

## МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ПО ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

© Макаренко А. О., Гринкевич Г. О., 2015

Розглядається вплив індустриальних завод на симетричні лінії мереж електроживлення, використовуваних для створення багатоканальних систем. Пропонується компенсаційний метод для зменшення впливу індустриальних завод на такі системи.

Ключові слова: мережа електроживлення, індустриальні заводи, електричне поле, антена, двопровідна симетрична лінія, термінал, компенсація завод.

A. O. Makarenko, G. O. Hrynkevych  
State University of Telecommunications, Kyiv

## METHODS OF INCREASE NOISE IMMUNITY TELECOMMUNICATION SYSTEMS OF DATA TRANSMISSION MAINS ON OF THE POWERLINE

© Makarenko A. O., Hrynkevych G. O., 2015

Considered the influence of industrial noise on symmetric lines PowerLine at their use to create multichannel systems. Proposed compensation method to reduce the impact of industrial noise on such systems.

For today actively developing telecommunication system, which used PowerLine as a medium of data transfer – boundless information environment, what is used in every home.

The main problem in creating specific telecommunication systems is a significant level of external noise that takes from the environment and affect the PowerLine, which in fact is the antenna system.

The most significant obstacle is the external noise of natural origin (especially lightning) and industrial noise, which create electric ignition systems of automobiles, fluorescent lamp, lifts, welding machines and other electrical appliances.

Industrial noise is a complex process with continuous spectrum, which has a log-normal distribution. Obviously, the spectrum of industrial noise rather broad and does not go beyond 1 GHz.

House power system within one electrical substation can be seen as a complex antenna system with multiple parts.

To substantially reduce the impact of external interference in symmetrical two-wire line, which is appropriate to use the PowerLine proposed in [8] the method of compensation.

It uses special devices that receiving external noise and transmitted it's in the supply line inverted antiphase signal which compensates interference line taken directly from the environment.

That is the total noise spectral density of signal lines equal to 0 and will be made full compensation of noise, which is possible only in theory. But in practice implementation errors do not give the possibility to make full compensation interference, but a significant reduction can be achieved.

**Connection to line two or more devices of noise compensation through a distance will ensure evenly magnitude compensating signal interference. The values of the distance between the devices compensate for interference, and their level at the receiver input terminals require additional research and calculations.**

**The results can also be useful when creating telecommunication systems with air lines.**

**Key words: PowerLine, industrial noise, electric field, antenna, symmetrical two-wire line, terminal noise compensation.**

### **Вступ**

Важливим завданням у сфері телекомунікаційної інфраструктури є розвиток місцевих цифрових мереж зв'язку. Причому в сфері телекомунікацій проблема останньої милі залишається однією з найактуальніших. Очевидно, що від застосованих рішень для побудови мереж доступу багато в чому залежить ефективне функціонування корпоративних та локальних мереж зв'язку.

Сьогодні активно розвиваються телекомунікаційні системи, які використовують мережу електроживлення як середовище передавання даних – інформаційне середовище, що є в кожному будинку.

Поширеність електричних мереж 220 В, 380 В, відсутність необхідності будівництва кабельної каналізації, пробивання стін і прокладення кабелів зв'язку стимулюють дослідження силових мереж як альтернативного середовища передачі даних і розвиток нової технології широкопasmового доступу з використанням електромереж – технології PLC – Power Line Communications. Мережі електроживлення, які існують в кожному будинку, являють собою готове середовище для створення телекомунікаційних систем [1, 2]. Основна проблема під час створення конкретних телекомунікаційних систем – високий рівень зовнішніх завад, що приймає з навколишнього середовища електрична мережа, яка, фактично, являє собою антенну систему.

За характером дії завад на вхідні кола абонентських терміналів (АТ) їх класифікують на дві великі групи [3–6]:

- завади природного походження;
- індустриальні завади.

До завад природного походження належать атмосферні завади, викликані розрядами блискавок і космічними шумами. Ці завади особливо характерні для випадку, коли канал зв'язку реалізований за допомогою повітряних ліній електропередачі. Для вхідних кіл АТ особливо небезпечні завади, зумовлені грозовими розрядами. Дія цих завад може призвести до виходу з ладу апаратури зв'язку. Для захисту від цих завад в коло узгодження АТ з лінією зв'язку встановлюють розрядники, що перешкоджають дії потужної імпульсної завади на вхідне коло АТ.

Термін “індустриальні завади” об'єднує широке коло електромагнітних завад, що створюються різними електронними й електротехнічними пристроями, які застосовуються в техніці, побуті тощо [3, 4]. Роль методів боротьби з індустриальними перешкодами, що впливають на телекомунікаційне обладнання, дуже велика, оскільки ці перешкоди не лише погіршують показники якості засобів радіомовлення, зв'язку, телебачення тощо, але і є однією з найважливіших причин порушення електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів. Джерела індустриальних завад щільно розміщені в просторі, часто в безпосередній близькості від радіоелектронних засобів, тому індустриальні завади великою мірою визначають електромагнітну обстановку [1–5].

Отже, розроблення методу підвищення завадостійкості телекомунікаційних систем на основі електричних мереж з компенсацією зовнішніх завад є актуальним завданням у сфері телекомунікаційних систем доступу.

### **Основний матеріал**

Універсальних методів захисту від завад не існує, оскільки будь-яка складна система за характером обстановки, завадами і шляхів дії на неї завад є індивідуальною.

Відомі дві основні групи методів боротьби з завадами (рис. 1) [3–6]:

- зниження рівня (амплітуди) завад;
- внутрішня компенсація.



*Рис. 1. Методи боротьби із завадами*

Перша група способів передбачає як зменшення кількості джерел завад, так і рівня сигналів у джерелах завад, і способи, що належать до цієї групи, оснований на запобіганні виникненню джерел завад, пригніченні та компенсації завад [2, 3, 6].

У пристроях, що містять контактори, реле, переривачі й інші елементи комутації, схеми зниження рівня завад є реактивними іскрогасячими колами і резистивними шунтами, що встановлюються паралельно до контактів. Одним з варіантів зниження рівня завад є заміна електромеханічних контакторів та реле на симістори. Однак самі по собі ці прилади теж є джерелами індустриальних завад, але використання схем відстежування переходу фази мережевої напруги через нуль унеможливує виникнення цього типу індустриальних завад.

Індустриальні завади являють собою складний випадковий процес із суцільним спектром, який має логарифмічно-нормальний закон розподілу [3, 4].

Індустриальні завади як випадковий процес можна охарактеризувати залежністю [3]

$$j [20 \log S_z(f_0)] = \frac{1}{\sqrt{2p} s_s} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{20 \log S_z(f_0) - m_s}{s_s} \right)^2 \right], \quad (1)$$

де  $S_z(f_0)$  – спектральна щільність завади на центральній частоті  $f_0$  спектра завад;  $m_s$  – математичне очікування процесу, дБ

$$m_s = M [20 \log S_z(f_0)], \quad (2)$$

$s_s$  – середньоквадратичне відхилення, дБ

$$s_s = s [20 \log S_z(f_0)]. \quad (3)$$

На рис. 2 наведено залежності  $m_s$  і  $s_s$  від частоти для індустриальних завад, які спостерігаються в міському будинку.

На рис. 3 наведена залежність середньоквадратичної величини напруженості електричного поля індустриальних завад від частоти [4].

Очевидно, що спектр індустриальних завад доволі широкий і не виходить за межі 1 ГГц.

Для використання в подальших розрахунках напруженості завад доцільно визначити графічні залежності (рис. 3) в аналітичному вигляді. Тоді для визначення спектральної щільності потужності завад великого міста одержимо

$$S(f) = X \log f, \quad (4)$$

де  $X = 77.1$  мкВ/м/Гц – рівень спектральної щільності завад великого міста.

Для сільської місцевості

$$S(f) = Y \log f, \quad (5)$$

де  $Y = 9.77$  мкВ/м/Гц – рівень спектральної щільності завад сільської місцевості.

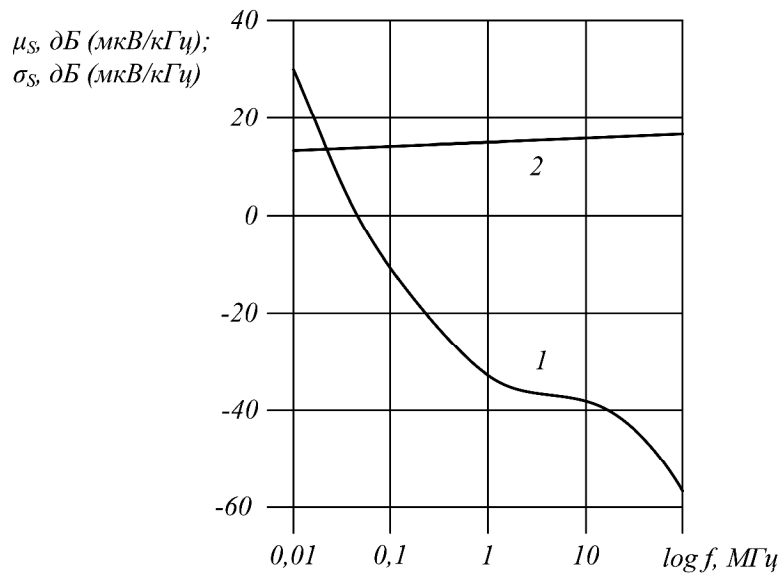


Рис. 2. Залежність спектральної щільності математичного очікування (1) та середньоквадратичного відхилення (2) сигналу завад від частоти

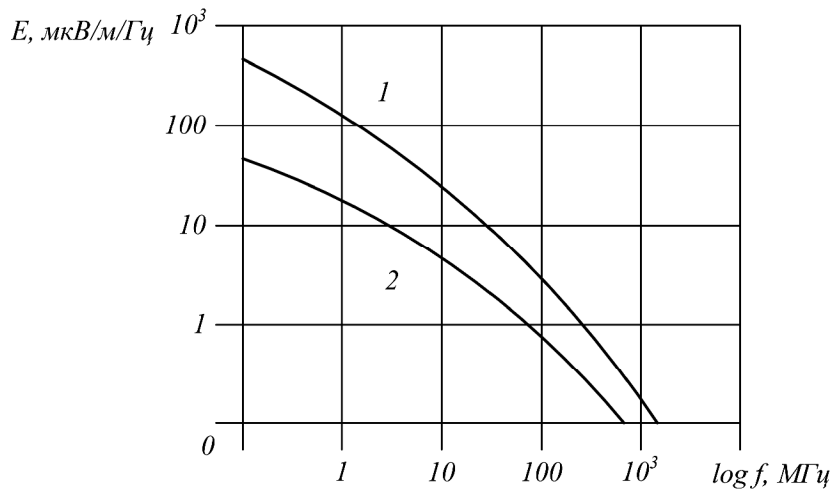


Рис. 3. Залежність спектральної щільності завад від частоти:  
1 – рівень завад великого міста; 2 – рівень завад у сільській місцевості

Сумарна напруженість електричного поля завад в смузі часто  $\Delta f = f_2 - f_1$  дорівнюватиме

$$S_{\Sigma} = \int_{f_1}^{f_2} S(f) df. \quad (6)$$

Систему електроживлення будинку і території в межах однієї електричної підстанції можна розглядати як складну антенну систему з безліччю частин [7].

Діючу висоту такої антенної системи (рис. 4) можна визначити за формулою [7]

$$h_d = \frac{1}{\rho} \sin \left[ k \left( h_{ekv} - \frac{h}{2} \right) \right] \sin \frac{kh}{2}, \quad (7)$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі сигналу;  $h$  – висота електричного кабелю;  $h_{екв}$  – еквівалентна висота електричного кабелю;  $k = 2p/l$ . Напругу завад у мережі в смузі частот  $\Delta f$  можна визначити з використанням формули (7)

$$U_z = S_{\Sigma} \cdot h_d = S(f) \cdot \Delta f \cdot h_d \quad (8)$$

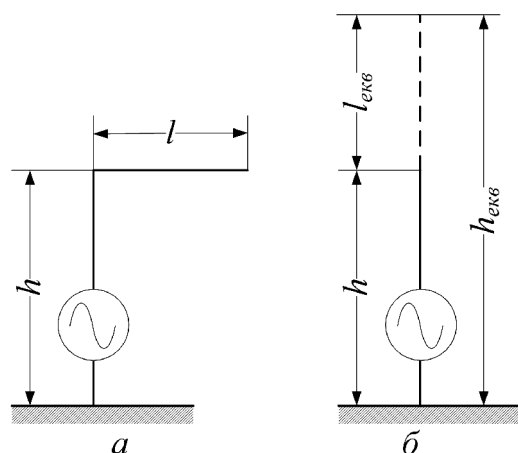


Рис. 4. Схема електричної мережі як антенної системи (а) та її еквівалентна схема (б):  $h$  – висота електричного кабелю;  $l$  – довжина електричного кабелю

Для суттєвого зменшення впливу зовнішніх завад на двопровідну симетричну лінію, якою є електрична мережа, доцільно використати запропонований в [8] метод їх компенсації. Для цього використовуються спеціальні пристрої, які здійснюють окремий прийом зовнішніх завад та подавання в лінію інвертованого протифазного сигналу, який компенсує завади, безпосередньо прийняті лінією із зовнішнього середовища.

Спектральна щільність сигналу завад лінії на вході приймача терміналу становитиме

$$S_l(j\omega) = S_l(\omega) \exp[jj_l(\omega)], \quad (9)$$

де  $S_l(\omega)$  – амплітуда спектральної щільності завад;  $j_l(\omega)$  – фаза спектральної щільності завад.

Спектральна щільність сигналу завад на вході приймача терміналу, одержаного від пристрою компенсації завад, становитиме

$$S_k(\omega) = S_k(\omega) \exp[p + jk(\omega)], \quad (10)$$

де  $S_k(\omega)$  – амплітуда спектральної щільності інвертованої завади;  $jk(\omega)$  – фаза спектральної щільності інвертованої завади.

$$S_{\Sigma}(j\omega) = S_l(j\omega) + S_k(j\omega) = S_l(\omega) \exp[jj_l(\omega)] + S_k(\omega) \exp[p \pm jk(\omega)]. \quad (11)$$

Якщо створити режим, коли  $S_l(\omega) = S_k(\omega) = S_z(\omega)$ , рівняння (11) набуде вигляду  $S_z(j\omega) = S_z(\omega) \left[ \exp[jj_l(\omega)] + \exp[jk(\omega)] \right]$ .

Тобто  $S_z(j\omega) = 0$ , і забезпечено повну компенсацію завад, що можливо лише теоретично. Практично похибки реалізації не дадуть змоги здійснити повну компенсацію завад, але їх значного зменшення можна буде досягти.

### Висновки

Найістотнішими зовнішніми завадами є завади природного походження (особливо грозові розряди), а також індустриальні завади, які створюють електроприлади системи запалення автомобілів, люмінесцентні лампи, ліфтове обладнання, зварювальні апарати та інші електроприлади.

Підключення до лінії двох і більше пристроїв компенсації завад через певну відстань забезпечить рівномірну величину компенсувальних сигналів завад. Величини відстані між пристроями компенсації завад, а також їх рівень на вході приймачів терміналів потребують додаткових досліджень і розрахунків.

Одержані результати можуть бути корисними також для зменшення впливу індустриальних завад на системи з повітряними лініями зв'язку.

1. Макаренко А. О. Питання організації доступу до телекомунікаційних систем через мережу електроживлення / Макаренко А. О. // Наукові записки УНДІЗ. – 2008. – № 5. – С. 27–32.
2. Ferreira H.C. *Power line communications: theory and applications for narrowband and broadband communications over power lines* / H.C. Ferreira. – London: John Wiley & Sons, 2010. – 637 p.
3. Седельников Ю. Е. *Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств* / Седельников Ю. Е. – Казань: ЗАО “Новое знание”, 2006. – 304 с.
4. Певницкий В. П. *Статистические характеристики промышленных радиопомех* / Певницкий В. П., Полозок Ю. В. – М.: Радио и связь, 1988. – 248 с.
5. Cory W. *The importance of impedance in conduction measurements* / Cory W. // *IEEE Transactions on EMC*. – 1977. – Vol. EMC-19. – № 3. – P. 153–154.
6. Ефремов В. Е. *Передача информации по распределительным сетям 6-35 кВ* / Ефремов В. Е. – М.: Энергия, 1971. – 159 с.
7. Хміль В.Ф. *Задачи і вправи з антенно-фідерних пристроїв* / Хміль В.Ф. – К.: Техніка, 1967. – 180 с.
8. Пат. № 47389 Україна, МПК Н04В 3/00. *Телекомунікаційна система на основі двопровідної лінії з компенсацією зовнішніх завад* / Семенко А.І., Макаренко А.О. – № и200909736; заявл. 23.09.2010; опубл. 25.01.2010, Бюл. №2. – 4 с.