для сигналів фазової дальнометрії – навпаки, несе важливу інформацію про відстань до об'єкта.

Відповідно, в лінію пройде залишкова частина сигналу:

$$S_1'(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \cdot (1 - \Gamma_1).$$

Причому фазовий зсув, що виникає в місці неоднорідності, за умови нескінченно малого розміру її можна прийняти рівним 0 для $\Gamma > 0$ та π для $\Gamma < 0$ для загального спрощення розуміння процесу відбиття.

Отже, послаблений сигнал на величину буде завжди визначатись кількістю перевідбиттів. Так відбиття для випадку прямого проходження через перше та відбиття від другого пошкодження визначиться як:

$$\begin{aligned} S_2(t) &= U_0 \cos\left(\omega_0 t + \varphi_0 + \frac{2\pi \cdot 2l_2}{\lambda}\right) \cdot (1 - \Gamma_1) \cdot \Gamma_2 \cdot (1 - \Gamma_1) = \\ &= U_0 \cos\left(\omega_0 t + \varphi_0 + \frac{2\pi \cdot 2l_2}{\lambda}\right) \cdot \Gamma_2 \cdot (1 - \Gamma_1)^2, \end{aligned} \quad (2)$$

де $(1 - \Gamma_1)$ – показує на коефіцієнт проходження сигналу, а Γ_2 – показує на коефіцієнт відбиття від другого пошкодження. Подвійний запис $(1 - \Gamma_1)$ показує на проходження сигналу спочатку з першого пошкодження до другого і зворотне відбиття через перше пошкодження до виходу лінії.

Одночасно з проходженням сигналу та відбиттям, сигнал пройде відстань (рис.1):

$$l_{2\Sigma} = l_1 + l_2 + l_2 + l_1 = 2(l_1 + l_2). \quad (3)$$

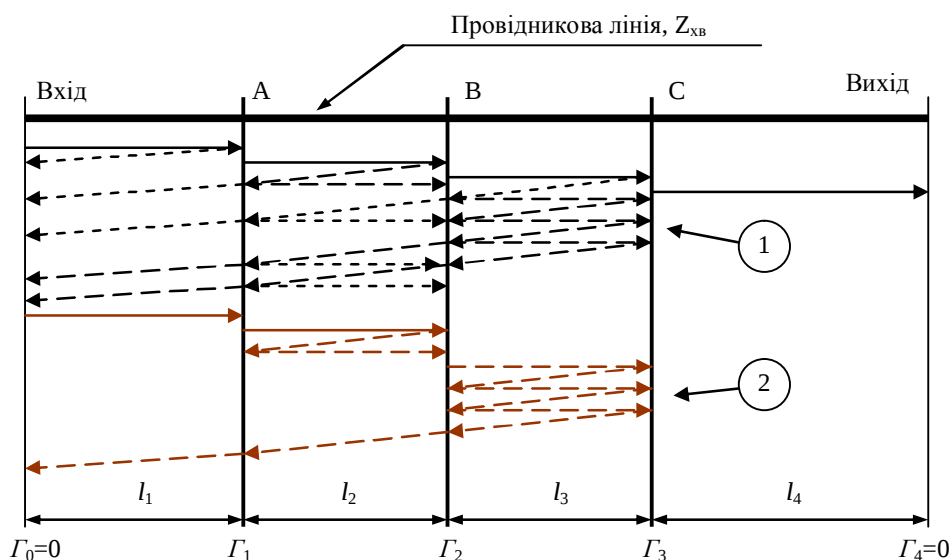


Рис. 1. Багатократні перевідбиття в провідниковій лінії:

$Z_{хв}$ - хвильовий опір лінії; А,В,С - пошкодження нульової протяжності; $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ – коефіцієнти відбиттів
1 - загальний шлях утворення перевідбиттів; 2 - приклад складного перевідбиття

Для нас у виразі (2) важливо те, що фаза відбитого сигналу визначається як $\frac{2\pi \cdot 2l_{2\Sigma}}{\lambda}$, де $l_{2\Sigma}$ – відстань до другого пошкодження від початку лінії при перевідбиттях за виразом (3).

За аналогією з виразом (2), можна визначити вирази і для відбиттів від більшої кількості неоднорідностей. Для прикладу, випадок прямого проходження через дві неоднорідності та відбиття від третьої:

$$\begin{aligned} S_2(t) &= U_0 \cos\left(\omega_0 t + \varphi_0 + \frac{2\pi \cdot 2l_{3\Sigma}}{\lambda}\right) \cdot (1 - \Gamma_1) \cdot (1 - \Gamma_2) \cdot \Gamma_3 \cdot (1 - \Gamma_2) \cdot (1 - \Gamma_1) = \\ &= U_0 \cos\left(\omega_0 t + \varphi_0 + \frac{2\pi \cdot 2l_{3\Sigma}}{\lambda}\right) \cdot \Gamma_3 \cdot (1 - \Gamma_2)^2 \cdot (1 - \Gamma_1)^2; \\ l_{3\Sigma} &= 2(l_1 + l_2 + l_3) \end{aligned} \quad (4)$$

За аналогією, пряме проходження через n пошкоджень з відбиттям від останнього буде мати вигляд:

$$S_2(t) = U_0 \cos\left(\omega_0 t + \varphi_0 + \frac{2\pi \cdot 2l_{n\Sigma}}{\lambda}\right) \cdot \Gamma_n \cdot \prod_{i=1}^{n-1} (1 - \Gamma_i)^2; \quad (5)$$

$$l_{n\Sigma} = 2 \sum_{i=1}^n l_i$$

В лінії може мати місце і більш складні випадки перевідбиттів – непрямі відбиття. Під непрямыми відбиттями слід розуміти такі відбиття, при розповсюдженні сигналу яких має місце багатократне перевідбиття одночасно з випадками проходження через пошкодження (див. рис. 1, випадок 2). Прикладом такого шляху може бути: проходження через 1-е та 2-е пошкодження, відбиття від 3-го, відбиття від 2-го, відбиття від 3-го, проходження через 2-е та 1-е пошкодження.

Складність нечастих відбиттів в тому, що таке відбиття може бути багатократним, а кількість перевідбиттів – безмежною. А отже і кількість проходжень через пошкодження також є безмежною. Проте аналіз можливих випадків таких перевідбиттів дозволяє встановити загальні властивості для нечастих відбиттів та відстані, що проходить сигнал, а саме:

$$S_2(t) = U_0 \cos \left(\omega_0 t + \varphi_0 + \frac{2\pi \cdot 2l_{n\Sigma}}{\lambda} \right) \cdot \prod_{i=1}^P (1 - \Gamma(i))^2 \cdot \prod_{j=1}^R \Gamma(j); \quad (6)$$

$$l_{n\Sigma} = \sum_{i=1}^{P+R+1} l_i \quad (7)$$

де P – кількість проходжень через пошкодження, P – завжди парне число;

R – кількість відбиттів від пошкоджень, R – завжди непарне число;

$\Gamma(i)$, $\Gamma(j)$ – коефіцієнт відбиття, причому номер позиції кожного з відбиттів є залежним від порядку проходження відбиття.

При зростанні кількості значень P та R зростає і кількість ймовірних шляхів проходження сигналу в провідниковій лінії. В виразі (6) немає жодного обмеження щодо порядку проходження та відбиття сигналів. Фактично всі можливі варіанти проходження мають рівну ймовірність існування. Для моделювання цих відбиттів найбільш важлива інформація у виразі (7). З виразу (7) слідує, що зростання кількості перевідбиттів зв'язано із зростанням відстані, що проходить сигнал у провіднику.

Проведений аналіз перевідбиттів також показує, що є цілком реальною ситуація, коли сигнал від непрямого перевідбиття набігає меншу відстань, ніж сигнал від прямого відбиття в цій же лінії. Наприклад, в лінії з 3-ма пошкодженнями, що розміщені на рівній відстані, шлях сигналу прямого відбиття складе $l_1 + l_2 + l_3 + l_3 + l_2 + l_1$ і буде рівний шляху непрямого відбиття – $l_1 + l_2 + l_2 + l_2 + l_2 + l_1$ (відбиття від 3-го, потім від 2-го, знову від 3-го пошкодження). Таким чином, встановити їх приналежність стає неможливо.

Висновки

1. В провідниковій лінії має місце процес проходження через пошкодження так і процес відбиття від пошкодження. Тому на виході лінії можна зафіксувати сигнали, що будуть сформовані як прямими так і непрямыми відбиттями.

2. Зростання кількості перевідбиттів невід'ємно зв'язано із зростанням відстані, що проходить відбиття. А тому це призведе до зростання кута зсуву фази між сигналом відбиттям та сигналом, що зондує лінію згідно виразу $\frac{2\pi \cdot 2l_{n\Sigma}}{\lambda}$.

3. Можлива ситуація, при якій відстань, що проходить сигнал у непрямому відбитті може бути меншою за відстань, що проходить сигнал у прямому відбитті. Як наслідок, розділення таких сигналів не можливо, оперуючи інформацією про відстані до джерела відбиття [2]. А отже, і визначення реальних та уявних пошкоджень також не є можливим.

Література

1. Горященко К.Л. Дослідження перевідбиттів гармонійних сигналів у провідникових лініях зв'язку для випадку двох пошкоджень / К.Л. Горященко, О.І. Полікаровських, В.С. Гавронський // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2008. – №2. – С. 138-140
2. Горященко К.Л. Обертання часових складових сумарного сигналу в фазовій дальнометрії / К.Л. Горященко // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2007. – №1. – С. 144-147

References

1. Horiashchenko K.L. Doslidzhennia perevidbyttiv harmoniinykh syhnaliv u providnykovykh liniakh zv'язku dlia vypadku dvokh poshkodzhen. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2008. Issue 2. P. 138-140.
2. Horiashchenko K.L. Obertannia chasovykh skladovykh sumarnoho syhnalu v fazovii dalnometrii. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2007. Issue 1. P. 144-147.

Рецензія/Peer review : 7.8.2013 р. Надрукована/Printed : 30.9.2013 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Троцишин І.В., Одеська національна академія зв'язку