

О.С. ВОЛКОВ, канд. техн. наук доцент, УкрДАЗТ, Харків;
М.В. БЕСПАЛОВА, студент, УкрДАЗТ, Харків

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ДОВЖИНИ РЕГЕНЕРАЦІЙНОЇ ДІЛЯНКИ ЦИФРОВОЇ МЕРЕЖІ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Предложена методика расчета длины регенерационного участка оперативно технологической связи, который позволяет обеспечить эффективное функционирование оперативно технологической связи с использованием технологии xDSL.

Ключевые слова: регенерационный участок, защищенность, помехозащищенность, переходные угасания

Постановка проблеми та аналіз літератури. У теперішній час на мережі оперативно-технологічного зв'язку знаходиться в експлуатації велика кількість аналогового обладнання, яке морально і фізично застаріло та не відповідає сучасним техніко-експлуатаційним вимогам [3]. Тому встановлення сучасного цифрового обладнання на мережі оперативно-технологічного зв'язку є перспективним напрямком їх розвитку. Розпорядчі станції оперативно-технологічного зв'язку розміщуються, як правило, у відділенні залізниці, а диспетчерські ділянки можуть бути досить віддалені від станції, де знаходяться відділення залізниці. Доцільно в якості первинної мережі використовувати волоконно-оптичні лінії передачі, але на залізному транспорті та деяких ділянках використовуються кабелі з мідними жилами. Це являється наслідком відсутності можливості впровадження на всіх ділянках залізниці волоконно-оптичної лінії передачі. В той же час існує проблема підключення віддалених станцій оперативно-технологічного зв'язку за допомогою кабелів з мідними жилами. На практиці ефективним вирішенням цієї проблеми являється використання технології xDSL [6].

У літературі методику розрахунку довжини регенераційної ділянки xDSL оперативно-технологічного зв'язку на залізничному транспорті недостатньо розглянуто. Тому існує необхідність вдосконалення та створення нової методики розрахунку, шляхом узагальнення параметрів, які впливають на ефективне функціонування системи в умовах специфіки роботи залізничного транспорту.

Мета статті. Розробка методики розрахунку довжини регенераційної ділянки цифрової мережі оперативно-технологічного зв'язку.

Основна частина. Визначення довжини регенераційної ділянки необ-

хідно, для знаходження необхідної кількості регенераторів на лінії. При цьому довжина регенераційної ділянки повинна бути найбільшою, це пов'язано з тим, що необхідно мінімізувати кількість регенераторів [2]. При паралельній роботі декількох ЦСП між ними виникають перехідні впливи, викликані перехідними згасаннями між парами даного кабелю, як це показано на рис. 1 [1]. Взаємні впливи між системами, які працюють на різних кабелях не ураховуються, тому що перехідні згасання між парами різних кабелів мають великі значення [3]. Розрізняють перехідні згасання на ближньому та дальньому кінцях, при чому ці згасання в багаточетвіркових кабелях різні для пар, які мають приналежність до однієї або різних четвірок.

Внутричетвіркові перехідні згасання при інших рівних умовах значно нижче міжчетвірочних. У даній методиці було розглянуто багато парний кабель з внутричетвірковими впливами. Тому для визначення довжини регенераційної ділянки необхідно, враховувати усі перехідні впливи, які можуть виникати в кабелі [1].

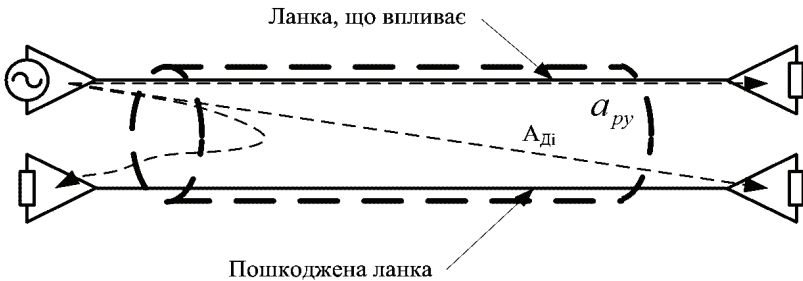


Рисунок 1 – Модель виникнення перехідних згасань в кабелі

На даному рисунку a_{py} – згасання регенераційної ділянки, $A_{дi}$ – згасання на ближньому кінці.

Однією з важливіших характеристик якості передачі даних у системі залізничного транспорту оперативного-технологічного зв'язку є заводозахищеність. Існує два типи понять заводозахищеності – перехідне згасання, яке знаходиться відношенням потужності сигналу на початку ланцюга, що впливає, до потужності завади у будь-якій точці ланцюга, на яку здійснюється вплив; захищеність – відношення потужності сигналу у ланцюзі, що впливає, до потужності завади в ланцюгу, на яку здійснюється вплив у будь-якій точці, загальній для обох із ланцюгів [2].

Захищеність від перехідних впливів на ближньому кінці можна знайти за допомогою виразу (1).

$$A_{зп} = -10 \cdot \lg \left\{ \left(\frac{f_p}{f_l} \right)^{1,5} \cdot 10^{-0,1 \cdot A_0(f_p)} \cdot j_{2(a_{py})} \cdot 10^{0,1 \cdot a_{py}} \right\} \cdot \left(\frac{1}{(0,23 \cdot a_{py})^2} \right), \quad (1)$$

де f_p – розрахункова частота, задаємо, для кабелю заданого типу, кГц; f_i – відома частота, для кабелю заданого типу, кГц; $A_0(f_p) = A_0(f_i) - 15 \cdot \lg(f_p / f_i)$, перехідне згасання на ближньому кінці, на розрахунковій частоті, дБ; $A_0(f_i)$ – відома перехідне згасання на ближньому кінці, дБ; $j_{2(apy)}$ – поправочний коефіцієнт, який залежить від згасання регенераційної ділянки; a_{py} – згасання регенераційної ділянки, дБ/км.

Знайдемо захищеність на дальньому кінці за допомогою наступного виразу:

$$A_{3Д} = -10 \cdot \lg \left\{ 2 \cdot \left(\frac{f_p}{f_i} \right)^{1,5} \cdot 10^{-0,1 \cdot A_0(f_p)} \cdot j_3 + 2 \cdot \left(\frac{f_p}{f_i} \right)^m \right\} \times \left(\frac{l_p}{l_l} \right) \cdot 10^{-0,1 \cdot A_{Д}(f_p, l_p)} \cdot j_4, \quad (2)$$

де j_3, j_4 – постійні поправочні коефіцієнти для багато парних кабелів при внутричотвіркових впливах; m – постійний коефіцієнт, відображаючий особливості перехідних впливів для багатопарних кабелів при внутричотвіркових впливах; l_p – довжина регенераційної ділянки при відомому згасанні, км; l_l – будівельна довжина, для кабелю заданого типу, км.

На основі вище переліченого модель впливу для внутричотвіркового кабелю при організації оперативного-технологічного зв'язку представлено на рис. 2.

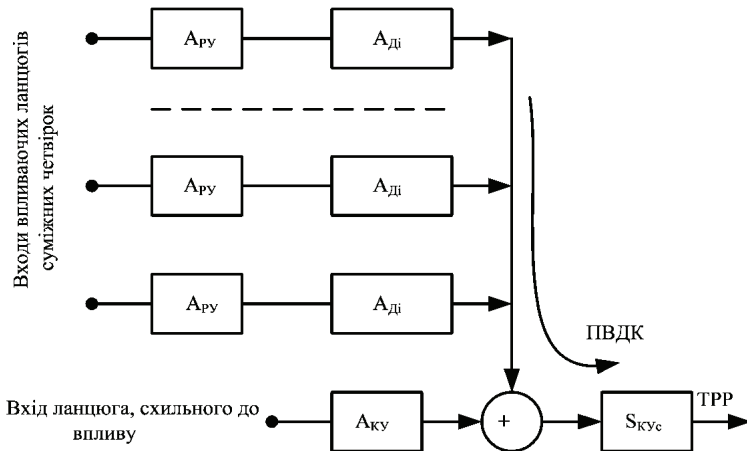


Рисунок 2 – Модель впливу для внутричотвіркового кабелю

На рис. 2 було прийнято наступні позначення ПВДК – перехідні впливи на дальньому кінці, TPP – точка «рішення» регенератора, $S_{кyc}$ – підсилен-

ня коректуючого підсилювача.

При впливі між четвірками число впливаючих пар має велике значення. Чим більше це число, тим ближче розподілення миттєвих значень завади, що характерно для власних завад.

Розрахуємо перехідне згасання на дальньому кінці, для розрахункової довжини регенераційної ділянки l_p на розрахунковій частоті f_p , дБ:

$$A_D(f_p, l_p) = A_D(f_l, l_l) - 10 \cdot \lg\left(\frac{l_p}{l_l}\right) - m \cdot 10 \cdot \lg\left(\frac{f_p}{f_l}\right) + \sigma(f_p) \cdot l_p, \quad (3)$$

де $A_D(f_l, l_l)$ – відома захищеність магістральної кабельної пари від перехідних впливів на дальньому кінці для відомої будівельної довжини l_l та на відомій частоті f_l , дБ; $\sigma(f_p)$ – коефіцієнт згасання лінії зв'язку на розрахунковій частоті.

Допустима захищеність для багаторівневого коду 2B1Q визначається за допомогою наступної формули:

$$A_{здоп} = 10,65 + 11,42 \cdot \lg\{-\lg(K_{ошдоп} \cdot l_p)\} + 20 \cdot \lg\left(\frac{n-1}{2}\right), \quad (4)$$

де $K_{ошдоп}$ – допустимий коефіцієнт помилок на 1 км лінії зв'язку: сільських та міських мереж зв'язку; n – кількість рівнів лінійного сигналу.

Для багаторівневих лінійних кодів захищеність від власних шумів буде дорівнювати:

$$A_{зш} = -10 \cdot \lg\left\{\left(\frac{4 \cdot K \cdot T \cdot D_{шв}(f_p) \cdot R_n}{A_c^2}\right) \cdot 10^{0,1 \cdot a_{py}} \cdot j_1 \cdot \left(\frac{1}{(0,23 \cdot a_{py})^2}\right)\right\}, \quad (5)$$

де $K = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/Гц град – постійна Больцмана; T – температура лінії зв'язку за Кельвіном; $D_{шв}(f_p) = D_{шв} = 10^{d_{ш}} = \text{const}$ – коефіцієнт шуму підсилювача-коретора перерахованого на вхід вирішуючого пристрою; $d_{ш}$ – шум фактор вхідного підсилювального елемента регенератору (2...7дБ); R_n – хвильовий опір лінії зв'язку, Ом; A_c – амплітуда імпульсу сигналу на вході вирішуючого пристрою, В; a_{py} – згасання регенераційної ділянки, дБ/км; j_1 – поправочний коефіцієнт, який залежить від згасання регенераційної ділянки.

Довжина регенераційної ділянки залежить від захищеності корисного сигналу, від сумарної завади, яка діє на вході вирішуючого пристрою. Враховуючи розраховані до цього типи захищеності можна визначити очікувану захищеність за допомогою наступного виразу:

$$A_{ож} = -10 \cdot \lg\left[10^{-0,1 \cdot A_{зш}} + \sum_{i=1}^{N_1} 10^{-0,1 \cdot A_{вз}} + \sum_{i=1}^{N_2} 10^{-0,1 \cdot A_{зд}}\right], \quad (6)$$

За допомогою приведених вище виразів маємо можливість знайти довжину регенераційної ділянки:

$$L = \frac{-10 \cdot \lg \left\{ 2 \cdot \left(\frac{f_p}{f_l} \right)^{1,5} \cdot 10^{-0,1 \cdot A_0(f_p)} \cdot j_3 + 2 \cdot \left(\frac{f_p}{f_l} \right)^m \cdot \left(\frac{l_p}{l_l} \right) \cdot 10^{-0,1 \cdot A_d(f_p, l_p)} \cdot j_4 \right\}}{\alpha(f_l)} + \frac{G + 10 \cdot \lg N}{\alpha(f_l)}$$

де G – захищеність «сигнал-завада», дБ; N – кількість ланцюгів в кабелі, уцілених пристроями ЦСП; $\alpha(f_l)$ – згасання тракту передачі.

На основі вище розглянутої методики запропоновано покроковий алгоритм дій.

Крок 1: Для необхідного типу кабелю задаємося розрахунковою f_p та відомою f_l частотами, на основі частот та типу кабелю знаходимо перехідне згасання на ближньому кінці $A_0(f_p)$.

Крок 2: В залежності від згасання регенераційної ділянки знаходимо поправочний коефіцієнт $j_{2(apv)}$.

Крок 3: Знаходимо захищеність від перехідних впливів на ближньому кінці A_{3n} .

Крок 4: Задаємо довжину регенераційної ділянки, при відомому згасанні, крім цих параметрів необхідно врахувати постійний коефіцієнт m , який відображає особливості перехідних впливів для багато парних кабелів при внутрічетвіркових впливах.

Крок 5: На відомій частоті f_l знаходимо коефіцієнт згасання лінії зв'язку $\sigma(f_3)$, також в залежності від будівельної довжини, задаємося захищеністю кабельної пари від перехідних впливів на дальньому кінці $A_d(f_l, l_l)$.

Крок 6: Знаходимо перехідне згасання на дальньому кінці для розрахункової довжини регенераційної ділянки на розрахунковій частоті.

Крок 7: Обираємо необхідний багаторівневий код, наприклад 2В1Q, для визначення кількості рівнів лінійного кодування.

Крок 8: Визначаємо захищеність від власних шумів для багаторівневих лінійних кодів $A_{3ш}$.

Крок 9: З урахуванням отриманих раніше видів захищеності $A_{3\theta}$ та $A_d(f_p, l_p)$, визначаємо довжину регенераційної ділянки оперативно-технологічного зв'язку L .

В якості прикладу можна розглянути отриманні значення для перехідних згасань на ближньому $A_{3\theta}$ та дальньому кінцях $A_d(f_p, l_p)$ для розрахункової частоти кабелю типу МКСА та з використанням багаторівневого лінійного коду 2В1Q. Отримаємо, що $A_d(f_p, l_p) = 35,34$ дБ, $A_{3д} = 38,96$ дБ. Ці дані в подальшому використовуються для розрахунку довжини регенераційної ділянки, яка дорівнює $L = 25,38$ км.

Висновки. Запропонована методика розрахунку довжини регенераційної ділянки дозволяє врахувати різні параметри, які впливають на якість пе-

редачі інформації, до них відносяться: згасання на ближньому та дальньому кінцях, тип модуляції, згасання регенераційної ділянки, захищеність від перехідних впливів, тип використовуваного кабелю, захищеність для багаторівневого коду, а також захищеність від власних шумів.

Використання запропонованої методики розрахунку регенераційної ділянки дозволить значно покращити принципи побудови мережі оперативно-технологічного зв'язку, що призведе до покращення техніко-економічних показників.

Список літератури: 1. *Е.Б. Алексеев, В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев* и др. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей : уч. пособ. для ВУЗов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 392 с. 2. *Ю.А. Парфенов* Кабели электросвязи. – М.: Эко-Трендз., 2003. – 256 с. 3. *Ю.В. Юркин, А.К. Лебединский, В.А. Прокофьев, И.Д. Блиндер* Оперативно-технологическая связь на железнодорожном транспорте. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 264 с. 4. *В.Н. Гордиенко, М.С. Тверецкий* Многоканальные телекоммуникационные системы. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 416 с. 5. *В.И. Иванов, Г.Н. Попов* Цифровые и аналоговые системы передачи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 232 с. 6. *А.В. Росляков* Сети доступа : уч. пособ. для ВУЗов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 96 с.

Надійшла до редколегії 15.04.2013

УДК 621.391

Методика розрахунку довжини регенераційної ділянки цифрової мережі оперативно-технологічного зв'язку / О.С. Волков, М.В. Беспалова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 27 (1000). – С. 44-49. – Бібліогр.: 6 назв.

Запропоновано методику розрахунку довжини регенераційної ділянки оперативно-технологічного зв'язку, яка дозволяє забезпечити ефективне функціонування оперативно-технологічного зв'язку з використанням технології xDSL.

Ключові слова: регенераційна ділянка, регенератор, заводозахисність, перехідні згасання.

Proposed a method for calculating the length of the regeneration area operational and technological communication, which allows providing the effective functioning of operational and technological communication in remote areas of the railway based on the use technology.

Keywords: regeneration area, regenerator, noise immunity, transient attenuation.