

УДК 621.317

К.Л. ГОРЯЩЕНКО

Хмельницький національний університет

ПОШКОДЖЕННЯ ПРОВІДНИКОВИХ ЛІНІЙ ТА ЇХ МОДЕЛІ

Провідникова лінія з часом змінює свої параметри в часі в наслідок втручання в її структуру через широкий спектр причин. В наслідок такої зміни змінюються і параметри кабельної лінії. Виникають пошкодження. В літературі часто використовують під поняттям пошкодження так зване "точкове" пошкодження. В приведеній роботі проаналізовано ситуації виникнення складного пошкодження – "розподіленого" пошкодження. Представлено спрощена модель цього пошкодження у вигляді графічного представлення зміни параметрів та відповідного пошкодження.

Ключові слова: провідникова лінія, пошкодження.

K.L. HORYASCHENKO

Khmelnitsky National University

DAMAGES IN CONDUCTION LINES AND THEIR MODELS



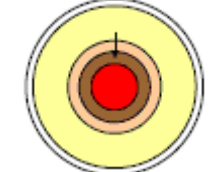

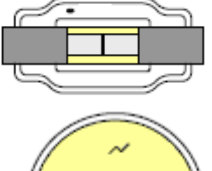
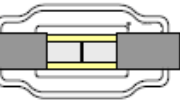

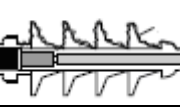
Conduction line eventually changes its parameters over time as a result of interference in its structure across a wide range of reasons. As a result of this change, and change settings cable line. Having damage in the structure. In the literature often uses the concept of damage under the so-called "spot" damage. In article analyzes situations involving complex injury - "distributed" damage. Presents a simplified model of the damage in the form of graphical representation of parameters and corresponding damage.

Keywords: wiring line damage.

Вступ. В результаті проведеного аналізу провідникових ліній [4] визначено, що джерелами руйнування є внутрішні та зовнішні фактори – руйнування ізоляції, руйнування діелектрика та пошкодження внутрішньої жили. В наслідок показаних в таблиці 1 дефектів визначено, що пошкодження є як точковими типу розриву діелектрика та утворення внутрішньої структури. Може бути руйнування від зовнішньої оболонки до внутрішньої жили, що веде до можливого потрапляння в серцевину кабелю речовин ззовні – води та інших забруднюючих речовин. Так в кабелі виникають осередки початку пошкодження та деградації кабелю.

Таблиця 1

Старіння і деградація кабелю

Тип погіршення	Типові причини	Приклад	Тип погіршення	Типові причини	Приклад
Тепловий	Надлишковий струм провідника для даної середовищі і робочий режим		Хімічний	Нафтохімічної розливи, виток трансформаторного масла, добрива	
Сухий електричний	Виробничі дефекти, механічні пошкодження		Корозія нейтралі	Без оболонки кабелю в ґрунті, що підвищує корозії міді, кабель в оболонці з агресивними попаданнями води	
			Електричний інтерфейс	Попадання вологи, погана якість роботи	
Висока щільність малих водних дерев	Попадання вологи (зовні і через провідника)		Електрична зовнішність	Забруднення навколишнього середовища	

Порушення електричної міцності ізоляції відбувається з різних причин. Основними з них є:

- механічні або корозійні пошкодження захисних оболонок (свинцевої, алюмінієвої, пластмасової), що призводить до порушення герметичності і потрапляння вологи в ізоляцію;
- заводські дефекти (тріщини або наскрізні отвори в захисних оболонках);
- дефекти монтажу сполучних і кінцевих муфт кабелів (не пропаяні шийки муфт, надломи ізоляції, неповна заливка мастикою тощо);
- осушення ізоляції внаслідок місцевих перегрівів кабелю;
- старіння ізоляції.

Типові ушкодження, що виникають в процесі експлуатації можна умовно розділити на декілька категорій:

1) однофазні ушкодження – найпоширеніший вид ушкоджень силових кабельних ліній напругою 1-10 кВ. При цьому виді ушкоджень одна з жил кабелю замикається на його екрануючу оболонку. Однофазні пошкодження можна розділити на три групи за значенням перехідного опору в місці замикання. До першої групи належать пошкодження з перехідним опором, рівним десяткам і сотням МОм (запливаючий пробій). До другої групи належать пошкодження з перехідним опором від одиниць Ом до сотень кОм і до третьої групи – пошкодження з опором, близьким до нуля.

2) Міжфазні пошкодження складають близько 20% всіх видів пошкоджень кабельних ліній. Їх можна розділити на дві групи. До першої належать пошкодження з перехідним опором у місці дефекту, близьким до нуля, і до другої групи – з опором від одиниць кОм до сотень МОм. У першому випадку часто всі три жили зварюються між собою і з екрануючою оболонкою. При великому струмі короткого замикання кабель може перегоріти на дві частини. При міжфазних пошкодженнях, які відносяться до другої групи, зазвичай між жилами і оболонкою кабелю є перехідний опір і замикання між собою двох жил відбувається через екрануючу оболонку. Замикання двох жил між собою без замикання на оболонку відбувається дуже рідко.

3) Розрив (розтяжка) жил кабельних ліній. Даний вид пошкодження утворюється через переміщення шарів ґрунту в місцях розташування муфт, внаслідок чого відбувається витягування жил кабелю, а в муфтах, як правило, розрив жил (розтяжка). Розрив жил кабельних ліній може статися і в цілому місці через різні механічні впливи або заводський брак.

4) Пошкодження ізолюючої пластмасовою зовнішньої оболонки кабельних ліній. У пластмасовій зовнішній захисній оболонці силових кабелів можуть виникати ушкодження, викликані механічними впливами при прокладанні кабелю або переміщенні ґрунту. Волога, яка потрапляє через ці пошкодження на екрануючу оболонку кабелю, викликає її корозію і вихід кабелю з ладу, що може статися під робочою напругою. Тому виявлення пошкоджень захисної пластмасової оболонки є важливим завданням. Слід врахувати, що визначити пошкодження даного виду можна тільки в тому випадку, якщо всі муфти на трасі кабелю ізолювані від землі.

Основна частина. Пошкодженням слід вважати фрагмент кабелю, в наслідок руйнування або потрапляння сторонніх речовин, в якому мають місце зміна параметрів відносно початкових. Також, під пошкодженням слід розуміти місце введення замість старого (дефектного) кабелю фрагменту нового кабелю. Зрозуміло, що такий кабель в цілому має сталі параметри, але в місцях з'єднання властивості змінюються від нового до старого та від старого до нового кабелів. Хоча кабель замінено на новий, властивості сегментів відрізняються, а отже і при використанні різноманітних методів діагностики [5, 6, 7] новий сегмент буде ідентифікований як фрагмент із зміненими властивостями.

В наслідок того, що пошкодження може бути спричинено локальним пошкодженням – розрив, коротке замикання та так далі, і розмір цього пошкодження є достатньо малим, то можна вважати, що має місце так зване «точкове» пошкодження.

Точкове пошкодження зображено на рис. 1. Характерною особливістю точкового пошкодження є стрибкоподібність зміни параметрів. На рис. 1 б) показано, що коефіцієнт відбиття змінюється стрибкоподібно.

В результаті при проходженні сигналу через лінію відбувається відбиття від такого пошкодження. Для рис. 1 це є точкове відбиття, а отже відбивається вся енергія тільки на одному пошкодженні.

Коефіцієнт відбиття визначається як:

$$\Gamma = \frac{Z_n - Z_{\text{л}}}{Z_n + Z_{\text{л}}}$$

На початку пошкодження лінії коефіцієнт відбиття буде дорівнювати:

$$\Gamma = \frac{Z'_{\text{л}} - Z_{\text{л}}}{Z'_{\text{л}} + Z_{\text{л}}}$$

На кінці пошкодження лінії коефіцієнт відбиття буде дорівнювати:

$$\Gamma = \frac{Z_{\text{л}} - Z'_{\text{л}}}{Z_{\text{л}} + Z'_{\text{л}}}$$

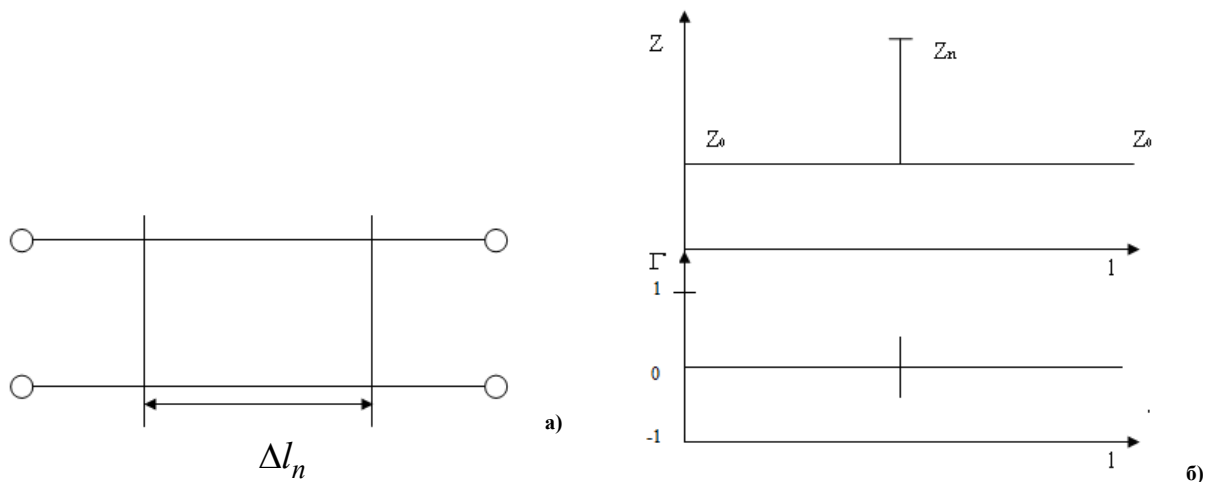


Рис. 1. Пошкодження (а) та зміна коефіцієнта відбиття (б) при точковому виді пошкодження

Разом із тим, при руйнуванні оболонки кабелю, в кабель потрапляють сторонні речовини. Так, наприклад, вода має тенденцію до поширення вздовж провідника. В наслідок ми отримуємо пошкодження, що локалізується на широкій ділянці кабелю, а ступінь впливу на кабель буде визначатись величиною потрапляння води в кабель. Отже, таке пошкодження є «розподіленим».

Кабелі, в які потрапила вода (таблиця 1), можна умовно розділити на два типи: вологі і з намоканням. Кабелі магістрального ділянки абонентської телефонної мережі частіше виявляються вологими, оскільки вони утримуються під надлишковим повітряним тиском, який перешкоджає проникненню води в повітряний сердечник кабелю. Разом з тим, через ділянки негерметичності кабелю вологе повітря може безперешкодно проникати в повітряний сердечник кабелю. Замокають ж зазвичай розподільні кабелі, які не містяться під надлишковим повітряним тиском.

У кабелях підземної прокладки вода може накопичуватися в існуючих порожнечках, а в кабелях повітряної підвіски – в нижній точці їх провисання. У теплу погоду вода випаровується, а в холодну – знову конденсується. В результаті жили, і особливо зростки жил, піддаються корозії, що призводить до підвищення їх опору.

На жаль, це підвищення опору важко виявити, оскільки воно відбувається дуже повільно. Наслідки замокання кабелю залежать від типу ізоляції. У кабелях з паперовою ізоляцією вода, що проникла, майже відразу ж підвищує, по-перше, ємність між жилами крученої пари, оскільки відносна діелектрична проникність води істотно вище відносно діелектричної проникності паперу, і по – друге, провідність між жилами кручених пар. Підсумком цих процесів є істотне збільшення загасання АЛ.

У кабелях з поліетиленовою ізоляцією з гідрофобним заповненням і без нього замокання кабелю показує себе більш повільно.

Досить часто ізоляція провідників має тріщини. При наявності таких тріщин і води в кабелі виникає електроліз між провідниками кручених пар, які мають різні потенціали і екраном кабелю. Підсумком цього процесу є поява ємнісної асиметрії та асимптотичних високоомних витоків між провідниками кручених пар і екраном (землею) [1, 3].

Обидва зазначених чинника різко підвищують перехідні перешкоди і взаємний вплив між ними.

У підсумку, наприклад, абонент телефонної мережі буде чути розмови інших абонентів (так звані виразні перехідні впливи), а користувач послуги DSL відчує уповільнення швидкості роботи каналу даних, а в гіршому випадку і повну його відмову.

Ємнісна асиметрія пари буде особливо значною, якщо один з її провідників опинився у воді, а другий залишився сухим. Якщо таке пошкодження не усунути, то з плином часу абонент перестане отримувати сигнал відповіді станції.

На рис. 2 та рис. 3 показано дві моделі пошкодження кабелю. Модель (рис. 2) характерна для кабельної лінії із заміщенням частини кабелю на фрагмент нового. Як видно з рис. 2 а, хвильовий опір стрібноподібно змінюється (в даному випадку – зростає та повертається до початкового значення), а на рис. 2 б – відповідна зміна коефіцієнта відбиття.

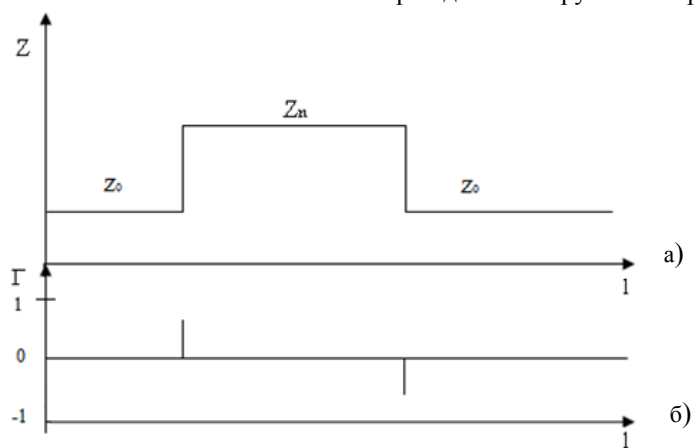


Рис. 2. Стрібноподібне пошкодження (а) та зміна коефіцієнта відбиття (б)

Внаслідок наявності відбиття від початку та від кінця пошкодження виникає складне перевідбиття. Явище перевідбиття було проаналізовано у роботі [8].

Модель на рис. 3 характерна для цілісної кабельної лінії, в якій відбулось затікання рідини. В місцях сталої концентрації рідини, очікуваним є стала зміна характеристики кабелю. З віддаленням від центральної частини, з проникненням рідини далі, концентрація рідини зменшується, а отже і зменшується вплив на провідник. Наслідком є плавна зміна в цих областях параметрів провідника.

Така зміна властивості провідника призводить до виникнення цілого ряду (фактично безмежної кількості) рядом розташованих точок відбиття (рис. 3, б), що існують в межах області з перехідним хвильовим опором.

На рис. 3, б) показано дві таких зони – на початку та в кінці лінії із затіканням. Значення коефіцієнта відбиття тим сильніше буде наближено до нуля, чим більш протяжною областю буде зона зміни властивості кабелю

Таким чином, визначено, що проходження сигналу в лінії буде визначатись не тільки параметрами та властивостями лінії, тобто її номінальними властивостями. А також буде залежати і від наявності в лінії зон із зміненими властивостями.

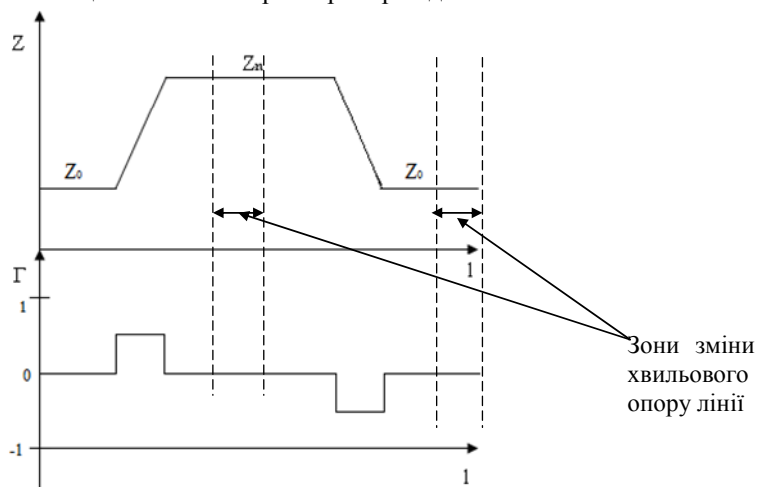


Рис. 3. Пошкодження та зміна коефіцієнта при розподіленому пошкодженні з плавно наростаючою зміною параметрів лінії

Література

1. Абрамов К. К. Моделирование и расчет кабелей связи на ЭВМ / К. К. Абрамов. – М. : Связь, 1979. – 79 с. : ил. :
2. Абрамов К. К. Модель конструкции обобщенного кабелю связи / К. К. Абрамов // Наука и техника. – №2. – 2008. – С. 13-18 .
3. Абрамов К. К. Электрическое поле и параметры кабеля с неоднородным диэлектриком / К. К. Абрамов, Л. П. Алексеева // Труды ВНИИКТ. – Вып. XVIII. – М. : Энергия, 1975. – С. 15-24.
4. Горяченко К.Л. Огляд класичних моделей провідникових регулярних ліній передачі / К.Л. Горяченко // Вісник ХНУ. – Технічні науки. – 2012. – №5. – С. 247-250.
5. 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.
6. Любчик В.Р. Розробка фазового методу вимірювання відстаней до двох об'єктів // Вісник технологічного університету Поділля. – 2004. - № 2. – С. 108-114.
7. Холодный С.Д. Методы испытаний и диагностики кабелей и проводов. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 200 с. : ил.
8. Горяченко К.Л. Перевідбиття в провідниковій лінії для випадку двох та більше пошкоджень / К.Л. Горяченко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – №5. – С. 236-238.

References

1. Abramov K. K. Modelirovanie i raschet kabelej svjazi na JeVM. M. : Svjaz', 1979. – 79 p. :
2. Abramov K. K. Model' konstrukcii obobshhennogo kabeļu svjazi. Issue 2. 2008. – S. 13-18 .
3. Abramov K. K. Jelektricheskoe pole i parametry kabeļa s neodnorodnym dijelektrikom. Trudy VNIKIP. Vyp. XVIII. M. : Jenergija, 1975. P. 15-24.
4. Gorjashhenko K.L. Ogljad klasicnih modelej providnikovih reguljarnih linij peredachi. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2012. Issue 5. P. 247-250.
5. Glebovich G.V., Andrijanov A.V., Vvedenskiy Ju.V. Issledovanie ob#ektov s pomoshh'ju pikosekundnyh impul'sov. M. Radio i svjaz', 1984. 256 p.
6. Ljubchik V.R. Rozrobka fazovogo metodu vimirjuvannya vidstanej do dvoh ob'ektiv. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2004. Issue 2. P. 108-114.
7. Holodnyj S.D. Metody ispytanyj i diagnostiki kabelej i provodov. M. : Jenergoatomizdat, 1991. 200 p.
8. Gorjashhenko K.L. Perevidbittja v providnikovij linii dlja vipadku dvoh ta bil'she poskodzhen'. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2013. Issue 5. P. 236-238.

Рецензія/Peer review : 25.5.2014 р.

Надрукована/Printed : 1.10.2014 р.
Рецензент: д.т.н., проф. І.В. Троцишин