

# Запобігання та ліквідація надзвичайних ситуацій

УДК 621.37

DOI: 10.30748/soi.2017.149.31

О.С. Задунай<sup>1</sup>, С.І. Азаров<sup>2</sup>, В.Л. Сидоренко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Державний науково-дослідний інститут спеціального зв'язку та захисту інформації, Київ

<sup>2</sup> Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

<sup>3</sup> Інститут державного управління у сфері цивільного захисту, Київ

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ВТОРИННИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

*Розглянуто зв'язок основ теорії завадостійкості з їх практичним застосуванням в електротехнічному обладнанні об'єктів критичної інфраструктури. Наведено результати впливу електричних та електромагнітних факторів на безпечну експлуатацію інформаційних і керуючих систем, методи боротьби зі шкідливим впливом, методи підвищення завадостійкості та приклади модернізації інформаційних і керуючих систем. Показана необхідність контролю електромагнітної сумісності безпосередньо на місці експлуатації обладнання і систем важливих для безпеки об'єктів критичної інфраструктури.*

**Ключові слова:** інформаційні та керуючі системи, об'єкти критичної інфраструктури, технічні засоби автоматизації, електричні та електромагнітні впливи, якість мережі електроживлення.

### Вступ

**Постановка проблеми.** До електромагнітних зовнішніх чинників відносять електромагнітні процеси, викликані роботою або порушеннями в роботі інших технічних засобів автоматизації (ТЗА), технологічного обладнання об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ), а також природними явищами і діями персоналу, які погіршують або можуть погіршити якість функціонування ТЗА (далі – завади).

Критична інфраструктура України – це системи та ресурси, фізичні чи віртуальні, що забезпечують функції та послуги, порушення яких призведе до найсерйозніших негативних наслідків для життєдіяльності суспільства, соціально-економічного розвитку, обороноздатності країни та забезпечення національної безпеки.

В чинному законодавстві України визначено такі категорії ОКІ, для яких регламентуються особливі умови забезпечення їх захисту та функціонування [1]:

підприємства, що мають стратегічне значення для економіки та безпеки держави;

об'єкти, включені до Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів;

об'єкти підвищеної небезпеки;

важливі державні об'єкти;

об'єкти, що підлягають обов'язковій охороні підрозділами Державної служби охорони за догово-

рами;

об'єкти, що підлягають охороні та обороні в умовах надзвичайних ситуацій і в особливий період; особливо важливі об'єкти електроенергетики; особливо важливі об'єкти нафтогазової галузі; національна система конфіденційного зв'язку; платіжні системи;

система екстреної допомоги населенню за єдиним номером 112;

аварійно-рятувальні служби;

нерухомі об'єкти культурної спадщини.

Вплив електромагнітної сумісності на ТЗА розглядають у двох аспектах: з одного боку, це порушення працездатності ТЗА під впливом завад, з іншого, – те, що самі ТЗА можуть служити джерелами завад для інших виробів, у тому числі інших ТЗА.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Завадостійкістю в теорії передачі електричних сигналів називають здатність каналу зв'язку протистояти впливу завад. Серед усіх можливих видів завад виняткове місце займає так звана флуктуаційна завада типу «білий шум», що складається з окремих вельми короткочасних імпульсів (тривалість 10–12 с) з випадково змінною амплітудою. Білий шум – це стаціонарний випадковий процес, спектральна щільність потужності якого постійна на всіх частотах. Згідно з теоремою Віннера-Хініча [2], кореляційна функція

білого шуму являє собою дельта-функцію. Білий шум є абстрактною математичною моделлю і фізично існувати не може. Це пояснюється насамперед нескінченністю його дисперсії (середньої потужності). Виникнення білого шуму пояснюється тепловим рухом елементарних частинок. Особлива роль білого шуму полягає в тому, що він є основним видом завад, що визначають чутливість приймача. Тому в теорії передачі інформації для спрощення аналізу розглядається вплив білого шуму у випадках, коли смуга пропускання досліджуваної системи істотно вужча ефективної ширини спектра шуму, що на неї впливає.

У публікаціях [3; 4] вимоги завадостійкості встановлюють, загалом відносно наступних видів завад, що спричинені:

розрядами статичної електрики на корпус, органи управління і зовнішні екрани кабелів;

мікросекундними імпульсними завадами в ланцюгах живлення;

наносекундними імпульсними завадами, що надходять від зовнішніх джерел на інформаційні ланцюги і ланцюги живлення;

випроміненими радіочастотними завадами; динамічними змінами напруги електроживлення;

магнітними полями промислової частоти; імпульсними магнітними полями;

короткочасними синусоїдальними завадами у ланцюгах захисного і сигнального заземлення;

мікросекундними імпульсними завадами в ланцюгах захисного і сигнального заземлення.

Залежно від класу безпеки ТЗА та електромагнітної обстановки в місці, де планується розміщення ТЗА, встановлюють групу завадостійкості.

Значення дотримання вимог електромагнітної сумісності важко переоцінити. Будь-який ОКІ має систему управління та електроживлення, а також контрольно-вимірювальну апаратуру. Застосування інформаційних технологій, рішення задач по збільшенню потужності ОКІ, розширення систем енергопостачання призводить до збільшення впливу завадостійкості на апаратуру та обладнання ОКІ. У зв'язку із швидким розвитком і широким використанням мікропроцесорної техніки порогів рівень електромагнітних завад, що порушують нормальне функціонування енергетичного обладнання, різко знизився. Наприклад, час спрацювання електромеханічних реле старого зразка та електронного устаткування, розробленого в 1950–1980 роках, становив близько 20 мс, тоді як час спрацювання сучасного цифрового устаткування – близько 0,2 мкс, тобто в 100000 разів менше. Зниження робочої напруги реле з 110 до 5 В збільшило чутливість сучасного цифрового обладнання до високочастотних електромагнітних завад комутаційного характеру, до магнітних і

електричних полів, мікросекундних імпульсних завад великої енергії. Крім того, кількість відмов електрообладнання ОКІ є однією з найбільших в порівнянні з іншими системами, що призводять до порушення або повної зупинки роботи цих об'єктів. Причинами відмов часто є саме недотримання вимог до завадостійкості. Це не завжди правильно визначається комісіями з розслідування причин відмов і може призвести до повторної аналогічної відмови та аварії.

**Мета даної статті** – надати інформацію, що може бути корисна експлуатуючому персоналу, розглянути вплив завад у вторинних ланцюгах, що призводять до помилкового спрацювання.

## Основна частина

Розглянемо найбільш характерний вплив завад, що призводить до помилкового спрацювання апаратури. Як приклад можна навести вплив завад на пристрій накопичення та обробки інформації (ПНОІ). При надходженні на вхід ПНОІ від блоків детектування імпульсного або струмового сигналу з завадами можливо помилкове спрацювання аварійного та попереджувального захистів.

Відомо [3], що на вхід приймального пристрою або приймача (в даному разі – ПНОІ) будь-якої системи зв'язку зазвичай надходить суміш переданого сигналу  $S(t)$  і завад  $v(t)$  у вигляді:

$$x(t) = S(t) + v(t). \quad (1)$$

Причому сигнал  $S(t)$  являє собою, як правило, складне коливання, що містить, крім часу  $t$ , безліч параметрів: амплітуду  $a$ , фазу  $b$ , частоту  $c$ :

$$S(t) = f(a, b, c, \dots t). \quad (2)$$

Один або група цих параметрів використовується для передачі інформації, а завданням приймача є визначення (вимірювання) цих параметрів в умовах перешкоджаючої дії завад. Якщо це завдання розв'язується кращим чином порівняно з іншими приймачами, такий приймач має назву оптимального або приймача, що реалізує потенційну стійкість перед завадами («ідеальний» приймач).

Видатний радянський вчений В.А. Котельников [4] створив теорію потенційної завадостійкості, що дає можливість визначати якість будь-яких каналів зв'язку. Причому потенційну завадостійкість вперше було визначено в умовах гауссовських завад. Відповідно до цієї теорії будь-яка система передачі інформації із заданим ансамблем сигналів в умовах конкретних завад має граничну завадостійкість, які не можна поліпшити шляхом вдосконалення приймача, і тому має назву потенційної завадостійкості.

Залежно від призначення системи контролю, завдання приймача визначатимемо наступним чи-

ном:

- виявлення завад у сигналі;
- розв'язання проблеми розпізнавання двох сигналів (або  $N$  сигналів);
- оцінка параметрів сигналу;
- відновлення форми сигналу, що передається;
- визначення статистичного критерію оптимального прийому дискретних сигналів.

З викладеного зрозуміло, що приймач являє собою вирішальний пристрій (рис. 1), який відповідно до правила  $\Phi(x)$  (правило рішення) знаходить значення інформаційного параметра (визначає призначення вихідного сигналу  $y(t)$ ), використовуючи вхідний сигнал  $x(t)$ .

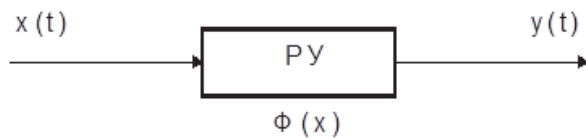


Рис. 1. Схема визначального пристрою для оцінки сигналів

Приймач визначає, чи є на його вході сигнал (разом із завадою) або ж тільки завада, а сам сигнал заздалегідь відомий.

На рис. 2 в заданому просторі (система координат  $\Phi, Z$ ) зображено вектор сигналу  $S(t)$ , на який накладаються вектори завад з різними фазами і амплітудами (в будь-який момент часу до вектора сигналу додається один з векторів завад), та наведено декілька векторів завад, щоб показати, що вектор завади може мати будь-яку фазу та величину. Якщо сигнал  $S(t)$  на вході приймача відсутній, вектори завад виходять з початку координат (точка 0).

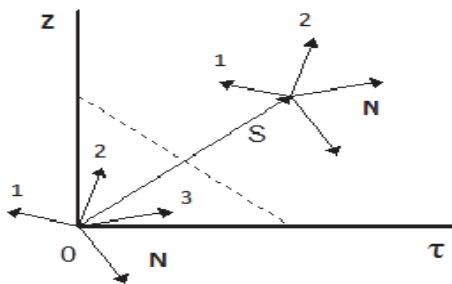


Рис. 2. Схема виявлення сигналу при завадах

Для вирішення питання про наявність чи відсутність сигналу на вході приймача весь простір розіб'ємо на два підпростори: підпростір сигналу і підпростір завад. Залежно від того, в який підпростір потрапляє кінець результуючого вектора, приймач прийме рішення про наявність чи відсутність сигналу на його вході. Межа підпросторів буде залежати від критерію достовірності, що використовується при прийомі. Якщо під дією завади кінець сумарного вектора потрапляє в підпростір завад – має місце

пропуск сигналу, якщо ж кінець вектора завади без сигналу потрапляє в підпростір сигналу – має місце помилкова тривога.

На рис. 3 показано два вектори сигналів разом із завадами. Припустимо, приймач визначає, який із сигналів ( $S_1$  або  $S_2$ ) є на його вході. Весь простір сигналів і завад поділимо на підпростори за числом сигналів (у даному разі на два підпростори). Приймач буде приймати рішення на користь того сигналу, в підпросторі якого знаходиться кінець вектора суми сигналу і завади. Якщо під дією завади кінець сумарного вектора потрапить в чужий підпростір, станеться помилка.

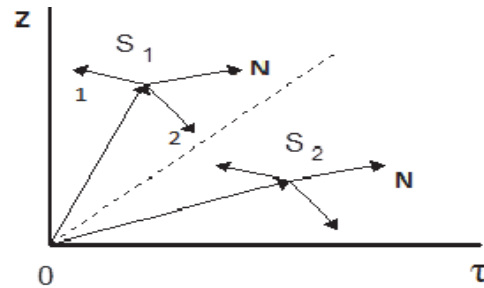


Рис. 3. Схема розпізнавання двох сигналів при завадах

Слід мати на увазі, що в приймачі, призначеному для приймання дискретних сигналів (виявлення чи розпізнавання сигналів), форма вихідних сигналів, як правило, не співпадає з формою сигналів на його вході. Наприклад, якщо приймач здійснює розпізнавання сигналів  $S_1(t) = A \cdot \cos \omega_1 t$  та  $S_2(t) = A \cdot \cos \omega_2 t$  (дискретна частотна модуляція), то при прийманні сигналу  $S_1(t)$  на виході приймача буде імпульс напруги позитивної полярності, а при прийманні сигналу  $S_2(t)$  – імпульс негативної полярності (або нуль, залежно від конкретної реалізації схеми приймача).

Кількісно завадостійкість визначається мірою відповідності прийнятого повідомлення (сигналу) переданому. Цей захід (міра якості рішення) через випадковий характер завад завжди є статистичним та визначається споживачем повідомлення (ступенем чутливості споживача до тих чи інших спотворень).

Оптимальний приймач (оптимальне правило рішення) буде забезпечувати найкращу якість рішення, тобто мінімум спотворень переданого повідомлення відповідно до міри якості, заданої споживачем. Оптимальне значення міри якості, що досягається приймачем у процесі оптимізації, назовемо критерієм оптимальності прийому (критерієм якості).

Розглянемо деякі найбільш вживані методи оцінки завадостійкості апаратури при передачі двох сигналів  $S_1(t)$  та  $S_2(t)$ , бо в техніці контролю таке

завдання зустрічається найчастіше.

Слід зазначити, що при розпізнаванні сигналів обов'язково виникають помилки при будь-якій потужності сигналу і завади, бо через випадковий характер завад можливі викиди завади значної величини.

На рис. 4 наведено граф переходів у системі контролю, коли передаються сигнали  $S_1(t)$  та  $S_2(t)$ . Якщо передано сигнал  $S_1$ , а прийнято  $y_1$  – означає, що перший сигнал прийнято правильно. Якщо ж передано сигнал  $S_1$ , а прийнято  $y_2$  – означає, що при прийомі замість першого сигналу отримано другий сигнал, тобто сталася помилка.

Умовні вірогідності  $P(y_1/S_1)$  та  $P(y_2/S_2)$  будуть вірогідності правильного приймання цих сигналів.

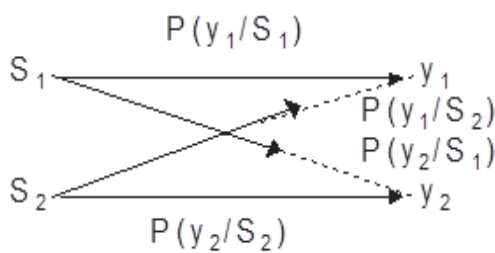


Рис. 4. Граф переходів у системі зв'язу

На сьогоднішній день не існує загальноприйнятого критерію завадостійкості, тому розглянемо кілька критеріїв завадостійкості при розпізнаванні сигналів [5–7]:

- 1) мінімального середнього ризику –  $R_{\text{ср.}}$ ;
- 2) максимальної достовірності –  $K_{\text{мп}}$ ;
- 3) ідеального спостерігача –  $K_{\text{пом.}}$ ;
- 4) Неймана-Пірсона –  $K_{\text{опт.}}$ .

Ці критерії фактично відрізняються правилом рішення  $\Phi(x)$ , виходячи з конкретних вимог споживача до якості прийому сигналів різного призначення.

### 1. Критерій мінімального середнього ризику

При прийомі дискретних сигналів щодо завадостійкості зазвичай використовується середній ризик  $R_{\text{ср.}}$ , тоді критерієм оптимальності є  $\min\{R_{\text{ср.}}\}$ . При цьому середній ризик визначимо за формулою:

$$R_{\text{ср.}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \Pi_{ij} P(S_i, y_j), \quad (3)$$

Де  $P(S_i, y_j)$  – спільна ймовірність передачі  $S_i$  та прийому  $y_j$ ;  $\Pi_{ij}$  – функція втрат (ризик споживача) при прийомі  $y_j$ , коли передавався сигнал  $S_i$ ; при цьому  $i=j$  відповідає правильному прийому (значення  $\Pi_{ij}=0$ ),  $i \neq j$  – помилка (значення  $\Pi_{ij}>0$ );  $m$  – число сигналів, що передаються.

Згідно з формулою (3) цей критерій для двох

сигналів можливо мінімізувати як середній ризик у вигляді:

$$R_{\text{ср.}} = \{ \Pi_{12}P(S_1, y_2) + \Pi_{21}P(S_2, y_1) = \Pi_{12}P(S_1)P(y_2/S_1) + \Pi_{21}P(S_2)P(y_1/S_2). \quad (4)$$

Залежно від значення функції втрат (в даному разі вагових коефіцієнтів  $\Pi_{12}$  и  $\Pi_{21}$ ) цей критерій може застосовуватися в системах зв'язку різного призначення з урахуванням тих втрат (або збитків), які є наслідком спотворення сигналів  $S_1$  та  $S_2$ .

### 2. Критерій максимальної достовірності

Критерій максимальної достовірності  $K_{\text{мп}}$  виходить з критерію мінімального середнього ризику, якщо прийняти, що:

$$\Pi_{12} = 1/P(S_1); \Pi_{21} = 1/P(S_2). \quad (5)$$

При цьому оптимальний приймач приймає рішення таким чином, що мінімізується значення:

$$K_{\text{мп}} = P(y_2/S_1) + P(y_1/S_2). \quad (6)$$

Критерій  $K_{\text{мп}}$  назвемо критерієм мінімуму втрат інформації, бо оптимальне правило рішення в цьому разі встановлює межу підпростору (див. рис. 2), щоб зменшити ймовірність спотворення того сигналу, ймовірність передачі якого менше (отже цей сигнал містить більше інформації).

Слід зазначити, що критерій максимальної достовірності застосовується в системах контролю також в тому разі, коли апріорні ймовірності  $P(S_1)$  та  $P(S_2)$  невідомі.

### 3. Критерій ідеального спостерігача

Якщо вагові коефіцієнти  $\Pi_{12}=\Pi_{21}=1$ , то критерій мінімального середнього ризику мінімізує середню ймовірність помилки, що визначається формулою:

$$K_{\text{пом.}} = P(S_1)P(y_2/S_1) + P(S_2)P(y_1/S_2). \quad (7)$$

Цей критерій назвемо критерієм ідеального спостерігача, що широко застосовується в системах контролю, коли спотворення будь-якого сигналу однаково небажані.

### 4. Критерій Неймана-Пірсона

У деяких системах контролю є необхідність фіксування (завдання) однієї з умовних ймовірностей –  $P(y_1/S_2)$  або  $P(y_2/S_1)$ .

При цьому оптимальний приймач приймає рішення таким чином, щоб мінімізувати не задану умовну ймовірність.

Критерій оптимальності, що використовується таким приймачем, має назву критерію Неймана-Пірсона [6].

Наприклад, задана ймовірність пропуску сигналу  $S_1$ , тобто  $P(y_2/S_1)=\alpha$ . Тоді критерій Неймана-

Пірсона вимагає мінімізації умовної імовірності  $P(y_1/S_2)$ , забезпечуючи задане значення  $\alpha$ . Імовірність  $P(y_1/S_2)$  зазвичай позначається  $\beta$ , тоді  $(1-\beta) = P(y_2/S_2)$  називається якістю рішення. Правило рішення Неймана-Пірсона забезпечує  $\min \beta$  або  $\max(1 - \beta)$  при  $\alpha = \text{const}$ .

Приймач при використанні критерію  $K_{\text{опт}}$  будеться так, щоб отримати достатньо малу імовірність пропуску сигналу (мети)  $P(y_2/S_1) = \alpha$ , з тим, щоб при цьому, не дивлячись на мінімізацію  $\beta = P(y_1/S_2)$ , може виявитися багато хибних сигналів, які доводиться контролювати.

Розглянемо більш уважно поняття відношення достовірності дискретного сигналу.

Розрізнення сигналів у приймальному пристрої зазвичай здійснюють встановленням деякого «порога» на виході приймача, що фактично грає роль кордону підпросторів сигналів  $S_1$  та  $S_2$ .

На рис. 5 наведено деякий дискретний сигнал  $S(t)$  (імпульси постійного струму), на який накладається флукуаційна завада, і проведена лінія, що відповідає обраному порозу  $S_n$ . Якщо  $S(t) < S_n$ , приймач видає сигнал  $S_1$ , якщо ж  $S(t) > S_n$ , приймач видає сигнал  $S_2$ . Як видно з рис. 5, на відрізку часу  $t_1, t_2$  під дією сильної завади величина  $S > S_n$ , тобто в цьому разі приймач може видавати сигнал  $S_2$ , хоча передавався  $S_1$ .

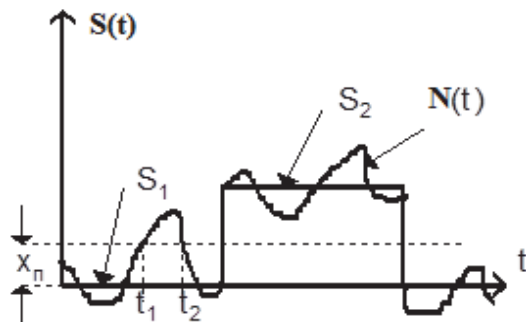


Рис. 5. Зміна дискретного сигналу залежно від завади

Різні критерії прийому дискретних сигналів фактично відрізняються способом встановлення величини порогу. Це завдання буде вирішуватись за допомогою відношення достовірності.

Якби на вході приймача були відсутні завади, мали б справу з «чистими» сигналами  $S_1$  та  $S_2$ , і завдання поділу сигналів було б надто простим. При наявності ж завад сигнали спотворюються і для їх опису доводиться використовувати імовірнісний простір. Самі сигнали разом із завадами описуються вже функціями щільності імовірності  $w(x/S_1)$  та  $w(x/S_2)$ , що зображено на рис. 6 (ці функції помножено на вагові коефіцієнти  $\Pi_{12}P(S_1)$  та  $\Pi_{21}P(S_2)$ , а також показано поріг  $x_n$ .

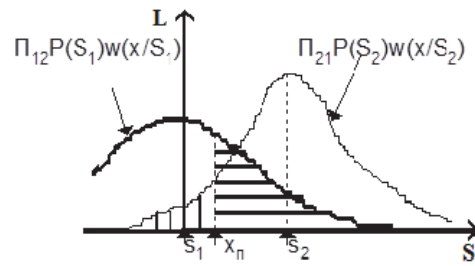


Рис. 6. Щільність імовірності сигналів із завадами

Площа заштрихованої ліворуч  $x_n$  частини рисунку дорівнює:

$$L = \int_{-\infty}^{x_n} \Pi_{21} P(S_2) w(x/S_2) dx = \Pi_{21} P(S_2) P(x/S_2), \quad (8)$$

а площа заштрихованої праворуч  $x_n$  частини:

$$L = \int_{x_n}^{\infty} \Pi_{12} P(S_1) w(x/S_1) dx = \Pi_{12} P(S_1) P(x/S_1). \quad (9)$$

Сума цих величин відповідно формули (3) є середній ризик  $R_{\text{ср}}$ .

З даних, наведених на рис. 6, видно, що  $R_{\text{ср}}$  буде мінімальним, коли мінімальна сумарна площа під кривими, а це відбудеться в тому разі, якщо  $x_n$  відповідає точці перетину кривих. Отже умовою отримання  $\min\{R_{\text{ср}}\}$  є такий поріг  $x_n$ , за якого настає рівність ординат наведених кривих, тобто:

$$\Sigma L = \Pi_{12} P(S_1) w(x/S_1) = \Pi_{21} P(S_2) w(x/S_2). \quad (10)$$

Звідки отримуємо наступне відношення:

$$\lambda(x) = \frac{w(x/S_1)}{w(x/S_2)}. \quad (11)$$

Вираз, що стоїть ліворуч в рівнянні (11), назовемо відношенням достовірності.

Функція  $w(x/S_1)$ , що представляє щільність імовірності того, що прийнятий сигнал  $x$  утворився при передачі сигналу  $S_1$ , назовемо функцією достовірності (цією функцією є також будь-яка монотонна функція від  $w(x/S_1)$ , наприклад  $\log[w(x/S_1)]$ ). Чим більше значення  $w(x/S_1)$ , тим більш імовірно, що  $x$  містить сигнал  $S_1$  (це впливає з рис. 6).

Вираз, що стоїть праворуч у формулі (11) назовемо пороговим відношенням достовірності:

$$\lambda_0 = \frac{n_{21}m(S_2)}{n_{12}m(S_1)}. \quad (12)$$

Слід зазначити, що приймач, що використовує відношення достовірності, працюватиме наступним чином. Спочатку аналізує сигнал, що надходить на його вхід, і визначає відношення достовірності  $\lambda(x)$  (див. формулу 11), потім за відомими значеннями апіорних імовірностей  $P(S_1)$  і  $P(S_2)$ , а також зада-

ним ваговим коефіцієнтам  $\Pi_{21}$  та  $\Pi_{12}$  визначається порогове відношення достовірності  $\lambda_0$  (див. формулу 12) і величина  $\lambda(x)$  порівнюється з  $\lambda_0$ .

У разі, якщо  $\lambda(x) > \lambda_0$ , приймач видає сигнал  $S_1$ , в протилежному разі – сигнал  $S_2$ .

### Висновки

Таким чином, знання основ теорії завадостійкості дасть можливість експлуатаційному персоналу краще уявити походження різних видів завад, ступінь їх впливу на корисний сигнал, розраховувати максимальні значення завад і, отже, більш грамотно розв'язувати завдання електромагнітної сумісності на ОКІ.

Нормативні документи з електромагнітної сумісності в Україні постійно удосконалюються і приводяться у відповідність до міжнародних стандартів. У разі низької завадостійкості апаратури, її фізичного старіння і при неможливості встановлення точної причини несправності, випробування на електромагнітну сумісність необхідно проводити не тільки на заводі-виробнику і в спеціалізованих випробувальних лабораторіях, а й безпосередньо на місці установки електротехнічного обладнання на ОКІ.

### Список літератури

1. Бірюков Д.С. Актуальні питання захисту критично важливої для життєдіяльності держави інфраструктури / Д.С. Бірюков, С.І. Кондратов // Стратегічні пріоритети. – 2011. – № 4(21). – С. 113-117.

2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. – С.-Пб.: ООО «Питер-Принт», 2003. – 608 с.

3. Макаров А.А. Основы теории помехоустойчивости дискретных сигналов / А.А. Макаров, Л.А. Чиненков. – Новосибирск: СибГАТИ, 1997. – 41 с.

4. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости / В.А. Котельников. – М.: Госэнергоиздат, 1956. – 153 с.

5. Розен Ю.В. Электромагнитная совместимость компонентов информационных и управляющих систем (1): Правила нормирования и оценки помехоустойчивости / Ю.В. Розен // Ядерная и радиационная безопасность. – 2007. – № 2. – С. 9-26.

6. Розен Ю.В. Электромагнитная совместимость компонентов информационных и управляющих систем (2): устойчивость к электромагнитным помехам / Ю.В. Розен // Ядерная та радіаційна безпека. – 2008. – № 4. – С. 58-76.

Надійшла до редколегії 03.02.2017

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук В.М. Ващенко, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ.

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ВТОРИЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ НА ОБЪЕКТАХ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

А.С. Задунай, С.И. Азаров, В.Л. Сидоренко

Рассмотрена связь основ теории помехоустойчивости с их практическим применением в электротехническом оборудовании объектов критической инфраструктуры. Приведены результаты влияния электрических и электромагнитных факторов на безопасную эксплуатацию информационных и управляющих систем, методы борьбы с вредным воздействием, методы повышения помехоустойчивости и примеры модернизации. Показана необходимость контроля электромагнитной совместимости непосредственно на месте эксплуатации оборудования и систем, важных для безопасности объектов критической инфраструктуры.

**Ключевые слова:** информационные и управляющие системы, объекты критической инфраструктуры, технические средства автоматизации, электрические и электромагнитные воздействия, качество сети электропитания.

### PROCURING ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF THE SECONDARY ELECTRICAL CIRCUITS CRITICAL INFRASTRUCTURE

O. Zadunay, S. Azarov, V. Sydorenko

The relationship between the fundamentals of the noise immunity of the theory with their practical application in electrical equipment critical infrastructure. The results of the impact of electric and electromagnetic factors on the safe operation of information and management systems, methods of dealing with the harmful effects, methods to improve the noise immunity and modernization examples. The necessity of controlling electromagnetic compatibility directly on-site equipment and systems important to safety critical infrastructures.

**Keywords:** information and control systems, critical infrastructure, facilities automation, electrical and electromagnetic effects, network power quality.